

---

# TFG: Detección semi-automática de Sistemas de Estrellas Dobles

---



Trabajo de Fin de Grado

David Antuña Rodríguez  
Daniel Gutiérrez Gertrúdix  
Javier Carrión García

Grado en Ingeniería Informática  
Facultad de Informática  
Universidad Complutense de Madrid

Curso 2017/2018



# TFG: Detección semi-automática de Sistemas de Estrellas Dobles

*Trabajo de Fin de Grado*

*Dirigida por el Doctor*

**Rafael Caballero Roldán**

**Grado en Ingeniería Informática**

**Facultad de Informática**

**Universidad Complutense de Madrid**

**Curso 2017/2018**

Copyright © Marco Antonio y Pedro Pablo Gómez Martín

ISBN 978-84-692-7109-4

# Agradecimientos

*A todos los que la presente vieron y  
entendieron.*

Inicio de las Leyes Orgánicas. Juan  
Carlos I

Groucho Marx decía que encontraba a la televisión muy educativa porque cada vez que alguien la encendía, él se iba a otra habitación a leer un libro. Utilizando un esquema similar, nosotros queremos agradecer al Word de Microsoft el habernos forzado a utilizar  $\text{\LaTeX}$ . Cualquiera que haya intentado escribir un documento de más de 150 páginas con esta aplicación entenderá a qué nos referimos. Y lo decimos porque nuestra andadura con  $\text{\LaTeX}$  comenzó, precisamente, después de escribir un documento de algo más de 200 páginas. Una vez terminado decidimos que nunca más pasaríamos por ahí. Y entonces caímos en  $\text{\LaTeX}$ .

Es muy posible que hubiéramos llegado al mismo sitio de todas formas, ya que en el mundo académico a la hora de escribir artículos y contribuciones a congresos lo más extendido es  $\text{\LaTeX}$ . Sin embargo, también es cierto que cuando intentas escribir un documento grande en  $\text{\LaTeX}$  por tu cuenta y riesgo sin un enlace del tipo “*Author instructions*”, se hace cuesta arriba, pues uno no sabe por donde empezar.

Y ahí es donde debemos agradecer tanto a Pablo Gervás como a Miguel Palomino su ayuda. El primero nos ofreció el código fuente de una programación docente que había hecho unos años atrás y que nos sirvió de inspiración (por ejemplo, el fichero `guionado.tex` de  $\text{\TeX}$ IS tiene una estructura casi exacta a la suya e incluso puede que el nombre sea el mismo). El segundo nos dejó husmear en el código fuente de su propia tesis donde, además de otras cosas más interesantes pero menos curiosas, descubrimos que aún hay gente que escribe los acentos españoles con el `\’{\i}`.

No podemos tampoco olvidar a los numerosos autores de los libros y tutoriales de  $\text{\LaTeX}$  que no sólo permiten descargar esos manuales sin coste adicional, sino que también dejan disponible el código fuente. Estamos pensando en Tobias Oetiker, Hubert Partl, Irene Hyna y Elisabeth Schlegl, autores del famoso “The Not So Short Introduction to  $\text{\LaTeX}2_{\epsilon}$ ” y en Tomás

Bautista, autor de la traducción al español. De ellos es, entre otras muchas cosas, el entorno **example** utilizado en algunos momentos en este manual.

También estamos en deuda con Joaquín Ataz López, autor del libro “Creación de ficheros L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X con GNU Emacs”. Gracias a él dejamos de lado a WinEdt y a Kile, los editores que por entonces utilizábamos en entornos Windows y Linux respectivamente, y nos pasamos a emacs. El tiempo de escritura que nos ahorramos por no mover las manos del teclado para desplazar el cursor o por no tener que escribir `\emph` una y otra vez se lo debemos a él; nuestro ocio y vida social se lo agradecen.

Por último, gracias a toda esa gente creadora de manuales, tutoriales, documentación de paquetes o respuestas en foros que hemos utilizado y seguiremos utilizando en nuestro quehacer como usuarios de L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X. Sabéis un montón.

Y para terminar, a Donal Knuth, Leslie Lamport y todos los que hacen y han hecho posible que hoy puedas estar leyendo estas líneas.

# Resumen

...

...





# Índice

<b>Agradecimientos</b>	<b>v</b>
<b>Resumen</b>	<b>vii</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Introducción . . . . .	1
Notas bibliográficas . . . . .	1
En el próximo capítulo . . . . .	1
<b>2. Recolección de datos</b>	<b>3</b>
2.1. Aladín . . . . .	3
2.2. Obtención de imágenes . . . . .	3
2.3. WDS . . . . .	4
Notas bibliográficas . . . . .	5
<b>3. Procesamiento</b>	<b>7</b>
3.1. Recoloreado . . . . .	7
3.2. Comprobación . . . . .	8
Notas bibliográficas . . . . .	8
<b>4. Workflow</b>	<b>11</b>
4.1. Introducción . . . . .	11
Notas bibliográficas . . . . .	11
En el próximo capítulo . . . . .	11
<b>5. Parametrización del detector</b>	<b>13</b>
5.1. Introducción . . . . .	13
Notas bibliográficas . . . . .	13
En el próximo capítulo . . . . .	13
<b>6. Problemas</b>	<b>15</b>
6.1. Introducción . . . . .	15

Notas bibliográficas . . . . .	15
En el próximo capítulo . . . . .	15
 <b>I Apéndices</b>	 <b>17</b>
<b>A. Así se hizo...</b>	<b>19</b>
A.1. Introducción . . . . .	19
 <b>Bibliografía</b>	 <b>21</b>

# Índice de figuras

2.1. Imagenes descargadas de las bases astronómicas . . . . .	4
2.2. Superposición de las imagenes . . . . .	4
3.1. Recoloreado usando la distancia Manhattan . . . . .	8
3.2. Recoloreado de la imagen 3.1a con un umbral de 150 . . . . .	9



# Índice de Tablas



# Capítulo 1

## Introducción

**RESUMEN:** ...

### 1.1. Introducción

...

### Notas bibliográficas

Citamos algo para que aparezca en la bibliografía...(Bautista et al., 1998)

Y también ponemos el acrónimo CVS para que no crujá.

Ten en cuenta que si no quieres acrónimos (o no quieres que te falle la compilación en “release” mientras no tengas ninguno) basta con que no definas la constante `\acronimosEnRelease` (en `config.tex`).

### En el próximo capítulo...

...





## Capítulo 2

# Recolección de datos

### 2.1. Aladin

**Aladin Sky Atlas** es un programa interactivo desarrollado por el **CDS**, Centro de Datos Astronómicos de Estrasburgo, que permite acceder recursos astronómicos digitalizados.

Esta herramienta no solo permite visualizar imágenes de cuerpos celestes a lo largo de los años, también permite realizar una superposición de las mismas para facilitar su comparación.

### 2.2. Obtención de imágenes

Como se describe la sección 2.1 es posible obtener imágenes que muestren la evolución de los cuerpos celestes en coordenadas concretas con años de diferencia.

Como se puede apreciar, figura 2.2, Aladin no solo superpone las imágenes, también las rota para tratar de encajarlas y colorea cada imagen de un tono de modo que las estrellas pueden ser rojas o azules, dependiendo de la imagen en que aparezcan, si el cuerpo coincide, no se ha movido, será blanca.

Para facilitar el proceso de descarga aladin permite emplear scripts en combinación con ficheros de parámetros. Puesto que no existe ninguna fuente que tenga fotos de todas las coordenadas celestes son necesarios dos scripts que emplean las siguientes fuentes.

- **POSSI** y **POSSI** para descargar imágenes de coordenadas positivas.
- **POSSI** y **SERC** para las negativas.

Además de ejecutar la superposición el script hace zoom en la coordenada proporcionada como parámetro y almacena la imagen resultante.

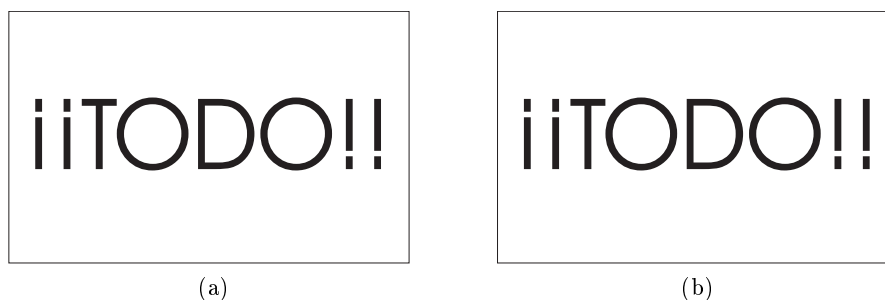


Figura 2.1: Imágenes descargadas de las bases astronómicas



Figura 2.2: Superposición de las imágenes

### 2.3. WDS

La obtención de recursos de trabajo ya ha sido resuelta en la sección 2.2, sin embargo, es necesario obtener un listado de sistemas de estrellas dobles ya reconocidas que poder analizar con el fin de semi-automatizar su reconocimiento.

**WDS**, Washington Double Star Catalog, es un catalogo mantenido por el Observatorio Naval de los Estados Unidos que recopila información sobre sistemas de estrellas múltiples.

El problema es que el catalogo almacena gran cantidad de estrellas, y nosotros queremos casos de sistemas de estrellas dobles de movimiento rápido. Con el fin de obtener la información que nos interesa hemos creado un programa que filtra dichos datos basandose en los siguientes criterios:

- La última vez que se vió el sistema debe ser como mínimo 1975, esto asegura que en los catalogos existiran almenos dos imágenes, una relativamente actual y una de los años 50.
- La magnitud de las estrellas que componen el sistema deben ser a lo sumo 19, de este modo las estrellas seran apreciables a simple vista.

- La separación debe pertenecer al rango entre 2 y 180, las estrellas con valores mayores están demasiado alejadas y desvirtuarían los resultados.
- El desplazamiento ha de ser superior a 60 para que el movimiento sea apreciable.

Las coordenadas de todos los sistemas que sigan dichos criterios serán almacenadas en un fichero que puede usarse como parametro de los scripts descritos en la seccion 2.2.

## Notas bibliográficas

...



## Capítulo 3

# Procesamiento

### 3.1. Recoloreado

A simple vista las imágenes obtenidas en la sección 2.2 están coloreadas y nos permiten apreciar las diferencias fácilmente. El problema surge cuando queremos que el programa haga las mismas extrapolaciones que hace nuestro cerebro.

Con el fin de facilitar la comparación de los píxeles la imagen pasa por un proceso de recoloreado que transforma la imagen pixel a pixel.

Los colores que reconoce este proceso se definen mediante un diccionario que almacena el nombre y composición del mismo. Esto facilita la modificación de los grupos reconocidos de modo que un cambio en el coloreado inicial de las imágenes no supone un problema.

El problema de este proceso es definir cómo ha de interpretar la tonalidad del píxel, para atajarlo hemos empleado la distancia Manhattan. Se trata de medir la distancia entre la composición del píxel y la del grupo, asumiendo que ambas tonalidades son RGB y que están almacenadas en triplas, de la forma  $(R, G, B)$ , tan solo hemos de restar cada componente con su homóloga y sumar los resultados para obtener un valor. El grupo que resulte con menor valor será aquel al que pertenezca el píxel.

Tal y como muestra la imagen 3.1b hay información que se pierde durante el proceso debido a que las estrellas están muy apagadas haciendo que la distancia al negro sea menor que al azul o rojo. Para poder atajar este problema se realiza una comprobación posterior, si el grupo asignado es negro pero la distancia al azul o al rojo es inferior a un cierto umbral se reasigna el grupo del píxel, imagen

Cuando se ha obtenido el grupo del píxel se pinta del color de grupo en un canvas, una vez se han procesado todos los píxeles se almacena el resultado en un fichero png.

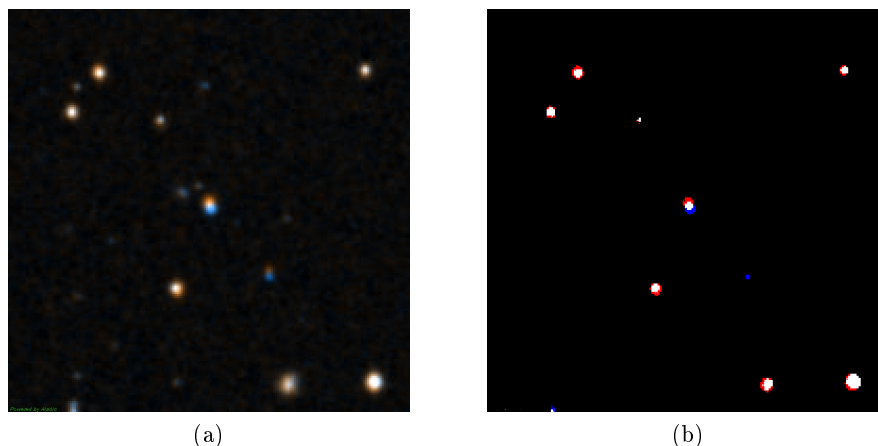


Figura 3.1: Recoloreado usando la distancia Manhattan

### 3.2. Comprobación

Aún cuando el detector acepta un sistema de estrellas dobles existe un problema, puede no tratarse de un sistema nuevo. Para solventar esto existe una fase de comprobación que se puede activar para todos los sistemas aceptados.

Si se ha solicitado esta fase se realiza un primer paso que consiste en conectarse a WDS y descargar los datos de los sistemas conocidos, este paso solo se hace una vez por ejecución, al comienzo, para no saturar los servidores. El hecho de emplear los mismos datos durante una ejecución completa no supone un problema puesto que la base de datos no se altera habitualmente.

Cuando un sistema es aceptado esta fase toma sus coordenadas y busca coincidencias en todas las entradas descargadas, si no hay ninguna se ignora el sistema detectado. Si por el contrario existen datos asociados al sistema se almacenan en un archivo json junto con los datos proporcionados por el detector y el calculo del error entre ambos.

Si bien esta fase es una primera comprobación sus resultados no son definitivos, en el caso del no, puesto que se comprueban las coordenadas centrales de la imagen. Si la estrella no se encuentra en el centro es imposible para este programa determinar si el sistema ya se conocía o no.

### Notas bibliográficas

...

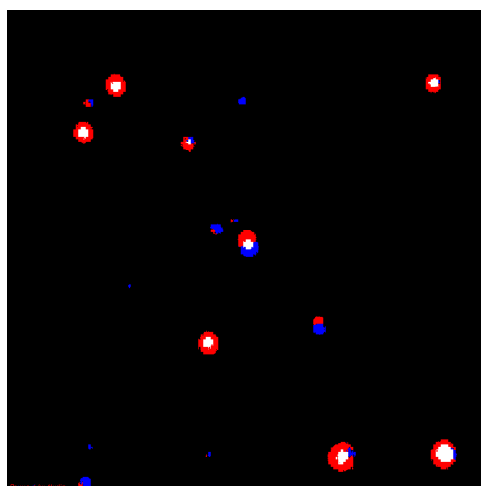


Figura 3.2: Recoloreado de la imagen 3.1a con un umbral de 150





## Capítulo 4

# Workflow

**RESUMEN:** ...

### 4.1. Introducción

...

### Notas bibliográficas

Citamos algo para que aparezca en la bibliografía... (Bautista et al., 1998)

Y también ponemos el acrónimo CVS para que no crujá.

Ten en cuenta que si no quieres acrónimos (o no quieres que te falle la compilación en “release” mientras no tengas ninguno) basta con que no definas la constante `\acrónimosEnRelease` (en `config.tex`).

### En el próximo capítulo...

...



## Capítulo 5

# Parametrización del detector

**RESUMEN:** ...

### 5.1. Introducción

...

### Notas bibliográficas

Citamos algo para que aparezca en la bibliografía...(Bautista et al., 1998)

Y también ponemos el acrónimo CVS para que no crujá.

Ten en cuenta que si no quieres acrónimos (o no quieres que te falle la compilación en “release” mientras no tengas ninguno) basta con que no definas la constante `\acronimosEnRelease` (en `config.tex`).

### En el próximo capítulo...

...



## Capítulo 6

# Problemas

**RESUMEN:** ...

### 6.1. Introducción

...

### Notas bibliográficas

Citamos algo para que aparezca en la bibliografía... (Bautista et al., 1998)

Y también ponemos el acrónimo CVS para que no crujá.

Ten en cuenta que si no quieres acrónimos (o no quieres que te falle la compilación en “release” mientras no tengas ninguno) basta con que no definas la constante `\acronimosEnRelease` (en `config.tex`).

### En el próximo capítulo...

...



Parte I

Apéndices





# Apéndice A

## Así se hizo...

...

...

**RESUMEN:** ...

### A.1. Introducción

...



# Bibliografía

BAUTISTA, T., OETIKER, T., PARTL, H., HYNA, I. y SCHLEGL, E. *Una Descripción de  $\mathcal{L}_{\mathcal{T}_E X} 2_{\mathcal{E}}$* . Versión electrónica, 1998.

*–¿Qué te parece desto, Sancho? – Dijo Don Quijote –  
Bien podrán los encantadores quitarme la ventura,  
pero el esfuerzo y el ánimo, será imposible.*

*Segunda parte del Ingenioso Caballero  
Don Quijote de la Mancha  
Miguel de Cervantes*

*–Buena está – dijo Sancho –; fírmela vuestra merced.  
–No es menester firmarla – dijo Don Quijote–,  
sino solamente poner mi rúbrica.*

*Primera parte del Ingenioso Caballero  
Don Quijote de la Mancha  
Miguel de Cervantes*

