



TESINA DE LICENCIATURA

Título: Rastro: sistema web para la utilización de un telescopio remoto

Autores: Boette, Alex

Director: Banchoff, Claudia

Codirector: Lanfranco, Einar

Asesor profesional: Schwartz, Martín

Carrera: Licenciatura en Sistemas

Resumen

Se plantea una solución informática para la realización satisfactoria del proyecto “Telescopio Rafael Montemayor” iniciado en la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas. Dicho proyecto consiste en la construcción de un telescopio reflector y futura instalación en una montaña de la provincia de Salta, Argentina.

Es un requerimiento fundamental del proyecto la posible utilización remota del telescopio a través de Internet. Y precisamente eso es lo que viene a solucionar esta tesina de grado. El desarrollo de un sistema que permita comunicarse con todas las funcionalidades del telescopio a través de Internet, mediante una interfaz web y de una manera simple, para que pueda ser usada por un gran abanico de usuarios. Gestionada su utilización con un sistema de turnos, incluido en el presente trabajo.

Dando la posibilidad de ser utilizado desde el propio hogar del usuario, incluso con la capacidad de realizar un *streaming* para compartir su manejo con un grupo ilimitado de usuarios en tiempo real y comunicarse mediante un chat interactivo.

Palabras Claves

INDI Library, Astronomía, Telescopio Remoto, Aplicación Web, Websockets, Software Libre, Java, HTML5, Javascript, MYSQL, ImageJ, FITS, Spring, Bootstrap.

Trabajos Realizados

Se concretó satisfactoriamente el desarrollo de un sistema completo y bien administrado que permite controlar, observar, y participar de sesiones de observación de manera totalmente remota. Acercando de esta manera la astronomía a personas que por limitaciones geográficas o económicas no podrían acceder tan fácilmente. Incluso a personas que no estén totalmente decididas si la astronomía es de su agrado y podrían así tener un acercamiento sencillo y completo, con un mínimo de tiempo y esfuerzo requerido.

Conclusiones

Se pudieron alcanzar todos los objetivos propuestos al comienzo de la tesina. Además se han incluido varias características no planteadas con anterioridad que han ido surgiendo a lo largo del desarrollo. Tales como la automatización de sesiones de capturas, la inclusión de un chat interactivo, la transmisión en directo, entre otras. Se lograron realizar varias pruebas de funcionamiento en diferentes telescopios en las instalaciones del Planetario Ciudad de La Plata, resultando todas ellas satisfactorias.

Trabajos Futuros

- El desarrollo de una aplicación nativa para teléfonos inteligentes abriría enormemente las posibilidades de utilización de Rastro.
- La inclusión de un editor fotográfico con el cual poder ajustar los parámetros visuales de las capturas realizadas.
- El desarrollo de un módulo que permita el funcionamiento completamente autónomo del sistema sin la interacción humana, una vez cargada la información.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

FACULTAD DE INFORMÁTICA

RASTRO

SISTEMA WEB PARA LA UTILIZACIÓN DE UN TELESCOPIO REMOTO

NOVIEMBRE 2017

Alumno

Boette, Alex

Director

Banchoff, Claudia

Co-director

Lanfranco, Einar

Asesor profesional

Schwartz, Martín



Agradecimientos

Gracias a mis directores por haberme acercado esta propuesta de tesis y por haberme guiado para realizarla de la mejor manera posible, dándome la libertad necesaria para poder innovar sin limitaciones.

Gracias a mis colegas del Planetario, que con su buena energía y predisposición lograron que el desarrollo práctico de esta tesis haya sido verdaderamente una satisfacción en todos sus aspectos.

Gracias a mis padres por apoyarme en todo momento, no sólo en lo que respecta a la carrera universitaria, sino en la vida misma. Siendo siempre optimistas y positivos.

Especialmente quiero agradecer a Flor, que si no fuera porque me dio el empujón necesario para cambiarme de carrera, hoy no estaría escribiendo estos agradecimientos. Y también a mi abuela, que siempre dijo "*la informática es lo tuyo*", y tenía razón.

A mis compañeros y amigos.

Finalmente agradezco a todos los que aportaron de una u otra manera para lograr que este paso por la universidad haya sido la mejor etapa de mi vida hasta el momento.

Simplemente gracias!

Índice general

Capítulo 1: Introducción	4
Introducción	4
Motivación	4
Objetivos	5
Estructura del informe la tesina	6
Capítulo 2: Las ciencias astronómicas	8
2.1 La evolución de las ciencias astronómicas	8
2.2 El telescopio	11
2.2.1 Historia del telescopio	11
2.2.2 El telescopio moderno	12
2.2.3 Telescopios remotos	14
2.2.3.1 Componentes	15
2.2.3.1.2 Cámara CCD	15
2.2.3.1.3 Montura	16
2.2.3.1.4 Focuser	17
2.2.3.2 Comunicación con los componentes	18
Capítulo 3: Tecnologías existentes para telescopios remotos	19
3.1 Estándares existentes para telescopios remotos	19
3.1.2 ASCOM	19
3.1.3 INDI	20
3.2 Sistemas existentes para telescopios remotos	20
3.2.1 Kstars	21
3.2.2 Stellarium	22
3.2.3 Cartes du ciel	23
3.2.4 Starry Night	24
3.2.5 ACP Observatory	25
3.2.7 Comparativa de los programas analizados	26
3.2.6 Conclusión	27
Capítulo 4: Rastro, arquitectura y tecnologías utilizadas	28
4.1 Introducción	28
4.2 Tecnologías utilizadas	29
4.2.1 Websockets	30
4.2.2 Librerías utilizadas	31
4.2.2.1 Librería INDI	31
4.2.2.1.1 Drivers INDI	32
4.2.2.1.2 Servidor INDI	32

4.2.2.1.3 Clientes INDI	33
4.2.3.2 Librería JQuery	33
4.2.3.3 Librería ImageJ	34
4.2.3 Frameworks utilizados	34
4.2.3.1 Bootstrap	34
4.2.3.2 Spring	35
4.2.3 Base de datos	35
4.3 Arquitectura de Rastro	36
Capítulo 5: Rastro y Rastrosoft, funcionalidades básicas	37
5.1 Introducción	37
5.1.1 Creación de una cuenta de usuario	38
5.2 Rastrosoft	40
5.2.1 Secciones destacadas de Rastrosoft	41
5.2.1.1 Panel de opciones	41
5.2.1.1 Panel de opciones avanzadas	44
5.3 Panel de usuario	46
5.3.1 Solicitud de turnos	46
5.3.2 Capturas del usuario	47
5.3.3 Automatización	48
5.4 Panel de administrador	49
5.4.1 Administración de usuarios	49
5.4.2 Administración de turnos	50
5.5.1 Modo de transmisión privado	52
5.5.2 Modo de transmisión público	53
Capítulo 6: Pruebas realizadas	54
Capítulo 7: Conclusiones y trabajos futuros	57
7.1 Conclusiones	57
7.2 Trabajos futuros	58
Bibliografía y referencias	60

Capítulo 1: Introducción

Introducción

Se plantea una solución informática para la realización satisfactoria del proyecto “Telescopio Rafael Montemayor” iniciado en la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas. Este telescopio lleva el nombre Rafael Montemayor en honor al docente del Instituto Balseiro e investigador del CONICET en el Centro Atómico Bariloche, quién comenzó la fabricación del telescopio con fondos propios, y luego tras su fallecimiento la familia decidió donarlo a la Universidad Nacional de La Plata para que se continúe con su desarrollo. Dicho proyecto consiste en la construcción de un telescopio y futura instalación en una montaña de la provincia de Salta, Argentina. Es un requerimiento fundamental del proyecto la posible utilización remota del telescopio a través de Internet. Y precisamente eso es lo que viene a solucionar esta tesina de grado. El desarrollo de Rastro, un sistema que permita comunicarse con todas las funcionalidades del telescopio a través de Internet, mediante una interfaz web y de una manera simple, para que pueda ser usada por un gran abanico de usuarios. Gestionada su utilización con un sistema de turnos, incluido en el presente trabajo. Dando la posibilidad de ser utilizado desde el propio hogar del usuario, incluso con la capacidad de realizar un *streaming*¹ para compartir su manejo con un grupo ilimitado de usuarios en tiempo real.

Motivación

Según la definición de la Real Academia Española, la astronomía es la ciencia que trata de los astros, de su movimiento y de las leyes que los rigen ^[1]. Esta ciencia ha sido estudiada y aplicada a lo largo de la historia de la humanidad, considerándose la ciencia más antigua. Gracias al exponencial avance tecnológico de los últimos tiempos, la astronomía se ha visto beneficiada

¹ El *streaming* es la distribución digital de contenido multimedia a través de una red de computadoras, de manera que el usuario utiliza el producto a la vez que se descarga.

de una manera inimaginable por los pioneros en la astronomía como Aristóteles, Copérnico y Galileo Galilei.

Gran parte de lo que se conoce actualmente en la astronomía es gracias a la utilización de telescopios. Hoy en día se utilizan telescopios sofisticados, controlados por computadora donde es posible planificar observaciones automáticas con una mínima interacción de los operadores^[2].

Un ejemplo de esto es el proyecto “Telescopio Rafael Montemayor” que se encuentra en un desarrollo colaborativo por parte de profesionales y estudiantes de la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, de Ingeniería e Informática. Este desarrollo, dirigido por Martín Schwartz, responsable ejecutivo del Planetario de la Universidad Nacional de La Plata, propone la implementación, armado e instalación del telescopio mencionado en una montaña ubicada a 15 km de la localidad San Antonio de los Cobres, Salta. El lugar de emplazamiento se halla a 4800 metros de altura sobre el nivel del mar. Las condiciones del mismo dificultan el acceso por parte del personal operativo, lo cual hace imprescindible que el telescopio pueda ser utilizado de manera remota vía Internet desde la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas o cualquier otro lugar del planeta.

Conversando con los investigadores, que forman parte del grupo de desarrollo, sobre las necesidades del proyecto, se llevó a cabo una investigación de las tecnologías existentes para el manejo y control del telescopio. De las soluciones privativas y de código libre analizadas, ninguna se ajusta a los requerimientos del proyecto. Surge entonces la necesidad de crear un sistema que permita ser controlado a través de una interfaz web en tiempo real con las características necesarias para ser utilizado por un astrónomo profesional, así como por un aficionado o incluso un niño en una escuela. Además el sistema debe gestionar turnos para el uso del telescopio y presentar una interfaz gráfica simple y amigable.

Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es desarrollar un sistema que permita controlar el telescopio “Rafael Montemayor” de manera remota a través de Internet, con una interfaz web simple y amigable. Incluyendo un sistema de gestión de turnos para organizar el uso del telescopio.

Llegar al objetivo principal requiere abordar un análisis previo de las soluciones existentes para luego elegir el conjunto de tecnologías que se adecúen al desarrollo planteado.

Se espera lograr que el sistema represente una alternativa práctica y cómoda para sus usuarios. Además, se busca generar un beneficio en la comunidad científica liberando el código fuente de la aplicación para su libre uso, modificación y distribución.

Los resultados parciales de esta tesina se publicaron en el *Workshop Astrorob 2017*, sobre observatorios autónomos robóticos en la ciudad de Huelva, España^[3].

Estructura del informe la tesina

La organización de este informe es de la siguiente manera:

- **Capítulo 1:** introduce el contexto sobre el cual se desarrolla esta tesina y se plantean los objetivos propuestos.
- **Capítulo 2:** presenta una descripción del campo disciplinario con el cual se trabaja, el marco teórico de este trabajo, abordando diferentes definiciones que se relacionan con el tema y que ayudan a entender mejor los requerimientos del proyecto en el cual está inserta esta tesina.
- **Capítulo 3:** describe las tecnologías existentes para el manejo y control de instrumentos astronómicos de manera remota.
- **Capítulo 4:** define la arquitectura y las tecnologías utilizadas para desarrollar Rastro, un sistema web para la utilización de un telescopio remoto, este proyecto.
- **Capítulo 5:** describe las características principales de Rastro, un sistema web para la utilización de un telescopio remoto.

- **Capítulo 6:** describe las pruebas realizadas de Rastro sobre componentes astronómicos comerciales.
- **Capítulo 7:** presenta las conclusiones en base al objetivo planteado y al trabajo realizado. Se detallan trabajos futuros que se desprenden de la presente tesina.

Capítulo 2: Las ciencias astronómicas

2.1 La evolución de las ciencias astronómicas

La astronomía es una de las ciencias más antiguas que ha desarrollado la humanidad. Se encarga del estudio y observación de los cuerpos macroscópicos del universo. Estudia el movimiento y composición de materia interestelar, cometas, asteroides, planetas, estrellas, satélites, galaxias y cúmulos de galaxias, entre otros objetos^[4].

En la antigüedad, la astronomía surgió como una necesidad para la predicción de eventos relacionados con los cielos y el tiempo. La civilización babilónica fue una de las pioneras en darle a las predicciones astrológicas un mejor y más seguro sustento. A pesar de no utilizar ningún tipo de teoría geométrica, lograron conseguir un cierto grado de precisión de los períodos del sol, de la luna y de los planetas.

La observación de los fenómenos que ocurrían en el cosmos le era de mucha utilidad para las vidas cotidianas de los antiguos astrónomos. Por ejemplo, el movimiento del sol podía servirles para medir el tiempo durante el transcurso del día. El ciclo de las fases de la luna era aprovechado para lograr conseguir un calendario primitivo. Luego, observando las estrellas, se dieron cuenta de que dependiendo del momento del año en que se miraban, aparecían algunas y otras no. Este fenómeno relacionado con la medición de la posición de la salida del sol respecto a ciertas estrellas, les fue útil para descubrir las estaciones del año, evento sumamente necesario para determinar el mejor momento para sembrar y cosechar ciertos cultivos.

Al comparar las tres unidades de medida del tiempo conseguidas (día, mes y año), se dieron cuenta que no coincidían en un sistema consistente. El año no contenía un número entero de meses, ni el mes un número entero de días. Por lo que fue necesario hacer investigaciones más precisas del

firmamento. Mil años después, alrededor del año 3000 a.C., en Egipto, se creó el calendario que se usa en la actualidad.

Otro de los factores importantes por los cuales surgió la necesidad de estudiar los astros, fue el deseo de descubrir el origen del mundo, pasando por la necesaria explicación de cómo es su funcionamiento. Recién en el año 1543 d.C. Nicolás Copérnico demostró que la Tierra giraba alrededor del Sol^[5].

Desde los inicios de la humanidad hasta hace tan sólo 400 años atrás, todo lo que se sabía sobre el universo había venido de observaciones al cielo a simple vista. Gran parte de los descubrimientos de la astronomía moderna se deben a la utilización del telescopio. Instrumento utilizado por el famoso matemático y astrónomo italiano Galileo Galilei, convirtiéndose, en 1610, en la primera persona en apuntar un telescopio al cielo. Gracias a este instrumento, Galilei descubrió varios de los satélites de Júpiter, los cráteres de la luna y probó que la Vía Láctea estaba compuesta por una gran cantidad de estrellas.

En el año 1676, Olaus Römer², determinó la velocidad de la luz observando y analizando los eclipses de los satélites de Júpiter^[6]. A finales del siglo XVII Newton³ descompuso la luz solar con un prisma, pudiendo de esta manera observar su espectro, descubrimiento necesario para el posterior nacimiento de la espectroscopía⁴. Además inventó el telescopio reflector en el cual se utilizan espejos en lugar de lentes para captar la luz proveniente del objetivo a observar. Invento que logró dar un giro total a la astronomía, permitiendo descubrir miles de objetos celestes nunca antes observados^[7].

El planeta Urano fue descubierto, en 1781, por el astrónomo y músico, William Herschel. Herschel fabricó su propio telescopio reflectante con el cual se ayudó para dibujar el primer mapa de la Vía Láctea.

A finales del siglo XVII, Isaac Newton logró llevar la teoría de la gravedad terrestre hacia el espacio, con la teoría de la gravitación universal. Demostrando de esta manera que la física terrestre y la física celeste son una misma cosa. Este descubrimiento ayudó a comprender el movimiento de los planetas. Un suceso impresionante que demuestra la fiabilidad de estas teorías, es la predicción de la existencia de un planeta detrás de Urano, debido a una

² Olaus Römer (1644 - 1710) fue un astrónomo danés, famoso por ser la primera persona en determinar la velocidad de la luz en el año 1676 con un valor inicial de 214.000 km/s.

³ Isaac Newton (1642 - 1727) fue un físico, filósofo, teólogo, inventor, alquimista y matemático inglés.

⁴ La espectroscopía es el estudio de la interacción entre la radiación electromagnética y la materia, con absorción o emisión de energía radiante. Tiene aplicaciones en astronomía, física, química y biología, entre otras disciplinas científicas.

irregularidad en su órbita. Un mes después, en septiembre de 1846, se pudo observar a Neptuno a un grado de diferencia de lo predicho ^[8].

A pesar de estos resultados increíbles, había ciertas anomalías encontradas en las órbitas de los planetas que no podían ser explicadas por las leyes de Newton. Incluso el propio origen de la gravedad no podía ser explicado.

A principios del siglo XX, Albert Einstein se dedicó a encontrar una ley que solucionara estos temas, la llamó la teoría de la relatividad general. Esta teoría explica las anomalías en las órbitas demostrando que el tiempo también es afectado por la fuerza de gravedad, afirmando la existencia de un tejido espacio-temporal. Este tejido se curva con la presencia de objetos y en relación con la masa de dichos objetos. La figura 2.1 muestra cómo la curvatura del tejido espacio-temporal llevada a cabo por la presencia del planeta Tierra logra formar la órbita de la luna haciendo que ésta gire alrededor de la Tierra ^[9].

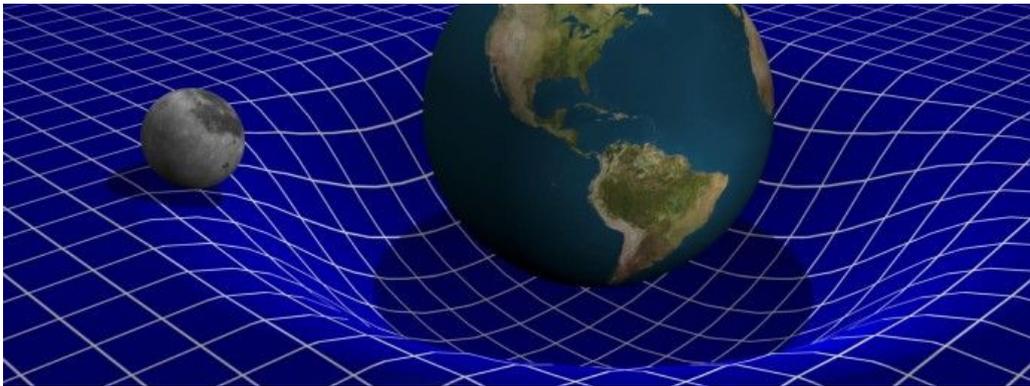


Figura 2.1. Tejido espacio-temporal explicado por la teoría de la relatividad general de Einstein.

Hoy en día, los científicos buscan la fórmula definitiva que pudiera unificar las teorías de la física cuántica, con la teoría de la relatividad general de Einstein.

2.2 El telescopio

2.2.1 Historia del telescopio

En un pequeño pueblo de Holanda, Hans Lippershey, un fabricante de anteojos, descubrió que alineando dos tipos diferentes de lentes a una distancia en particular, se podría aumentar la visibilidad de los objetos distantes. Cuando dicho invento llegó a las manos de Galileo Galilei, éste lo mejoró incrementando la capacidad de aumento a ocho veces lo que se veía a simple vista. En un principio fue utilizado como instrumento bélico, dando la capacidad de ver con anterioridad al enemigo. Una noche, Galileo dirigió su telescopio hacia el cielo, convirtiéndose en el primer hombre en utilizar un telescopio con fines astronómicos^[10].

El telescopio fue evolucionando y los científicos descubrieron que cuanto más largo era el telescopio, más aumento y mejor nitidez obtenían. Se empezaron a construir telescopios cada vez más largos, hasta llegar a distancias de 50 metros o más. Estos telescopios, denominados refractores, tenían un problema y era que la luz al atravesar las lentes perdía intensidad, causando lo que se denomina aberración cromática⁵. Isaac Newton decidió a solucionar este problema, construyó un telescopio con espejos en lugar de lentes. Los espejos al reflejar la luz, no generan aberración cromática. Este nuevo tipo de telescopio, denominado telescopio reflector, permite lograr resultados que son imposibles para los telescopios refractores, incluso ocupando mucho menor tamaño. La figura 2.2 muestra el principio del funcionamiento del telescopio reflector. Se puede apreciar que la luz, proveniente del objetivo a visualizar, entra por la parte frontal del telescopio. Luego es reflejada por un espejo ubicado en el fondo del telescopio y finalmente es reflejada en un segundo y pequeño espejo concentrando la luz en un punto de salida, que es por donde el observador podrá visualizar el objetivo aumentado.

⁵ La aberración cromática es un tipo de distorsión óptica provocada por la imposibilidad de una lente para enfocar todos los colores en un único punto de convergencia.

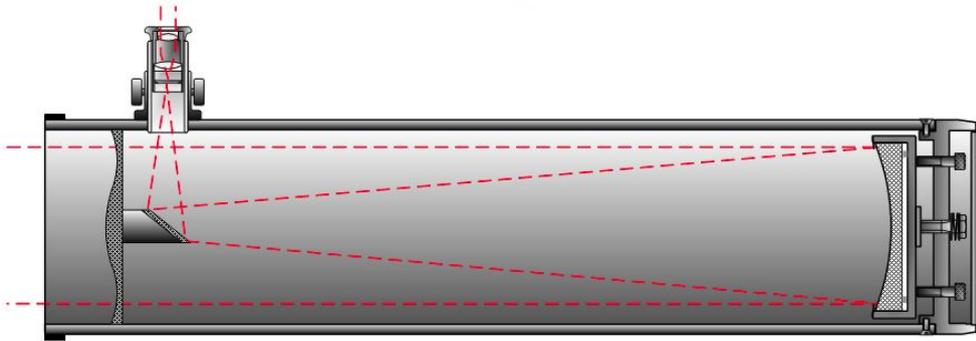


Figura 2.2. Telescopio reflector. Imagen obtenida de:
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Schmidt-Newton.png>

2.2.2 El telescopio moderno

A medida que avanzó la tecnología con respecto a la fabricación de los telescopios, se fue accediendo a la posibilidad de observar más lejos y con mayor nitidez el cosmos. Sin embargo, existe una complicación para esta práctica, que es la distorsión que genera la atmósfera de la Tierra en la luz que ingresa desde el objetivo a visualizar. Esto ocurre debido a la inestabilidad de la atmósfera en cuanto a la variación de la temperatura y densidad del aire. Es por esta razón que cuando observamos una estrella a simple vista en el cielo, vemos que su brillo no es constante y nos da la sensación de que la estrella parpadea. La manera más práctica que encontraron los científicos para evitar dicha distorsión fue poner un telescopio en órbita y realizar las observaciones desde allí, sin ningún tipo de interferencia. De esta manera, en abril de 1990 nació el telescopio espacial Hubble ^[11]. Este hecho marcó un antes y un después en la astronomía, tal como lo había hecho anteriormente Galileo con la primera observación telescópica del cielo. Hubble, al estar ubicado sobre la atmósfera, puede ver luz que no llega a la Tierra. Al ser tan potente y no tener interferencia, puede ver luz de estrellas de hasta 13400 millones de años luz. Esto significa que esa luz fue emitida hace 13 mil millones de años, rondando los comienzos del universo. Era posible ver el pasado con gran detalle.

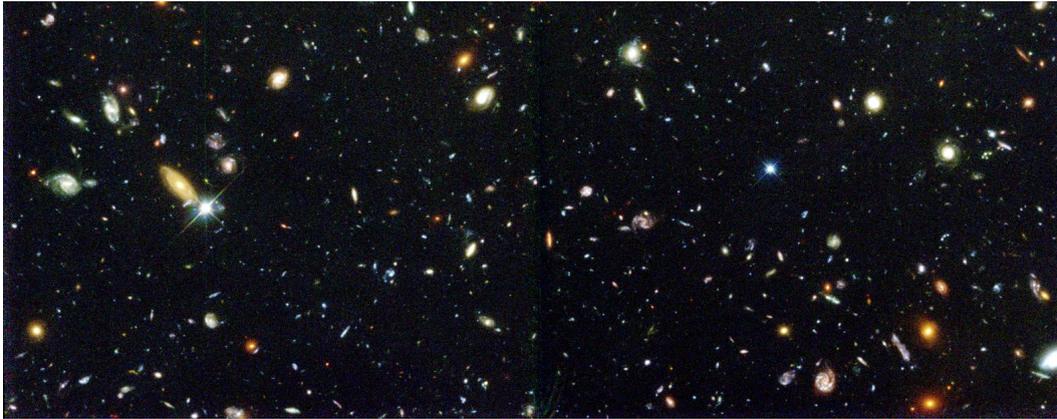


Figura 2.3. Campo profundo del Hubble. Imagen real con miles de galaxias⁶.

La figura 2.3 muestra una captura realizada por el telescopio espacial Hubble donde se puede apreciar un gran número de galaxias.

Al momento de escribir este informe, uno de los telescopios más poderosos y sofisticados es el telescopio espacial Spitzer ^[12]. Tiene la particularidad de ser un telescopio infrarrojo⁷, lo cual ofrece una capacidad observacional sin precedentes. En febrero de 2017 descubrió un sistema con 7 planetas orbitando alrededor de una estrella, similar a nuestro sistema solar. Cuatro meses más tarde, el 19 de junio de 2017, el telescopio espacial Kepler realizó el descubrimiento de 10 exoplanetas⁸ con similares características al planeta Tierra, resurgiendo la esperanza de encontrar vida extraterrestre ^[13].

Actualmente, científicos de la NASA (*“National Aeronautics and Space Administration”*, Administración nacional aeronáutica y espacial estadounidense) se encuentran desarrollando el más prometedor telescopio espacial jamás construido, sucesor del Hubble y del Spitzer. Se lanzará al espacio en octubre de 2018, con el nombre de James Webb y se espera que realice descubrimientos relacionados con el nacimiento de las galaxias, estrellas y planetas^[14].

Por otro lado, en 2013, se desarrolló un inmenso radiotelescopio ubicado sobre la superficie de la Tierra llamado ALMA (*“Atacama Large Millimeter Array”*, ubicado en el desierto de Atacama, Chile). La figura 2.4 muestra sólo algunas de las 66 antenas que lo componen. Este telescopio, al trabajar con un espectro de

⁶ Cada galaxia contiene millones de estrellas y cada estrella es posible que tenga varios planetas girando alrededor de ella.

⁷ Los telescopios infrarrojos funcionan mejor en el espacio ya que permiten captar la energía infrarroja emitida por los objetos que no son muy calientes, ya sea por su distancia o intensidad.

⁸ Los exoplanetas son planetas que se encuentran fuera de nuestro sistema solar.

frecuencias más bajo que la luz visible e incluso infrarroja, permite detectar objetos muy fríos en el cosmos, por lo tanto, muy lejanos. De esta manera, se espera que ALMA pueda obtener respuestas sobre el origen del universo.



Figura 2.4. ALMA (Atacama Large Millimeter Array). Uno de los telescopios más potentes del mundo.

2.2.3 Telescopios remotos

Conforme se empezaron a fabricar telescopios cada vez más complejos resultaba una condición estrictamente necesaria que pudieran ser controlados de manera remota, e incluso muchos de ellos de manera automatizada. Resultaría impensable que el telescopio Hubble fuera controlado por un operador manual en el espacio. Incluso sobre la superficie de la Tierra, los mejores lugares para realizar observaciones astronómicas se encuentran en lugares muy remotos, lejos de la contaminación lumínica de las ciudades. Los mejores lugares para observar el cosmos son lugares con condiciones climáticas estables, baja humedad y baja contaminación lumínica. Estos lugares generalmente se los puede encontrar sobre montañas, cerros o montes.

Hoy en día la utilización de telescopios remotos se extendió hacia condiciones menos extremas, tales como estar ubicado el operador a unos pocos metros y controlarlo de manera remota evitando la necesidad de estar en el exterior pasando frío.

El manejo a distancia de un telescopio a través de una computadora abre camino hacia la automatización del mismo. La automatización consiste en indicarle una lista de objetivos que se desea capturar y entregar al sistema la

libertad de calcular automáticamente qué operaciones efectuará primero. Incluso modificando su decisión en tiempo real mediante la observación de condiciones externas tales como el clima, suceso de eventos cósmicos, etc.

El manejo remoto de un telescopio consiste simplemente en indicarle, a distancia, qué operaciones debe realizar. Por lo general, el medio más utilizado para esta acción es a través de una conexión a Internet y una computadora, o un teléfono inteligente.

2.2.3.1 Componentes

El control y manejo de un telescopio remoto requiere necesariamente de la participación de un número de componentes, cada uno con su función específica. Estos componentes son los responsables del correcto funcionamiento del sistema. A continuación se detalla cada uno de los componentes junto con su función.

2.2.3.1.2 Cámara CCD

El dispositivo de carga acoplada (CCD por las siglas en inglés de “*charge coupled device*”) es el encargado de captar la luz proveniente del objetivo y transformarla en información digital. En resumen, actúa de manera similar a una cámara de fotos común y corriente. La diferencia principal con una cámara de fotos es que el *CCD* puede captar no sólo ondas de luz visible, sino también infrarrojas y ultravioletas. Cada celda del sensor captura un píxel de luz de manera analógica que luego es traducido a digital por un chip convertidor analógico-digital ubicado dentro de la cámara. Esta manera de trabajar es más eficiente para la captura de imágenes astronómicas donde la cantidad de luz captada resulta ser crucial, a pesar del espacio adicional que conlleva la incorporación de un *chip* convertidor. La figura 2.5 muestra una imagen de un sensor *CCD* ubicado en una cámara digital de 6 megapíxeles.

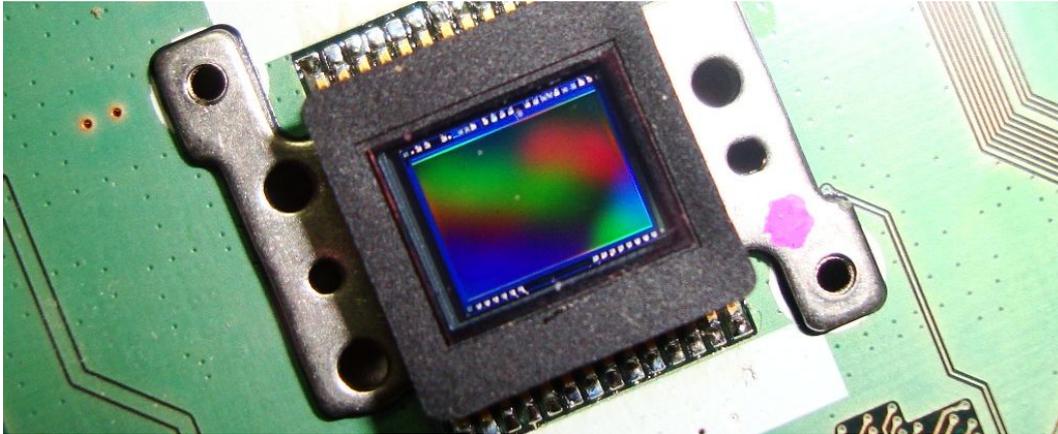


Figura 2.5. Sensor CCD.

2.2.3.1.3 Montura

La montura de un telescopio es el instrumento encargado de sujetar al telescopio en la posición requerida para realizar la observación, y compensar el movimiento de rotación de la Tierra para mantener el objeto observado siempre centrado en el detector.

Existen monturas motorizadas, cuyos movimientos se realizan a través de motores internos. También existen monturas computarizadas, que además de ser motorizadas cuentan con la capacidad de poder ser manipuladas a través de un sistema informático, la figura 2.6 muestra un ejemplo de este tipo. La principal ventaja de contar con una montura de este tipo es la posibilidad de poder situar al telescopio en dirección al objetivo, indicándoselo de manera remota sin la necesidad de estar en contacto directo con la misma.



Figura 2.6. Ejemplo de una montura computarizada.

2.2.3.1.4 Focuser

El *focuser*, o enfocador en español, es el dispositivo encargado de ajustar el foco a la captura que se va a realizar. El mecanismo consiste en acercar o alejar el sensor *CCD* del objetivo. Al aumentar la distancia focal, se reduce el ángulo de visión, pero a su vez aumenta la definición de objetivos lejanos. El mismo principio pero de manera inversa ocurre al disminuir la distancia focal.

Al igual que sucede con la montura computarizada, también existen *focusers* computarizados, la figura 2.7 muestra un ejemplo de este tipo de *focusers*. De esta manera es posible ajustar el foco a través de un sistema informático, agregando la posibilidad de realizarlo de manera remota.



Figura 2.7. Ejemplo de un focuser computarizado.

2.2.3.2 Comunicación con los componentes

La necesidad fundamental en torno al manejo de telescopios remotos es sin duda la posibilidad de comunicarse a distancia con sus componentes. Lógicamente la manera más sencilla y efectiva para realizar esta comunicación es a través de una conexión a Internet. Para lograr dicho resultado es necesario, en primer lugar, contar con un sistema que integre y controle de manera unificada los distintos componentes pertenecientes al telescopio remoto. Luego, brindar la posibilidad de manejar dicho sistema remotamente a través de Internet.

El estándar INDI "*Instrument Neutral Distributed Interface*" es un protocolo diseñado para soportar el control, la automatización, la adquisición de datos, y el intercambio entre los dispositivos de hardware y las interfaces del software. INDI no sólo reúne las características necesarias mencionadas, sino que además agrega la importantísima capacidad de diseñar un sistema que no dependa de los componentes a utilizar. Permitiendo de este modo que el reemplazo de los componentes del telescopio remoto sea una tarea sencilla e intuitiva.

En el capítulo 4 se explicará más en detalle el funcionamiento de este estándar dado que es utilizado para el desarrollo del sistema de *software* de esta tesina de grado.

Capítulo 3: Tecnologías existentes para telescopios remotos

3.1 Estándares existentes para telescopios remotos

Alejándonos de la astronomía un minuto, cuando uno se compra una nueva impresora puede estar prácticamente seguro de que funcionará con todos los programas de su computadora. Del mismo modo, cuando se instala un nuevo programa en su computadora puede estar prácticamente seguro de que puede imprimir en su impresora existente, incluso si no se sigue fabricando. Se da por hecho. Las impresoras vienen con un *driver*, o controlador en español, que se encarga de todos los detalles del funcionamiento de esa impresora en particular. Los programas de computadoras envían la instrucción de imprimir la hoja sin saber en detalle como debe de actuar la impresora. Esta misma analogía podría ser aplicada al uso de dispositivos astronómicos^[15].

3.1.2 ASCOM

Antiguamente los fabricantes de dispositivos dedicados a la astronomía debían crear sus propios sistemas capaces de controlarlos o cerrar convenios con los desarrolladores para que los incluyan dentro de su código. Esta práctica resultaba poco práctica tanto para los desarrolladores de *software* como para los fabricantes de los dispositivos astronómicos. A principios del año 1998, surge ASCOM, *Astronomy Common Object Model*, como solución a estos problemas.

Este modelo plantea que sea ASCOM el intermediario entre los sistemas y los dispositivos. De esta manera, los clientes⁹ pueden soportar cualquier dispositivo astronómico que posea un *driver* ASCOM y lógicamente un

⁹ Cliente: en este contexto, se refiere a programas de computación capaces de implementar funciones basadas en el estándar mencionado.

dispositivo astronómico puede ser utilizado por cualquier *software* que soporte dicho estándar.

Una de las grandes limitaciones de esta plataforma es que actualmente es soportada solamente por el sistemas operativo Microsoft Windows.

3.1.3 INDI

INDI, *Instrument Neutral Distributed Interface*, surge en 2003 con los mismo principio que ASCOM, pero con una ventaja sustancial y es que es soportado por una gran cantidad de sistemas operativos y plataformas. Entre ellos, Ubuntu, Fedora, Mac OS X, Gentoo y Raspberry Pi. Actualmente están en proceso de ser soportado por el sistema operativo Microsoft Windows. Debido a estas ventajas comparativas y a que posee una comunidad muy sólida de desarrolladores y documentación, es que se utilizó este estándar en el proyecto “Telescopio Rafael Montemayor” para la creación de los drivers de los dispositivos y eventualmente el desarrollo de Rastro, el sistema que propone esta tesina de grado. En el siguiente capítulo se hablará más en detalle del estándar INDI.

3.2 Sistemas existentes para telescopios remotos

Existen una cantidad significativa de programas de computación capaces de controlar diversos dispositivos relacionados con la astronomía. En esta sección se hará especial hincapié en aquellos que son más populares entre los usuarios, ya sea por características particulares o por su correcto desempeño al momento de su ejecución.

3.2.1 Kstars

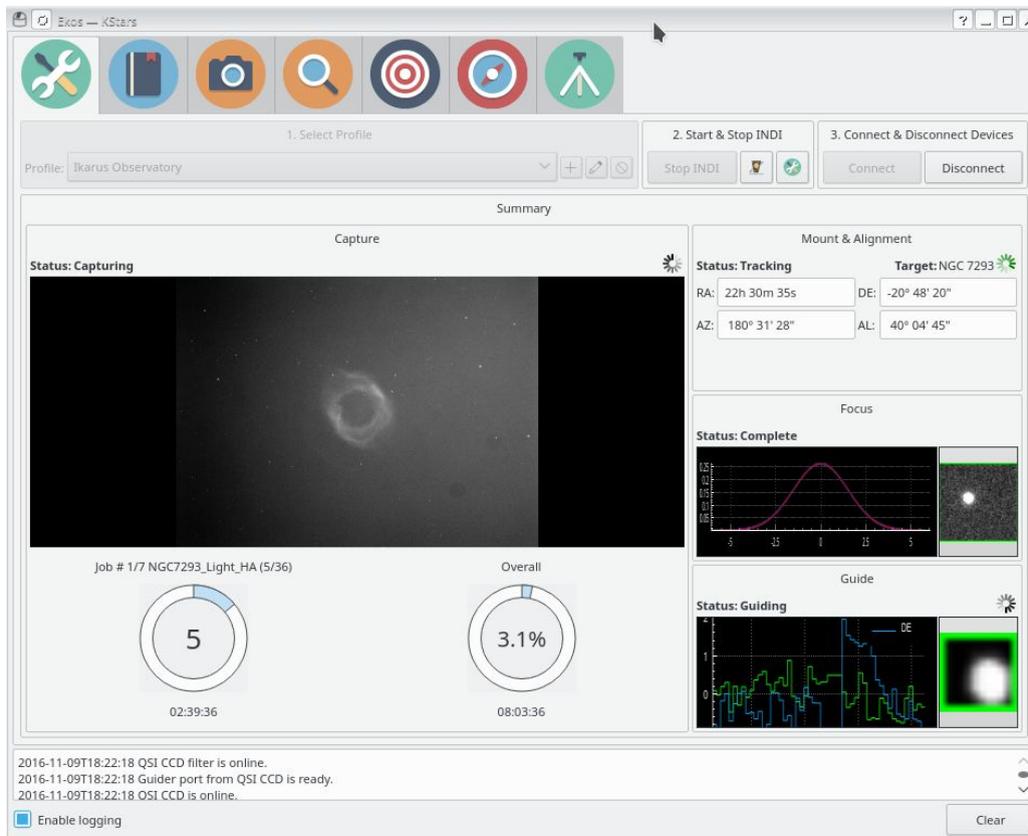


Figura 3.1. Captura de pantalla del programa Ekos. Disponible en:
<http://www.indilib.org/about/ekos.html>

Kstars es un cliente de escritorio del estándar INDI de código libre y gratuito. Dentro de sus principales funcionalidades se encuentra la posibilidad de interactuar con un planetario virtual e indicar a un telescopio que se dirija a un objeto en particular dentro del mismo. El control y automatización de un observatorio remoto es efectuado por un segundo programa llamado Ekos, incluido dentro de Kstars. Según las especificaciones del fabricante, Ekos es una herramienta enfocada particularmente en astrofotografía, capaz de controlar y automatizar un observatorio remoto. Es un programa multiplataforma, es decir que es posible ejecutarlo en sistemas operativos Windows, Mac OS X y Linux. En la figura 3.1 se muestra la pantalla principal de Ekos. Dentro de las principales características de este programa se encuentra la posibilidad de controlar telescopios, CCD, rueda de filtros, *focuser*, y cualquier dispositivo

compatible con el estándar INDI. Una característica interesante es la posibilidad de ser completamente programable vía DBus^[16], esto quiere decir que es posible comunicarse y ejecutar funciones del programa desde otro programa corriendo sobre el mismo sistema. Esta característica fue analizada al momento de plantear el desarrollo de Rastro, pero fue rápidamente descartada debido a que cuenta con algunas limitaciones. Una de ellas es que es necesario tener corriendo el programa Ekos al momento de ejecutar Rastro, lo que evidentemente genera un mayor consumo de recursos. Otra desventaja encontrada es que se depende totalmente de las funciones ya implementadas en Ekos, lo que limita y complica el desarrollo.

3.2.2 Stellarium

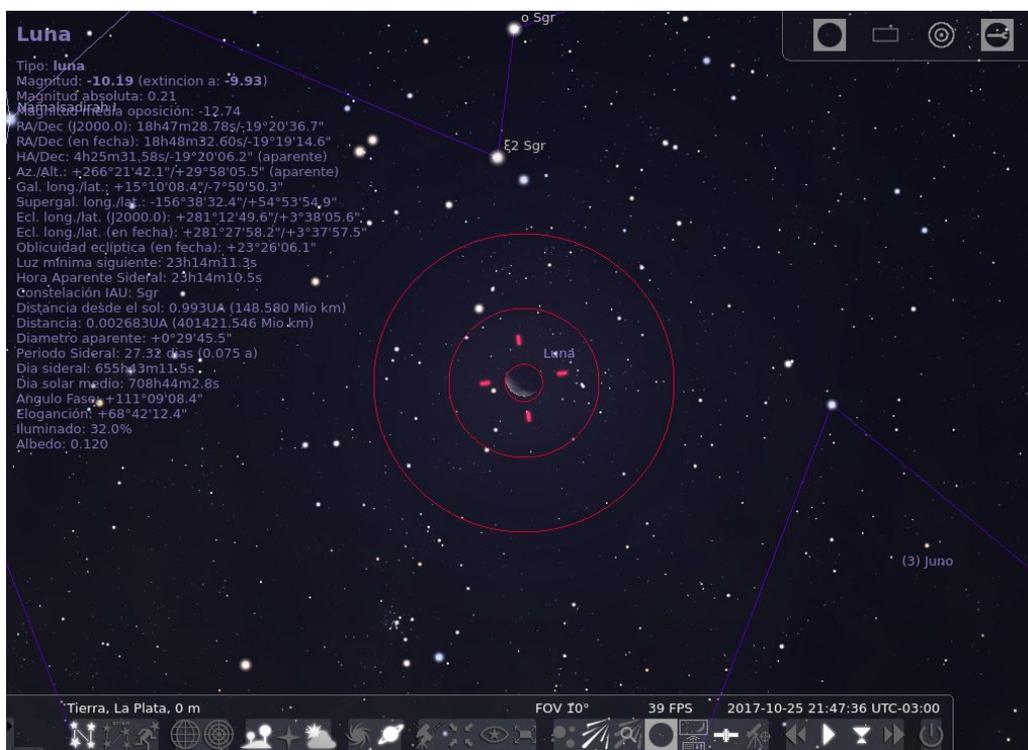


Figura 3.2. Captura de pantalla del programa Stellarium. Disponible en:

<http://www.stellarium.org/es/>

Stellarium es un planetario virtual multiplataforma de código abierto. Permite que el observador pueda interactuar con una gran cantidad de objetos celestes basándose en su posición y horario actuales, logrando una inmersión

completa. Tiene la posibilidad de comunicarse con un telescopio a través de un módulo incorporado y lograr posicionarlo apuntando hacia un objeto en particular, pero no permite poder tomar fotografías con la cámara del mismo. Cuenta además con un módulo capaz de controlar el sistema a través de Internet por medio de una página web. Posee una versión móvil para teléfonos inteligentes con la cual es posible utilizar el sensor giroscopio del dispositivo para indicar al *software* hacia dónde se está mirando y de esta manera saber de qué estrella o cuerpo celeste se trata. En la figura 3.2 se puede observar una captura de pantalla de Stellarium corriendo sobre una computadora con sistema operativo Linux. Si bien es posible controlar un telescopio remoto con este programa, no es la finalidad del mismo ser utilizado para controlar un observatorio computarizado como sí lo es Ekos.

3.2.3 Cartes du ciel

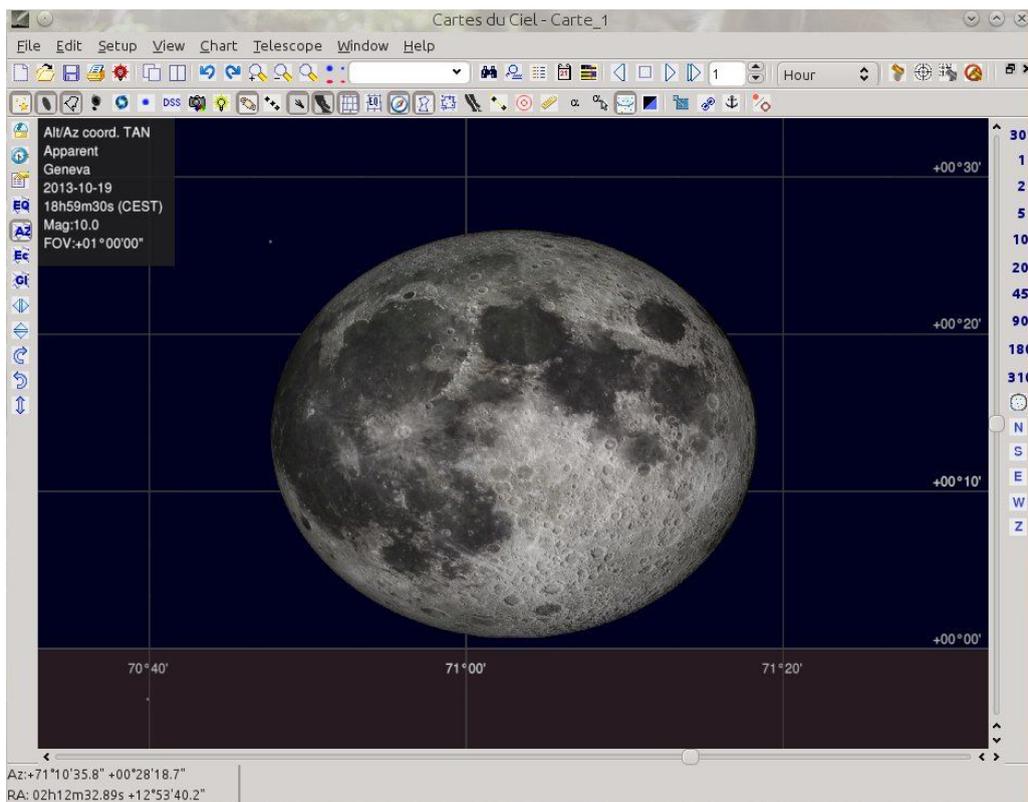


Figura 3.3. Captura de pantalla del programa Cartes du Ciel. Disponible en:

<https://www.ap-i.net/skychart/es/start>

Al igual que Stellarium, Cartes du ciel es un planetario virtual libre disponible para sistemas operativos Microsoft Windows, Mac OS X y Linux. Permite consultar la posición de diversos objetos celestes como cometas, asteroides y galaxias. Según el fabricante, “El propósito del programa es preparar cartas celestes para una sesión de observación astronómica”^[17]. Es posible especificar qué catálogo de objetos celestes se desea utilizar y otorga la posibilidad de descargar imágenes de capturas reales de servidores con telescopios asociados. Permite el control de telescopios a través del estándar ASCOM. En la figura 3.3 se muestra una captura de pantalla del programa observando una imagen de la luna.

3.2.4 Starry Night

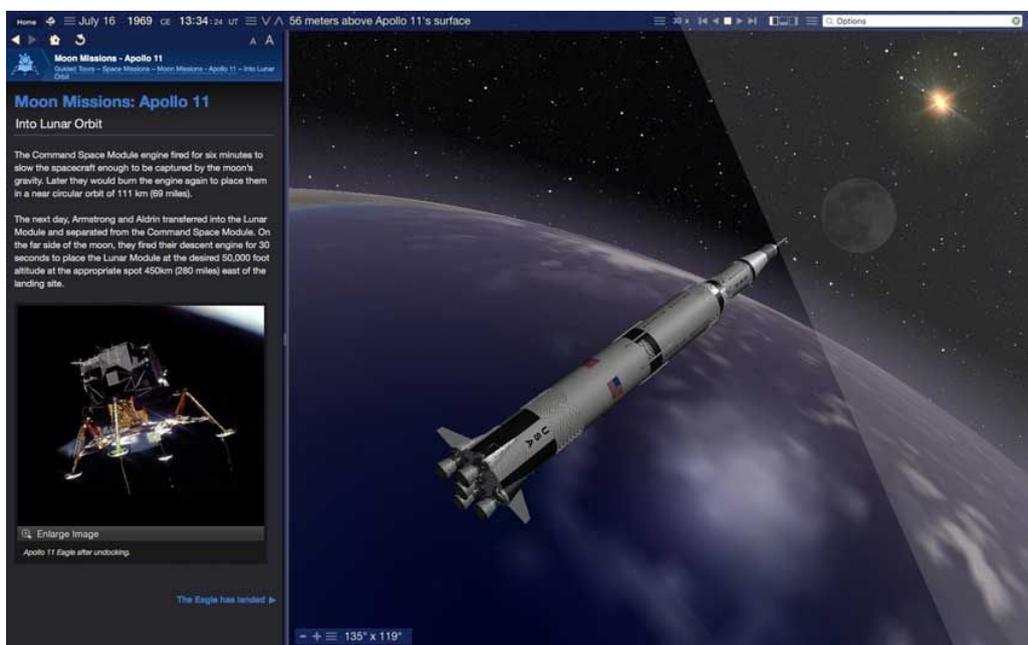


Figura 3.4. Captura de pantalla del programa Starry Night. Disponible en:
<http://www.starrynight.com/Pro7/index.html>

A diferencia de los anteriores programas analizados, Starry Night no es de código libre ni gratuito. Se ofrecen varias versiones con diferentes precios de acuerdo a las funcionalidades y a la necesidad del usuario. Una versión en particular permite un completo control de un observatorio computarizado, incluyendo el manejo de telescopios. La comunicación con los diversos

dispositivos la realiza mediante el estándar ASCOM. Está disponible para plataformas Microsoft Windows y Mac OS. Ofrece la posibilidad de explorar el espacio a través de doscientas mil galaxias y mil millones de años luz de distancia mediante un modelado en tres dimensiones. Es posible incluso interactuar con imágenes de capturas reales descargadas de bases de datos en línea. En la figura 3.4 se puede observar una captura de pantalla del programa en funcionamiento.

3.2.5 ACP Observatory

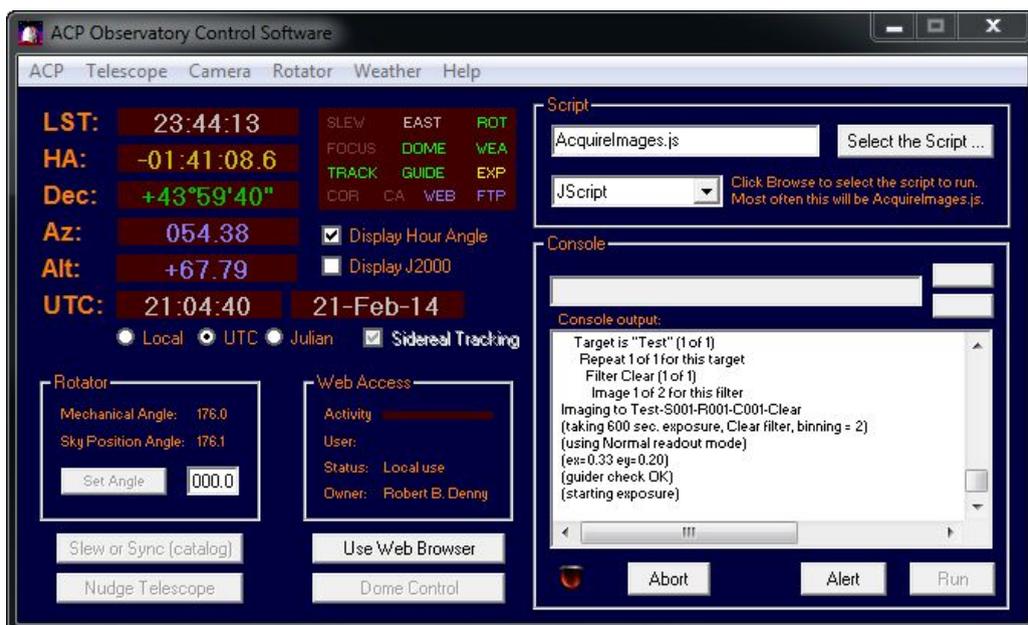


Figura 3.5. Captura de pantalla del programa ACP Observatory. Disponible en:

<http://acp.dc3.com/index2.html>

ACP Observatory es un programa pensado para controlar un observatorio remoto, es capaz de controlar cualquier dispositivo que posea un *driver* ASCOM, ya sea telescopios, domos, estaciones meteorológicas, etc. Al ser privativo y pago no se ha podido probar su funcionamiento ni evaluar de una manera minuciosa. Es un programa de escritorio y posee una interfaz web para el control del observatorio de manera remota. Una de las principales restricciones de este programa es que sólo se encuentra disponible para la plataforma Microsoft Windows, pero lo soluciona proporcionando una interfaz web que permite ser

operada desde cualquier sistema operativo que soporte la utilización de un navegador. Resulta ser una solución parcial ya que si bien permite ser accedido desde cualquier plataforma, el usuario debe tener instalado y corriendo el sistema en un segundo ordenador donde sea posible su instalación. En la figura 3.5 se muestra una captura de pantalla del programa en funcionamiento proporcionada por el fabricante.

3.2.7 Comparativa de los programas analizados

	Gratis	Libre	Win	Mac	Linux	Móvil	Web	Completo control del observatorio
Kstars	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓
Stellarium	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-
Cartes du ciel	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-
Starry night	-	-	✓	✓	-	-	-	✓
Acp observatory	-	-	✓	-	-	-	✓	✓

Figura 3.6. Cuadro comparativo con las principales características de los programas analizados.

En la figura 3.6 se puede apreciar un cuadro comparativo con las principales características disponibles para cada uno de los programas astronómicos analizados. Resulta importante destacar que todos los programas que se han examinado presentan la capacidad de poder controlar un telescopio robotizado, pero no todos tienen la posibilidad de controlar un observatorio completo como requiere el proyecto “Telescopio Rafael Montemayor”.

3.2.6 Conclusión

Si bien es verdad que existe una serie de sistemas que cumplen de manera satisfactoria la función de controlar un observatorio remoto, generalmente estos sistemas están pensados para usuarios particulares de telescopios. Es decir, no son sistemas pensados para hacer un uso compartido del telescopio, ni mucho menos público. Es por esto que se optó por desarrollar un sistema completo desde el comienzo, en lugar de adaptar alguno existente.

Capítulo 4: Rastro, arquitectura y tecnologías utilizadas

4.1 Introducción

El desarrollo de Rastro se enmarca en el proyecto “Telescopio Rafael Montemayor”, llevado a cabo en la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas en colaboración con la Facultad de Ingeniería y la Facultad de Informática. Este proyecto es dirigido por el director ejecutivo del Planetario Ciudad de La Plata y asesor profesional de esta tesina, el Técnico Martín Schwartz.

Uno de los primeros interrogantes que surgieron al encarar el análisis del proyecto fue la adopción y utilización de tecnologías nativas, en concreto una aplicación de escritorio, o el desarrollo orientado a tecnologías web. Cada una aportando ventajas y desventajas correspondientes a su naturaleza de aplicación.

Las aplicaciones de escritorio son el tipo de aplicaciones compiladas de manera dependiente al sistema operativo en el cual serán ejecutadas. Algunas inclusive necesitan ser instaladas en la computadora del usuario que las requiere utilizar.

Dentro de las ventajas de este tipo de aplicaciones se encuentra la posibilidad de que sean más robustas, que el tiempo de respuesta sea menor y la posibilidad de lograr diseñar cualquier cosa que permita el *software*, sin estar limitado por la capacidad de los navegadores web.

A modo de desventajas podemos decir que es necesario utilizarlas en la plataforma para la cual fueron desarrolladas, que las actualizaciones no son instantáneas y que el usuario pierde la flexibilidad de poder moverse sin necesitar su computadora personal.

A diferencia de las aplicaciones de escritorio, las aplicaciones web permiten ser utilizadas en cualquier parte del mundo a través de Internet y desde

cualquier sistema operativo que soporte la utilización de un navegador. Esta enorme ventaja es lo que está impulsando fuertemente a que la tendencia mundial sea la implementación de aplicaciones web.

Al estar la aplicación alojada en un servidor, abre la posibilidad a que se puedan aprovechar mejores recursos de hardware que resultarían muy costosos e incluso varias veces inaccesibles para los usuarios corrientes.

Este tipo de aplicaciones resuelve de manera nativa e instantánea las actualizaciones del sistema. Un inconveniente en las aplicaciones web es el mayor tiempo de respuesta en comparación con las aplicaciones de escritorio, ya que la información debe viajar a través de Internet y el usuario debe esperar el envío y recepción de dicha información. Gracias a tecnologías como AJAX¹⁰ [18] y Websockets [19] este inconveniente se ha resuelto de manera bastante eficiente, al no ser necesario volver a cargar toda la página completa en el navegador del usuario. Reduciendo de esta manera la cantidad de información transmitida y evidentemente los tiempos de respuesta. La única desventaja que no se ha logrado resolver completamente es la necesidad de una conexión a Internet para su utilización.

Debido a la necesidad del proyecto “Telescopio Rafael Montemayor” en relación a la gran capacidad de almacenamiento y procesamiento necesarios, junto con la posibilidad de que la aplicación pueda ser utilizada desde cualquier parte del planeta, e incluso evitar obligar al usuario a tener que utilizar un determinado sistema operativo, resultó evidente que la mejor opción en este caso sería la implementación y desarrollo de una aplicación web.

4.2 Tecnologías utilizadas

Al momento de desarrollar un sistema surgen una gran cantidad de problemas que es necesario resolver. Para cada uno de ellos existen, generalmente, varios caminos posibles dependiendo de la variedad de tecnologías disponibles a utilizar.

Dado que ninguna de las soluciones de *software* descritas en el capítulo anterior se adecuaban a lo requerido por el proyecto “Telescopio Rafael Montemayor”, se decidió implementar una solución nueva, independiente a las

¹⁰ AJAX (*Asynchronous JavaScript And XML*) es una técnica de desarrollo web que permite la comunicación entre la aplicación y el servidor evitando la recarga completa de la página.

ya existentes. Para ello resultó necesario analizar distintas tecnologías, cada una destinada a resolver una necesidad en particular y decidir la mejor alternativa en cada caso.

4.2.1 Websockets

Originalmente las conexiones entre el navegador y el servidor web se realizaban de manera unidireccional, esto significa que el cliente realizaba una petición y luego el servidor le contestaba con dicha información. A medida que fue evolucionando la tecnología y las aplicaciones se hacían cada vez más complejas, este tipo de comunicaciones resultaron una limitante para el desarrollo sistemas con ideas vanguardistas. Cada vez era más una necesidad para los desarrolladores que las páginas web no se recarguen completamente con cada petición que el cliente le efectuaba al sistema.

Hasta que llegó AJAX para resolver este problema. AJAX es un conjunto de tecnologías que permiten de manera sencilla poder realizar peticiones al servidor recargando sólo los valores que fueron pedidos, dejando de esta manera el resto de la página web sin modificaciones. El surgimiento de AJAX revolucionó el mundo de las aplicaciones web, enriqueciendo enormemente la calidad de las experiencias de usuarios y abriendo la puerta a un sin fin de posibilidades de desarrollo de sistemas avanzados.

Pero esta tecnología seguía teniendo un inconveniente, y era que el cliente era el encargado de decirle al servidor cuando necesitaba nueva información. Algunas soluciones apresuradas se basaban en realizar una bucle de peticiones cada cierto tiempo preguntándole al servidor si tenía nueva información para cargar. Evidentemente esta solución generaba un exceso de intercambio de información inútil.

Acá es dónde surgen los *websockets* para solucionar estos problemas y brindar una solución definitiva y eficiente. Los websockets abren un canal de comunicación bidireccional entre el cliente y el servidor, permitiendo de esta manera que el servidor le envíe información al cliente en el momento que crea necesario sin esperar la petición por parte del cliente. De este modo la información llega en el momento justo al cliente y se evita la sobrecarga de transacción de información innecesaria.

Esta característica resulta sumamente importante para la comunicación en tiempo real entre el servidor que controla el telescopio y el navegador web. Permitiendo que el usuario reciba toda la información del sistema en el momento exacto en que se genera, sin esperar el tiempo de recarga que sugiere utilizar AJAX, ni generar un flujo excesivo de información inútil.

4.2.2 Librerías utilizadas

Para facilitar y optimizar el desarrollo del sistema se utilizaron ciertas librerías de *software*. Una librería de *software* es un conjunto de funciones ya resueltas y organizadas a través de una interfaz bien definida, de manera de que el programador que requiera su utilización pueda consultarlas e interactuar fácilmente con ellas. Simplificando de esta manera el desarrollo del *software*, reutilizando código ya resuelto por otro programador.

4.2.2.1 Librería INDI

La librería INDI es una implementación en particular del estándar INDI. Este estándar tiene varias características interesantes en cuanto al manejo de dispositivos relacionados con los telescopios remotos.

Principalmente, es el responsable de la correcta comunicación con dichos dispositivos a través de simples funciones predefinidas. Por ejemplo para realizar la conexión de un dispositivo sólo basta con enviarle el mensaje “ON” al elemento “CONNECT” de la propiedad “CONNECTION” del dispositivo en concreto.

Otra característica sumamente importante y llamativa es la capacidad de desarrollar clientes independientes de los drivers de los dispositivos. Los clientes leen las propiedades de un dispositivo en particular en tiempo de ejecución usando introspección¹¹. Este desacoplamiento permite que el driver pueda ser actualizado independientemente de la implementación del cliente, permitiendo incluso cambiar dispositivos sin modificar al cliente ^[20]. La figura 4.1 muestra la arquitectura del estándar INDI.

¹¹ Introspección: habilidad de un programa para examinar el tipo o las propiedades de un objeto en tiempo de ejecución.

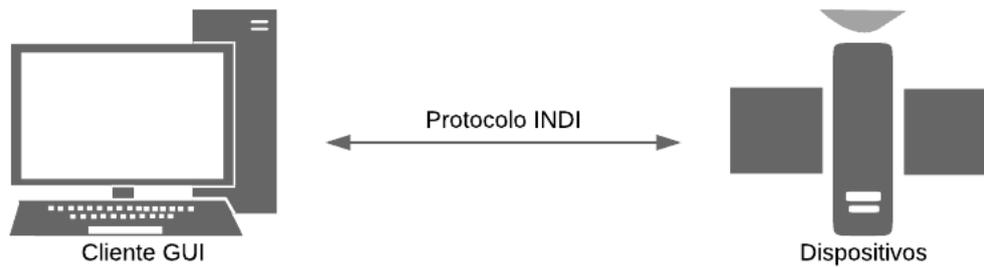


Figura 4.1. Arquitectura del estándar INDI.

4.2.2.1.1 Drivers INDI

Los *drivers* INDI son los encargados de comunicarse directamente con los dispositivos. Cada uno se puede conectar con uno o varios dispositivos físicos. Son los responsables de controlar los parámetros de los dispositivos y de definirlos para los clientes. Envían una lista de las propiedades soportadas por los dispositivos a los clientes que luego utilizarán para presentarlas a los usuarios finales.

Un punto fuerte de esta librería es el soporte de una gran cantidad de los dispositivos astronómicos disponibles en el mercado, entre ellos telescopios, *CCDs*, *focusers* y muchos más. Esto se debe a la naturaleza genérica de la implementación de sus *drivers*.

4.2.2.1.2 Servidor INDI

El servidor INDI se encuentra ubicado entre los dispositivos y el cliente, como se muestra en la figura 4.2. Es el encargado de realizar la correcta comunicación entre ellos. Cada dispositivo o cliente en la red es un nodo y puede comunicarse con otros nodos cuando desee. El servidor INDI soporta el encendido y apagado dinámico de dispositivos.

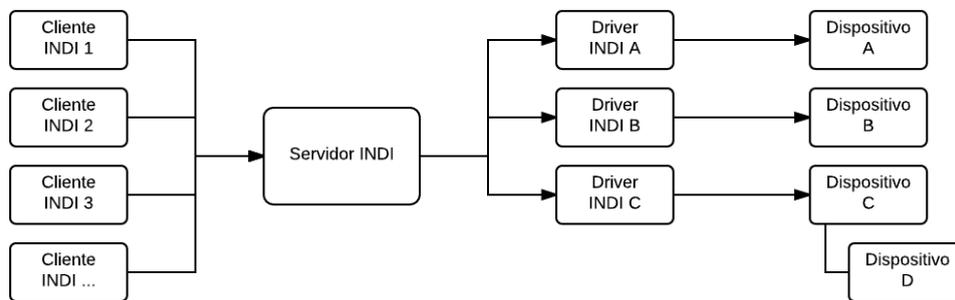


Figura 4.2. Representación gráfica de un servidor INDI.

4.2.2.1.3 Clientes INDI

Los clientes son las interfaces de *software* que se comunican con los controladores de *hardware*. Normalmente se comunican con controladores de *hardware* INDI a través del servidor INDI, aunque pueden comunicarse directamente con los controladores.

Esta tesina está enfocada en desarrollar un cliente INDI con una interfaz web que permita ser utilizada en cualquier lugar del planeta a través de una conexión a Internet.

4.2.3.2 Librería JQuery

La API (*Application Programming Interface*) de JQuery permite de una manera sencilla lograr reducir enormemente la complejidad de programación del lenguaje Javascript. Comprende una gran cantidad de funciones que unifican diversas características del lenguaje en una sencilla codificación. Agrega la posibilidad de aplicar efectos y animación a diversos elementos. Simplifica la aplicación de la técnica AJAX para la comunicación asíncrona con el servidor^[21]. Incluso posibilita la integración de otras librerías basadas en JQuery que aumentan exponencialmente su utilidad, tal como JQuery UI, también utilizada en este proyecto^[22]. JQuery UI agrega una enorme cantidad de funcionalidades relacionadas con la interacción del usuario.

4.2.3.3 Librería ImageJ

En la astronomía, el formato de imagen más utilizado para el intercambio de información es el estándar *FITS (Flexible Image Transport System)*. Dicho formato, avalado por la NASA, brinda la posibilidad de alojar una gran cantidad de información sobre el momento de la captura. Permite alojar información tabulada en la cabecera de la imagen ^[23].

Al momento de desarrollar el sistema, resultó evidente que el formato *FITS* entregado por la cámara *CCD* del telescopio debía ser convertido a un formato compatible con cualquier navegador, como lo es *JPEG (Joint Photographic Experts Group)*. La librería *ImageJ* es la que se utilizó para convertir del formato *FITS* al *JPEG*. Esta conversión no sólo es útil para la correcta compatibilidad, sino que también al comprimir la imagen se reduce notablemente su tamaño. Resultando una importante mejora al minimizar la transferencia de información desde el servidor al cliente. Una prueba realizada sobre una captura en formato original de 2,6 MB entregó una imagen en *JPEG* de 348 KB, reduciendo 7 veces y medio su tamaño.

4.2.3 Frameworks utilizados

Un *framework* es un esquema de desarrollo de *software*, el cual determina cómo será organizado el código, archivos, y cualquier otro elemento contemplado en la definición del mismo. Ayuda al programador a mantener organizado y eficiente su desarrollo, proporcionando un esqueleto a rellenar. Facilita la colaboración entre programadores, ya que el código se encuentra similarmente estructurado entre los distintos desarrolladores. Además, esta característica facilita el desarrollo de librerías adaptadas al *framework*.

4.2.3.1 Bootstrap

Bootstrap es un *framework* diseñado para facilitar y optimizar la creación de interfaces web. Permite estructurar una página web de manera que se adapte automáticamente a la resolución de la pantalla, ya sea un *smartphone*, una *tablet*, una *notebook* o una computadora de escritorio, a través de su sistema de

grillas. Otra característica que lo hace destacar es la incorporación de componentes, que son porciones de código empaquetado que simplifican enormemente la tarea del programador a la hora de diseñar^[24].

4.2.3.2 Spring

Spring es un *framework* que permite desarrollar aplicaciones en Java, simplificando varios aspectos de configuración. Implementa la inversión de control, esto significa que cambia las responsabilidades y en vez de que el propio desarrollador sea el encargado de generar todos los objetos de configuración, es Spring basándose en archivos xml o anotaciones el encargado de construir todos los objetos que la aplicación va a utilizar. De esta manera al ser Spring el encargado de inicializar todos estos objetos, es también el responsable de asegurarnos que se integrarán correctamente.

Spring posee diversos módulos, cada uno orientado a la necesidad particular de cada proyecto. En el desarrollo de este proyecto se utilizaron los módulos Spring Web MVC^[25] y Spring Security^[26], siendo los encargados de optimizar y facilitar el desarrollo web y la implementación de la seguridad respectivamente.

4.2.3 Base de datos

Para almacenar la información personal de los usuarios y los datos relacionados con las configuraciones realizadas con respecto a la utilización del telescopio, se utilizó el sistema de gestión de base de datos MySQL. El cual está basado en el lenguaje de consulta estructurado SQL, muy conocido y utilizado en todo el mundo. La decisión de utilizar MySQL no es estricta, se podría haber usado cualquier otro gestor de base de datos o incluso otro paradigma de bases de datos tranquilamente.

4.3 Arquitectura de Rastro

Para la realización de Rastro se optó por una arquitectura del tipo cliente-servidor, la cual consiste en dividir la carga de cómputo en dos partes. Por un lado se cuenta con una aplicación denominada servidor que es la que precisamente sirve de información al cliente y es donde, generalmente, se realiza la mayor cantidad de procesamiento. Por el otro lado, se encuentra la aplicación cliente que es la que interactúa directamente con el usuario^[27].

En este proyecto en particular la parte del cliente está constituida por un navegador web en el sistema informático del usuario, ya sea computadora, *tablet* o *smartphone*. La parte del servidor consiste en una aplicación desarrollada en el lenguaje Java, la cual por un lado realiza la comunicación y gestión de los componentes del telescopio remoto y por otro lado posee un servicio web disponible para que sea utilizado por el cliente, como se puede apreciar en la figura 4.3.

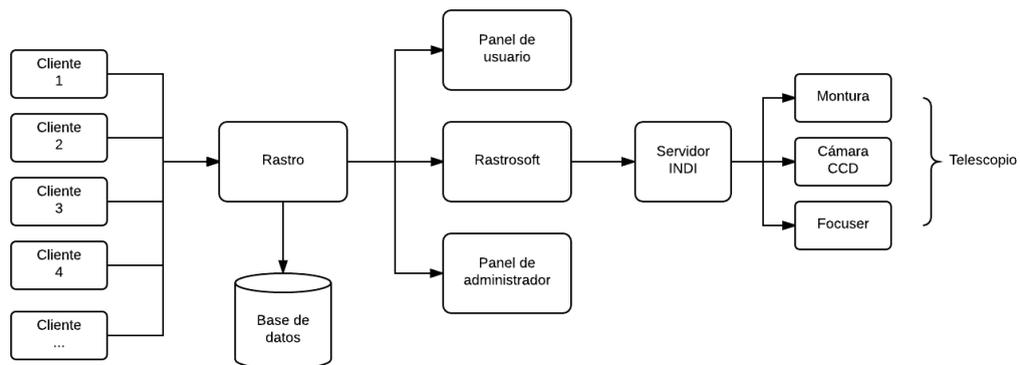


Figura 4.3. Representación gráfica de la arquitectura del proyecto.

Capítulo 5: Rastro y Rastrosoft, funcionalidades básicas

5.1 Introducción

Rastro es un sistema web encargado de gestionar el manejo de un telescopio remoto soportado bajo un servidor INDI. Este desarrollo fue realizado para un telescopio en particular llamado “Telescopio Rafael Montemayor” pero es posible adaptarlo, con mínimas modificaciones, a cualquier telescopio que sea soportado por el estándar INDI. Como por ejemplo el telescopio *Meade LX200 GPS*, que fue utilizado para realizar las pruebas de funcionamiento¹².

Al concluir las primeras reuniones de trabajo con el equipo del proyecto “Telescopio Rafael Montemayor” surgieron funcionalidades adicionales al control remoto del telescopio. Para ello se plantearon los siguientes módulos:

- **Rastrosoft:** aplicación encargada de controlar al telescopio en tiempo real.
- **Panel de usuario:** otorga la posibilidad de gestionar el manejo de turnos, las capturas realizadas, las sesiones de automatización y los datos personales del propio usuario.
- **Panel de administrador:** sólo permite ser accedido por un usuario con privilegios de moderador. Permite la gestión de los turnos y de los usuarios del sistema.

¹² El detalle de estas pruebas pueden leerse en el capítulo 6 de este informe.

Rastro cuenta con una completa traducción al inglés y al español. En las siguientes secciones se presentan algunas de las características más destacadas del desarrollo realizado.

5.1.1 Creación de una cuenta de usuario

Como se mencionó anteriormente, Rastro es un sistema web que requiere contar con una cuenta de usuario. Para obtener una cuenta de usuario, se debe clicar en la opción “Crear cuenta”, en la pantalla de bienvenida, tal como muestra la figura 5.1. Al momento de crear la cuenta se tiene acceso al módulo **Panel de usuario**. En el caso de encontrarse una transmisión en directo activa, es posible además acceder al módulo **Rastrosoft** como espectador.



Figura 5.1. Pantalla de inicio de sesión.

Una vez ingresado a la sección para crear la cuenta se le pedirá completar los datos personales del usuario. Los datos necesarios requeridos por Rastro se muestran en la figura 5.2.

The image shows a registration form for 'Rastrosoft' on a dark blue background with a starry sky pattern. At the top center is the logo 'Rastrosoft' with a water drop icon. Below it are five input fields: 'Nombre de usuario' (with a person icon), 'Nombre' (with a list icon), 'Apellido' (with a list icon), 'Correo electrónico' (with an envelope icon), 'Contraseña' (with a lock icon), and 'Confirmar contraseña' (with a lock icon). A green button labeled 'Crear cuenta' is positioned below the fields. At the bottom, there is a link: '¿Ya tienes una cuenta? Iniciar sesión'.

Figura 5.2. Pantalla de creación de cuenta de usuario.

Luego de completar los datos requerido, el usuario recibirá un correo electrónico de confirmación a través del cual podrá activar la cuenta siguiendo el enlace enviado para tal fin. Esto es mostrado en la figura 5.3.

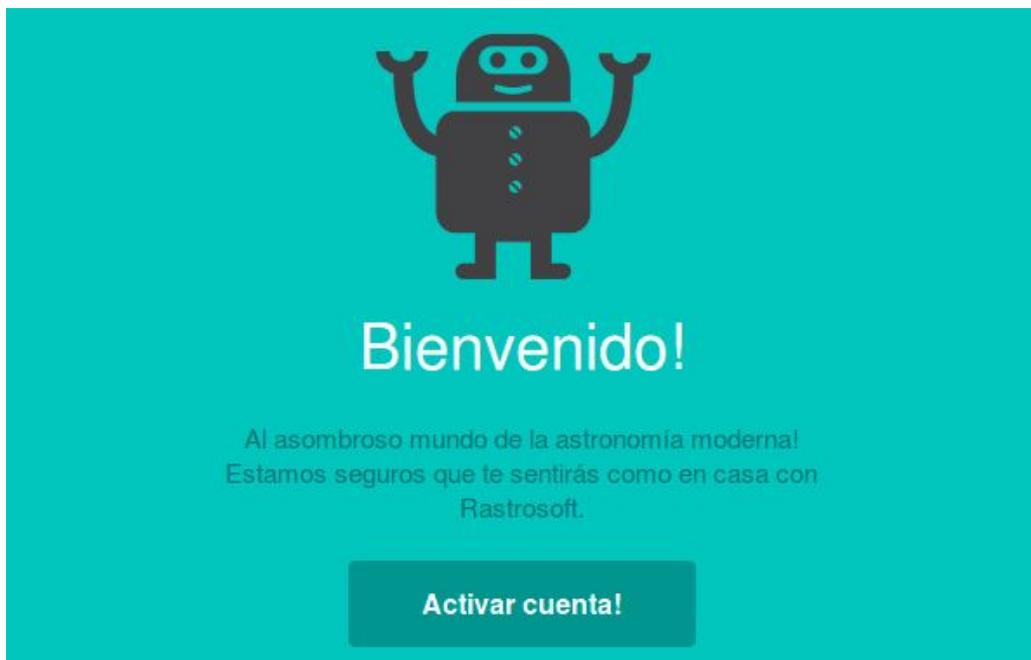


Figura 5.3. Correo electrónico recibido para activar la cuenta.

En caso de no recordar la contraseña, Rastro cuenta con un sistema de recuperación de clave.

5.2 Rastrosoft

Rastrosoft es la aplicación encargada de controlar al telescopio en tiempo real. Además de controlar todas las funcionalidades del telescopio, permite poder observar los cambios que en él suceden de manera instantánea. Esta característica le da la posibilidad al sistema de poder tener uno o más usuarios observando, cada uno desde su propio cliente web, la manipulación del telescopio por parte del usuario con el turno otorgado. Este característica de transmisión en directo será explicada detalladamente más adelante.

Las principales funcionalidades de Rastrosoft son:

- Operar los componentes del telescopio a través de una aplicación web.
- Administrar los turnos para la utilización del sistema.
- Visualizar todas las capturas realizadas por el usuario, junto con la fecha, hora e información detallada de la captura.
- Automatizar secuencias de capturas para ejecutar luego al momento de obtener un turno.
- Realizar una transmisión en directo de las observaciones y comunicarse con los usuarios a través de un chat interactivo.

Un detalle importante a tener en cuenta es que Rastrosoft permite la comunicación con dispositivos soportados por el estándar INDI. Esto quiere decir que es perfectamente posible intercambiar el telescopio, la cámara *CCD* y el *focuser* sin la necesidad de hacer grandes cambios en el sistema. Permitiendo así que en un futuro sea posible actualizar los dispositivos por unos más nuevos o con mejores prestaciones.

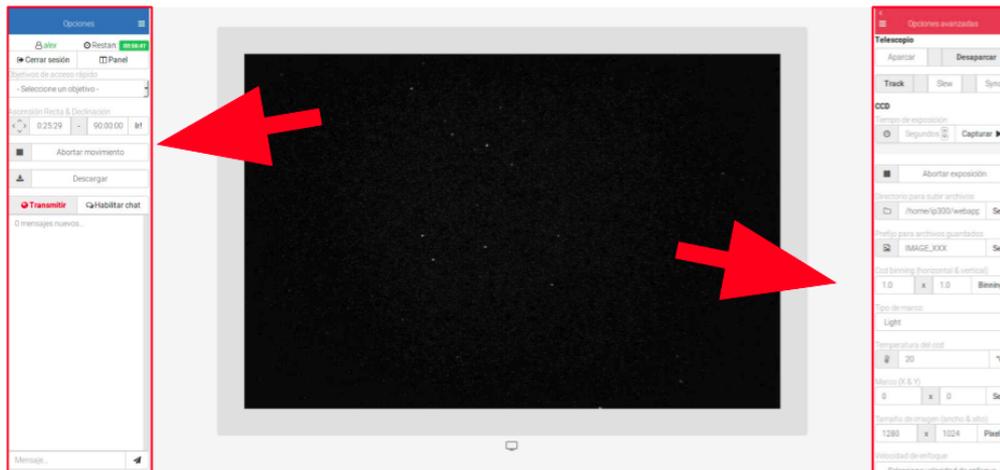


Figura 5.4. Rastrosoft.

Como se puede observar en la figura 5.4, la aplicación está comprendida por dos paneles laterales y un sector central. En los paneles se encuentran las opciones de configuración y manejo de la aplicación. En el sector central se muestran las capturas realizadas por la cámara CCD del telescopio.

5.2.1 Secciones destacadas de Rastrosoft

En este apartado se documentarán las diferentes secciones pertenecientes a la aplicación Rastrosoft.

5.2.1.1 Panel de opciones

El panel de opciones de Rastrosoft permite realizar las tareas más comunes en el manejo del sistema. Una de ellas es la de indicar al telescopio que se dirija a una posición de coordenadas ecuatoriales¹³ específicas o a un objeto contenido en el catálogo Messier. Dicho catálogo, cargado en la base de datos del sistema, es una lista de 110 objetos astronómicos confeccionada por el astrónomo francés Charles Messier. Messier se dedicaba a la búsqueda de cometas, y la presencia de objetos difusos fijos en el cielo le resultaba un

¹³ Las coordenadas ecuatoriales (absolutas) son un tipo de coordenadas celestes que determinan la posición de un objeto en la esfera celeste respecto al ecuador celeste y al equinoccio vernal. Se denominan declinación y ascensión recta y son equivalentes a la latitud y longitud geográficas.

problema porque podían confundirse con aquellos en los telescopios de su tiempo. Por este motivo decidió él mismo armar una lista que le simplificara el trabajo. Su catálogo resultó una reunión de objetos astronómicos de naturaleza muy diferente, como nebulosas, galaxias, cúmulos de estrellas abiertos y globulares ^[28].

Tal como se puede apreciar en la figura 5.5 el sistema indica el usuario actualmente conectado y el tiempo restante para la finalización de su turno. En caso de restar poco tiempo para la finalización del turno, el sistema alerta al usuario para que no lo tome por sorpresa y pueda finalizar su trabajo de manera correcta.

Es posible descargar la última imagen capturada por la cámara del telescopio. La imagen descargada se encontrará en un formato comprimido para permitir la accesibilidad y optimizar el uso de la conexión. Es posible descargar la imagen en el formato nativo de la cámara, con más información disponible, en el panel de usuario.

El botón “Transmitir” permite iniciar una transmisión de la sesión. La transmisión en directo puede ser abierta al público o privada. Si la transmisión es privada sólo se puede acceder a ella mediante un código de acceso previamente proporcionado por el usuario que posee el turno.

Se encuentra además la opción de habilitar o deshabilitar el chat de acuerdo a las necesidades de cada sesión de observación. Tanto a las sesiones en directo como al chat, es posible el acceso de varios usuarios simultáneamente.

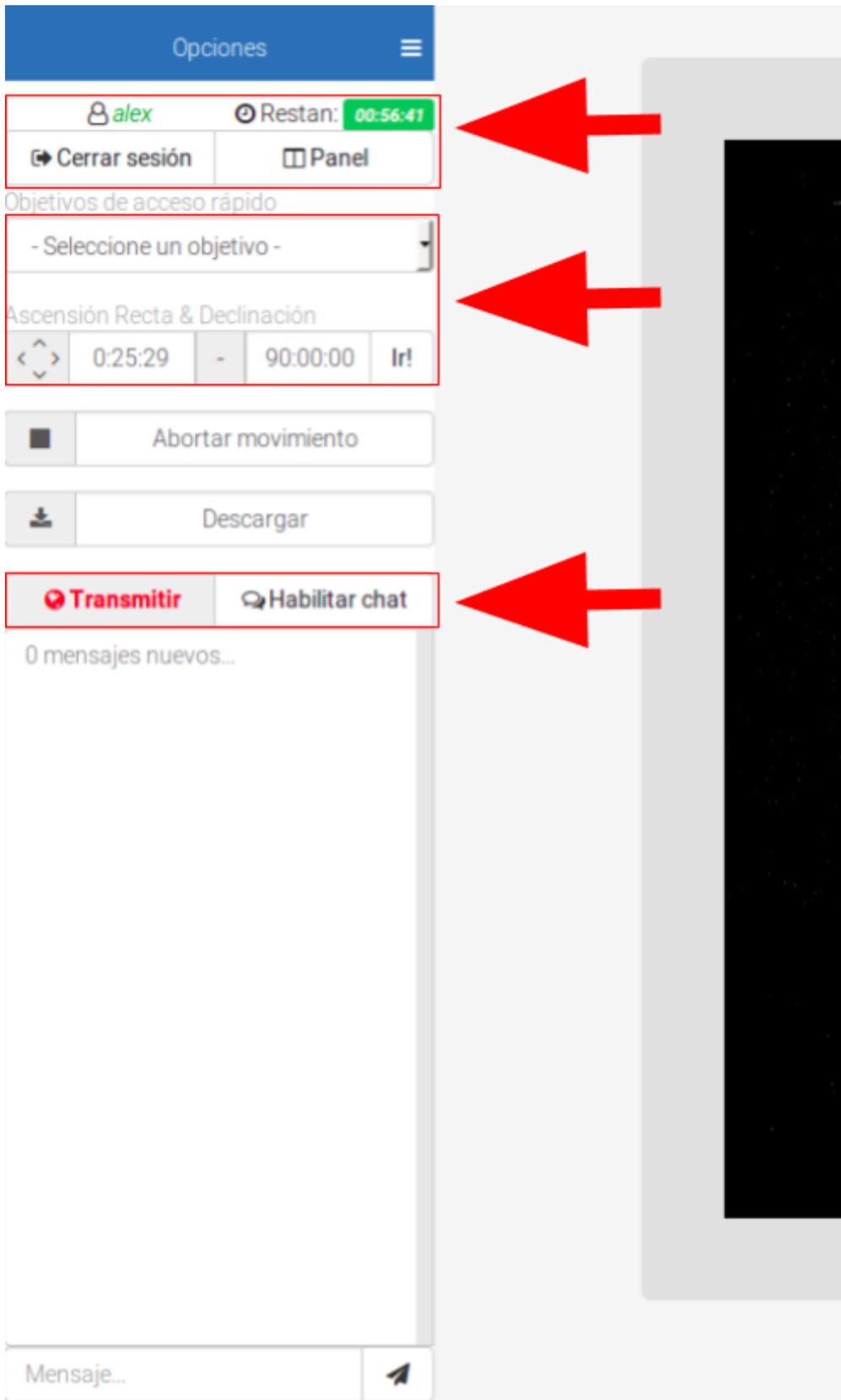


Figura 5.5. Panel de opciones de Rastrosoft.

5.2.1.1 Panel de opciones avanzadas

A su vez, Rastrosoft cuenta con un panel de opciones avanzadas, mostrado en la figura 5.6, donde se encuentran las características más específicas sobre el uso del telescopio y sus componentes.

Al estar los objetos celestes moviéndose continuamente, resulta poco práctico apuntar a un objeto con el telescopio y esperar que este pueda ser fotografiado sin problemas. La rotación del planeta Tierra también perjudica dicha acción. De esta manera es necesario contar con funcionalidades como “*track*” y “*slew*”. La orden “*slew*” realiza el desplazamiento del telescopio hacia el objetivo indicado y luego mantiene su seguimiento a un ritmo sideral, es decir, al ritmo en que las estrellas se mueven en el cielo. Esta característica es utilizada con estrellas, objetos Messier¹⁴ y con cualquier objetivo fuera de nuestro Sistema Solar. Al contrario, la orden “*track*” es utilizada con objetivos que se encuentran dentro del Sistema Solar, ya que viajan de manera diferente a través del cielo. Por otra parte, la funcionalidad “*sync*” permite sincronizar el objetivo al cual se está apuntando en ese momento con las coordenadas ecuatoriales indicadas.

Las opciones de aparcado son utilizadas para posicionar el telescopio en su lugar de guardado y retirarlo respectivamente. Al aparcar el telescopio, este se posiciona en una coordenada previamente establecida y segura. Al clicar en la opción de aparcar, el telescopio comenzará a moverse hacia su posición de aparcamiento indicándosele al usuario mediante un parpadeo de color naranja. Finalmente un parpadeo de color verde indicará que el telescopio ha llegado a su posición de aparcamiento. Esta retroalimentación de color naranja cuando está ocupado y verde cuando finalizó, se utiliza en todo el sistema para indicarle al usuario el estado de los dispositivos en todo momento.

En el apartado de la cámara CCD se encuentra la opción de indicar la cantidad de tiempo de exposición, en segundos, de la captura. Cuanto más tiempo de exposición, más tiempo estará abierto el obturador, por lo tanto más luz entrará al sensor. Al momento de comenzar una captura, el sistema indica el porcentaje completado y el tiempo restante en una barra de progreso como muestra la figura 5.6. Además se contempla la opción de modificar ciertos valores específicos de la cámara al momento de la captura.

¹⁴ Objetos Messier: uno de los 110 objetos pertenecientes al catálogo Messier.

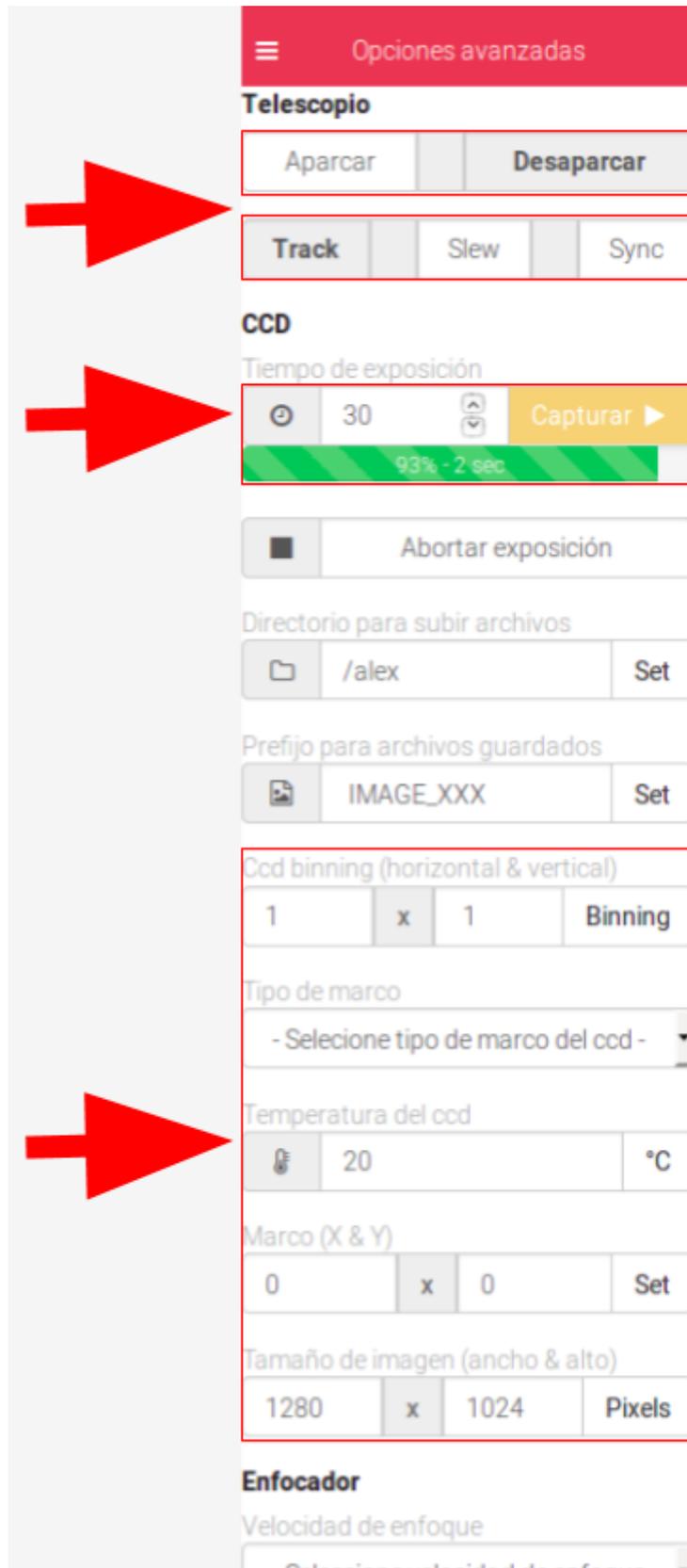


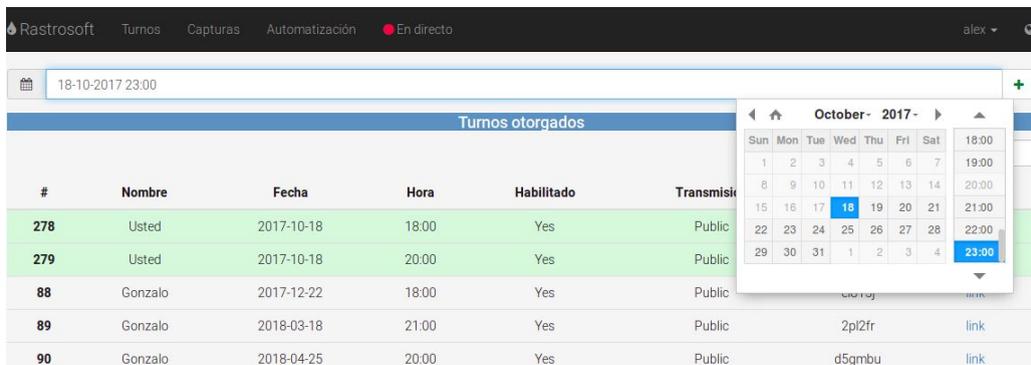
Figura 5.6. Panel de opciones avanzadas de Rastrosoft.

5.3 Panel de usuario

El sistema cuenta con un panel de usuario que permite realizar ciertas funciones relacionadas con la gestión del mismo. Este puede ser accedido por un botón en el módulo Rastrosoft o directamente al ingresar al sistema cuando el usuario no posee un turno activo.

5.3.1 Solicitud de turnos

Resulta ser sumamente importante la posibilidad de gestionar un sistema de turnos para organizar la utilización y control del telescopio de manera ordenada. Como se muestra en la figura 5.7 el usuario tiene la posibilidad de solicitar un turno y poder ver qué turnos ya fueron otorgados para que se pueda organizar con respecto a ellos. De todas formas, el sistema no permite que el usuario solicite un turno ya otorgado.



The screenshot shows the Rastrosoft application interface. At the top, there are navigation tabs: Rastrosoft, Turnos, Capturas, Automatización, and En directo. A user profile 'alex' is visible in the top right. Below the navigation is a search bar with the text '18-10-2017 23:00'. The main content area is titled 'Turnos otorgados' and contains a table with the following data:

#	Nombre	Fecha	Hora	Habilitado	Transmisión
278	Usted	2017-10-18	18:00	Yes	Public
279	Usted	2017-10-18	20:00	Yes	Public
88	Gonzalo	2017-12-22	18:00	Yes	Public
89	Gonzalo	2018-03-18	21:00	Yes	Public
90	Gonzalo	2018-04-25	20:00	Yes	Public

An overlay calendar for October 2017 is visible on the right side of the table. The calendar shows dates from 1 to 31. The 18th and 19th are highlighted in blue, corresponding to the dates in the table above. The 23rd is also highlighted in blue, with the time '23:00' displayed next to it.

Figura 5.7. Manejo de turnos.

El principal inconveniente que surgió con respecto al otorgamiento de turnos fue en relación de que si todos los usuarios deberían pedir turno y esperar la confirmación del mismo por igual. Esta solución presentaba una traba innecesaria para usuarios profesionales de la astronomía, los cuales generalmente requieren solicitar varios turnos para un período de observación. Por lo que se plantea e implementa que haya distintos roles de usuarios:

- **Espectador:** tiene la posibilidad de acceder al sistema y ver las transmisiones en directo de otros usuarios pero no se le permite solicitar turnos. Generalmente este usuario será un alumno o cualquier persona que desee tener un acercamiento con la astronomía.
- **Usuario básico:** tiene la posibilidad de solicitar un turno para el manejo del telescopio y esperar a que el turno sea aceptado por un moderador. Generalmente este usuario será un profesor o un aficionado.
- **Usuario avanzado:** tiene la posibilidad de solicitar un turno para el manejo del telescopio y éste se le es aceptado automáticamente, siempre que posea créditos de uso. Los créditos son otorgados y renovados por un moderador. Generalmente este usuario será un astrónomo profesional o investigador de la universidad.

5.3.2 Capturas del usuario

Al momento de decidir la mejor forma de gestionar las capturas del cosmos realizadas por los usuarios se plantearon varias opciones. Finalmente se optó por aquella en la que cada usuario tenga su propia carpeta y todas las capturas sean guardadas en la carpeta del usuario con el turno activo. De esta manera no sólo se pueden administrar eficientemente las capturas en el cliente web, sino que también es sencillo desde el propio servidor en caso de que el administrador desee manipularlas directamente desde el sistema operativo.

A través de la aplicación web, el usuario tiene la posibilidad de visualizar y descargar sus propias capturas en el formato nativo de la cámara del telescopio o en el formato comprimido JPEG. Como se mencionó anteriormente, el formato nativo es el FITS y es el que normalmente se utiliza para las imágenes astronómicas ya que permite almacenar gran cantidad de información relacionada a la captura.

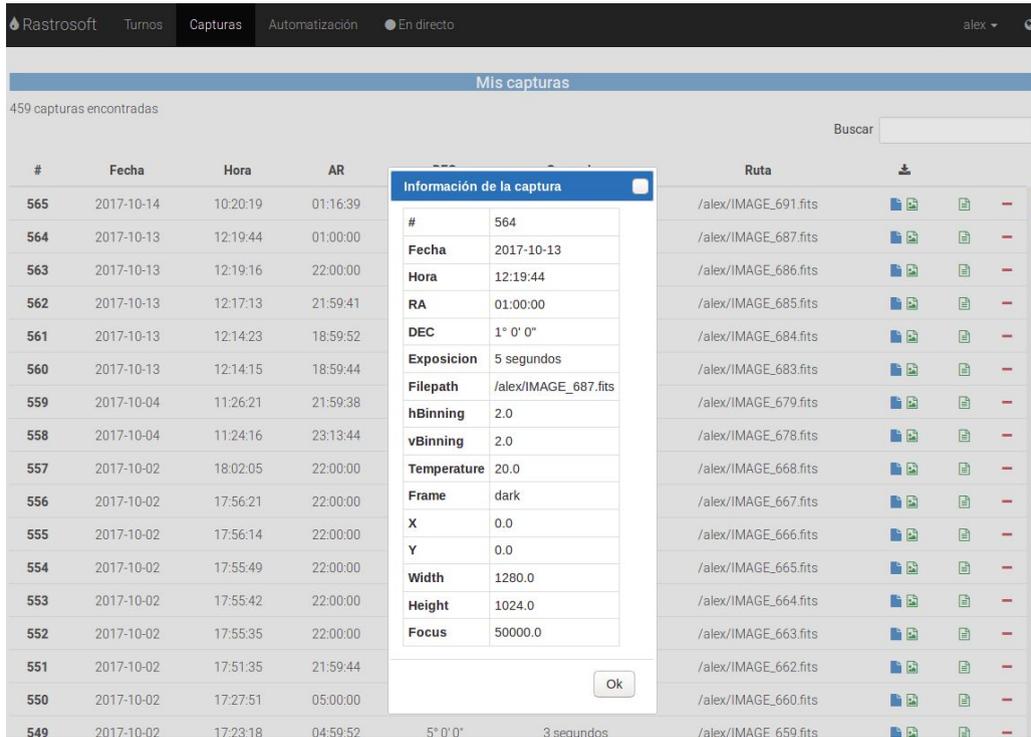


Figura 5.8. Administración de capturas realizadas, detalle de la captura.

Como se puede apreciar en la figura 5.8 se le permite al usuario obtener información más detallada de cada captura. Esa información es la que generalmente suele incluirse en las cabeceras de las imágenes con formato FITS.

5.3.3 Automatización

Un planteo posterior al análisis de los requerimientos del sistema fue la posibilidad de automatizar las capturas. Esto quiere decir poder programar con antelación una secuencia de pasos y ejecutarlos automáticamente al momento de obtener un turno. El sistema permite crear varias secuencias distintas, cada una con sus pasos y sus preferencias de captura. Al momento de obtener el turno e ingresar al módulo Rastrosoft, es posible seleccionar alguna de las secuencias previamente cargadas y dar inicio a su ejecución.

Esta funcionalidad amplía enormemente las capacidades del sistema, ya que brinda la posibilidad de tener un plan de observación ya cargado y definido previamente, con mayor comodidad y criterio.

Cada secuencia está comprendida por una serie de pasos tal como muestra la figura 5.9. Es posible intercambiar el orden de ejecución de cada paso y en él se deben indicar las especificaciones de la captura, ya sea tiempo de exposición, coordenadas del objetivo, entre tantas otras. Es posible crear tantas secuencias como el usuario desee, cada una con su nombre representativo y con tantos pasos como se desee.

#	AR	DEC	Segundos	H	V	Marco	X	Y	Ancho	Alto	Foco	Cantidad	Demora	Estado
1	03:00:00	03:00:00	3	1	1	dark	1	1	1280	1024	-	2	2	Inactive
2	05:00:00	05:00:00	3	1	1	dark	1	1	1280	1024	-	2	0	Inactive
3	05:00:00	07:00:00	3	1	1	bias	1	1	1280	1024	-	2	0	Inactive
4	22:00:00	22:00:00	5	2	2	light	1	1	1280	1024	-	1	0	Inactive

Figura 5.9. Configuración de secuencias automatizadas.

5.4 Panel de administrador

Debido a la manera en que se plantea el sistema, es necesario contar con uno o varios administradores que gestionan el manejo de los turnos y usuarios. Es por ello que se implementa un panel de administrador donde sólo es posible el acceso de usuarios del sistema con un perfil de administrador. Un administrador puede agregar y eliminar administradores, siempre quedando un administrador a cargo.

5.4.1 Administración de usuarios

En la figura 5.10 se puede apreciar la sección de administración de usuarios con todos los usuarios cargados en el sistema, cada uno con su respectiva información.

Como se mencionó previamente, los usuarios avanzados poseen créditos de uso que sirven para obtener turnos sin la necesidad de que sean aprobados

por un administrador. En la sección de administración de usuarios el administrador puede renovar dichos créditos, otorgando los que crea necesario para cada usuario en particular. Es posible filtrar a los usuarios con el objetivo de visualizar más cómodamente sólo aquellos que no poseen créditos y que sea necesario la renovación de los mismos.

La aplicación permite habilitar y deshabilitar usuarios por mal uso del sistema o por cualquier motivo que crea conveniente el administrador. Un usuario deshabilitado no podrá iniciar sesión en el sistema hasta tanto sea habilitado nuevamente por un administrador.

Por otra parte es posible modificar el rol del usuario con respecto a su perfil. Los roles disponibles son: *espectador*, *usuario básico*, *usuario avanzado* y *administrador*. Al crear una cuenta en Rastrosoft, el usuario ingresa con el rol de **usuario básico**.

#	Usuario	Nombre	Apellido	Mail	Créditos	Habilitado	Rol
1	alex	Alex	Boette	alexboette@hotmail.com	59	<input checked="" type="checkbox"/>	Advanced
3	javier	Javier	González	javigonz77@gmail.com	-	<input checked="" type="checkbox"/>	Basic user
4	pedro	Pedro	Belantino	pedrobela@hotmail.com	22	<input type="checkbox"/>	Advanced
20	moderador	Alberto	Casas	moderatorpl@hotmail.com	-	<input checked="" type="checkbox"/>	Moderator

Figura 5.10. Panel del administrador, administración de usuarios.

5.4.2 Administración de turnos

En esta sección del sistema el administrador es capaz de ver los turnos requeridos por los usuarios y aceptarlos o rechazarlos. Se permite filtrar los turnos para poder visualizar sólo los pendientes, sólo los rechazados, sólo los aceptados o todos juntos. En caso de que se intente aceptar un turno en el mismo horario que otro ya otorgado, se alerta al administrador que dicha operación no es posible, indicando el número de turno en conflicto.

En la figura 5.11 se muestra la sección de administración de turnos donde se encuentran todos los turnos futuros con los datos del solicitante junto

con la fecha, hora y su estado correspondiente. Es posible cambiar el estado de un turno tantas veces como se crea necesario.

Administración de turnos							
#	Usuario	Nombre	Apellido	Mail	Fecha	Hora	Operación
280	alex	Alex	Boette	alexboette@hotmail.com	2017-10-19	12:00	Accepted
88	gonzalo	Gonzalo	Barranco	gonza@yahoo.com	2017-12-22	18:00	Accepted
89	gonzalo	Gonzalo	Barranco	gonza@yahoo.com	2018-03-18	21:00	Accepted
90	gonzalo	Gonzalo	Barranco	gonza@yahoo.com	2018-04-25	20:00	Accepted
84	gonzalo	Gonzalo	Barranco	gonza@yahoo.com	2017-10-26	20:00	Pending
94	gonzalo	Gonzalo	Barranco	gonza@yahoo.com	2017-11-22	20:00	Pending
85	gonzalo	Gonzalo	Barranco	gonza@yahoo.com	2018-02-01	21:00	Pending
86	gonzalo	Gonzalo	Barranco	gonza@yahoo.com	2018-06-19	21:00	Pending
91	gonzalo	Gonzalo	Barranco	gonza@yahoo.com	2019-04-15	21:00	Pending

Figura 5.11. Panel del administrador, administración de turnos.

5.5 Rastrosoft en modo espectador

Una de las problemáticas que surgieron al momento de plantear el sistema fue la poca interacción del usuario cuando no poseía un turno de utilización. Al tener sólo un telescopio conectado con el sistema, esta situación sería la más frecuente. El usuario que posea el turno en ese momento sería el único que estaría aprovechando la parte más interesante del sistema y los otros sólo verían su panel de usuario. Resultaba evidente la necesidad de solucionar este inconveniente.

La solución planteada consiste en brindar la posibilidad al usuario con el turno activo de transmitir su interacción con el sistema en tiempo real. De este modo el usuario que no posea el turno activo tiene la posibilidad de tener una experiencia de usuario completa. Puede ver lo mismo que está viendo el usuario que manipula el telescopio. Esta solución presenta una nueva problemática en relación a la privacidad y confidencialidad de las capturas astronómicas, la cual es resuelta mediante dos modos de transmisión.



Figura 5.12. Pantalla principal con transmisión activa.

El modo espectador de Rastrosoft se desarrolló de manera en que el espectador pueda ver y sentir la completa interacción con el sistema. No es una transmisión de video, sino que es el mismo *feedback* de las funcionalidades que obtiene el operador con el turno activo. Con la diferencia de que las funcionalidades se encuentran bloqueadas para su ejecución a nivel del servidor. Sólo recibe la información, no la transmite. La figura 5.12 muestra la pantalla de inicio del sistema indicando que se encuentra una transmisión en directo, la cual puede ser accedida cliqueando sobre dicho enlace.

5.5.1 Modo de transmisión privado

En este modo de transmisión se le brinda una clave de acceso al usuario con el turno activo, el cual puede entregársela a un número indefinido de usuarios. Los espectadores deben introducir dicha clave en la pantalla principal del sistema y serán habilitados para apreciar la transmisión e interactuar a través del chat.

Este modo surgió en relación a la sensibilidad en cuanto a la privacidad de algunas sesiones astronómicas. En algunos casos, tales como nuevos descubrimientos, resulta necesario mantener la información privada hasta tanto sea verificada, registrada y publicada.

Para facilitar el acceso de varios usuarios simultáneamente, se agregó la posibilidad de compartir el vínculo de la transmisión con la clave ya incorporada

en el mismo. El usuario sólo debe introducirlo en la barra de direcciones de su navegador.

La figura 5.13 muestra la solicitud de una clave de acceso para una transmisión privada.



Figura 5.13. Pantalla principal con transmisión activa y privada.

5.5.2 Modo de transmisión público

A diferencia del modo de transmisión privado, el modo de transmisión público no exige una clave de acceso. La misma existe, pero se carga automáticamente al momento de acceder a la transmisión para que cualquier usuario pueda observar.

Capítulo 6: Pruebas realizadas

El desarrollo de Rastro se hizo en el marco de la evolución del proyecto “Telescopio Rafael Montemayor”. A partir de la propuesta de esta tesina y la integración de la misma con el proyecto, se realizaron reuniones cada 15 días con todos los integrantes de dicho proyecto en las cuales se mostraba el avance de cada área y se debatían las posibles mejoras respectivamente. De este modo el desarrollo de Rastro tuvo una continua retroalimentación por parte de todo el equipo del proyecto.

Se realizaron todos los requerimientos que el proyecto demandaba e incluso se agregaron varias funcionalidades interesantes no planteadas con antelación. Entre las más importantes de estas funcionalidades extras puedo mencionar la transmisión en directo del manejo del sistema y la interacción mediante un *chat* en tiempo real.

En un principio, por seguridad, se realizaron las pruebas de funcionamiento con un *software* simulador incluido dentro del paquete de librerías de INDI. Dicho *software* permite iniciar un servidor INDI y configurar varios componentes que simulan el funcionamiento de los reales. Los componentes utilizados y simulados para el desarrollo de Rastrosoft fueron *Telescope Simulator*, *CCD Simulator* y *Focuser Simulator*. Dicha simulación se comporta de manera muy similar a como se comportaría un componente físico soportado por el estándar INDI, por lo que el traspaso del funcionamiento simulado al telescopio físico fue casi inmediato.

Luego que las pruebas en el simulador resultaran exitosas se procedió a realizar varias pruebas de funcionamiento en un telescopio comercial perteneciente a la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la Universidad Nacional de La Plata. El modelo específico de este telescopio es *Meade LX200 GPS*. En la figura 6.1 se puede observar una prueba de funcionamiento en el Planetario Ciudad de La Plata, el 22 de mayo de 2017 con dicho telescopio. En esta ocasión se probó que el telescopio respondiera a las señales enviadas por el sistema en cuanto al movimiento de la montura y

entregue los resultados esperados respecto a la posición de las coordenadas ecuatoriales. Además se probó tomar algunas capturas con una cámara CCD, específicamente *Meade Deep Sky Imager*. Las pruebas relacionadas con la montura del telescopio, el *focuser* y la cámara CCD resultaron exitosas.



Figura 6.1. Primeras pruebas de funcionamiento de Rastrosoft.

Al comprobar que el sistema respondía correctamente con todas las indicaciones que se le impartía, se decidió tomar algunas capturas del cielo para corroborar que la cámara CCD estuviera captando de manera correcta. La figura 6.2 muestra dicha prueba el día 3 de julio de 2017. Desafortunadamente se corroboró que la cámara CCD se encontraba dañada.



Figura 6.2. Prueba de funcionamiento de Rastrosoft.

Al haber determinado que la cámara utilizada para realizar las pruebas se encontraba dañada, se procedió a realizar las mismas pruebas con una cámara *Canon EOS 5D Mark III*. Pero esta vez montada sobre el “Telescopio Rafael Montemayor” que requería su colimación¹⁵, por lo que se aprovechó a realizar las pruebas del sistema a la vez que se utilizaban las imágenes captadas para colimar el telescopio. La figura 6.3 muestra dichas pruebas en las instalaciones del Planetario Ciudad de La Plata el 21 de agosto de 2017.



Figura 6.3. Prueba de funcionamiento de Rastrosoft sobre el “Telescopio Rafael Montemayor”.

¹⁵ La colimación consiste en alinear los dos espejos del telescopio para que entregue imágenes nítidas.

Capítulo 7: Conclusiones y trabajos futuros

7.1 Conclusiones

Desde un comienzo el planteo de la realización de esta tesina de grado ha sido un gran desafío. Principalmente por la naturaleza del proyecto, lo que requería una comprensión del tema, la cual yo no tenía. El primer gran inconveniente surgió en torno a determinar las posibles tecnologías para realizar una comunicación con un telescopio robótico, tarea que me tomó alrededor de tres meses. En este proceso fue naturalmente necesario aprender cómo funciona un telescopio y diversos aspectos relacionados con la astronomía y la astrofotografía. Una vez definida la tecnología a utilizar fue necesario hacer la primera “comunicación” para comprobar que era viable. Esas primeras pruebas fueron todo un desafío debido a que no contaba con experiencia en el manejo de tecnologías astronómicas ni en el desarrollo de un sistema web en el lenguaje de programación Java. Por otra parte me encontraba tomando una gran responsabilidad, ya que el desarrollo del sistema Rastro será utilizado por un gran público que requería de dicha herramienta.

La conjunción entre el desafío que presentaba realizar esta tesina y la responsabilidad que se me era otorgada, dieron como resultado en mí un gran deseo por llevarlo a cabo y sentir que no sólo sería útil para concluir mi carrera de grado sino que a su vez será de gran utilidad para la comunidad astronómica y el público en general. Es por este motivo que todo el proceso lo transité pensando en cómo cada decisión influiría en el manejo por parte de los diversos usuarios en un futuro.

La concreción de esta tesina de grado además de resultar una contribución directa a un proyecto de la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, brinda un servicio único a la comunidad en general. Me siento

verdaderamente orgulloso por todo lo que se pudo desarrollar e innovar en esta oportunidad y en la completa predisposición de todo el equipo del “Telescopio Rafael Montemayor” que al igual que sucedió con Rastro, sucedió en las diversas áreas que integran este estupendo equipo.

Se concretó satisfactoriamente el desarrollo de un sistema completo y bien administrado que permite controlar, observar, y participar de sesiones de observación de manera totalmente remota. Acercando de esta manera la astronomía a personas que por limitaciones geográficas o económicas no podrían acceder tan fácilmente. Incluso a personas que no estén totalmente decididas sobre si la astronomía es de su agrado y podrán así tener un acercamiento sencillo y completo, con un mínimo de tiempo y esfuerzo requerido.

El *software* alcanzado con el desarrollo de esta tesina se comparte bajo la licencia *Creative Commons Atribución-CompartirIgual 4.0 Internacional*. Este tipo de licencia permite usos comerciales y adaptaciones de la obra, siempre que se comparta de la misma manera.

Es posible descargar el código del sistema desde el siguiente enlace: <https://github.com/alexb900/rastrosoft>.

7.2 Trabajos futuros

Un trabajo a futuro sumamente interesante sería el desarrollo de una aplicación nativa para teléfonos inteligentes. Si bien es verdad que es posible utilizar Rastro en un teléfono móvil a través del navegador, la fluidez, optimización y experiencia de usuario no se comparan a una aplicación nativa. Ante el eventual avance en torno a la disposición de teléfonos inteligentes, el desarrollo de una aplicación nativa abriría enormemente las posibilidades de utilización de Rastro, evitando la necesidad de disponer de un ordenador convencional para ello.

De igual modo, sería necesaria la inclusión dentro de Rastro de un editor fotográfico con el cual poder ajustar los parámetros visuales de las capturas realizadas sin la necesidad de descargar la imagen y utilizar programas de terceros para ello.

Por otra parte, la completa automatización de sesiones de captura es una funcionalidad pendiente en Rastro. Lograr que el sistema identifique y otorgue

turnos de utilización en base a las sesiones cargadas por los usuarios. Identificando la prioridad del objetivo a visualizar en torno a condiciones del cielo y a las demás solicitudes de visualización. Se requiere desarrollar un módulo capaz de tomar decisiones precisas y certeras dependiendo de las variables disponibles para ello. Unos ejemplos de estas variables podrían ser:

- Ocurrencia de eventos astronómicos específicos.
- Condiciones climáticas actuales y a futuro.
- Posición del planeta Tierra respecto al objetivo, según la fecha.
- Prioridad respecto a la importancia de la visualización.

El desarrollo de dicho módulo permitirá que el sistema funcione completamente autónomo sin la interacción humana una vez cargada la información.

Bibliografía y referencias

- [1] Real Academia Española. (Accedido en 2016). *Definición de astronomía*. Recuperado de: <http://dle.rae.es/?id=46ggSe5>
- [2] Leiva García del Castillo, E. (2016). *Robotización del observatorio solar Helios: Proyecto CESAR*. [Proyecto Fin de Grado]. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela técnica superior de Ingeniería y Sistemas de Telecomunicación, España.
- [3] Schwartz, M., Macedo, K., Zurita, A., Boette, A., Pardini, A., Vilche, E., ... Orellana, M. (2017, octubre). A 45 cm MONSTER. En T. Mateo (Presidencia), 5° Workshop Astrorob: Huelva, España.
- [4] Unsöld, A., Baschek, B. (2013). *The New Cosmos*. Berlín, Alemania: Springer Science & Business Media.
- [5] Montesinos, T., y Marí, A. (2008). *Copérnico y Kepler: vida, pensamiento y obra (Colección Grandes Pensadores)*. Barcelona, España: Editorial Planeta DeAgostini.
- [6] Laurence, B., y Lequeux, J. (2008). Cassini, Rømer and the velocity of light. *Journal of Astronomical History and Heritage*, 11(2), 97–105.
- [7] Durán, A. (2008). *Newton: vida, pensamiento y obra (Colección Grandes Pensadores)*. Barcelona, España: Editorial Planeta DeAgostini.
- [8] Galle, J. (1846, noviembre 13). Account of the Discovery of the Planet of Le Verrier at Berlin. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 7 (9), 153.
- [9] Hawking, S., y Mlodinow, L. (2010). *El gran diseño*. Barcelona, España: Editorial Crítica.

- [10] Domingo, S., y Bassols, L. (2008). *Galileo: vida, pensamiento y obra (Colección Grandes Pensadores)*. Barcelona, España: Editorial Planeta DeAgostini.
- [11] Dumoulin, J. (2001). *STS-31*. NASA. (Accedido en 2017). Recuperado de: <https://science.ksc.nasa.gov/shuttle/missions/sts-31/mission-sts-31.html>
- [12] Landau, E., Chou, F., Washington, D., y Porter, M. (2017). NASA Missions Catch First Light from a Gravitational-Wave Event. *Spitzer Space Telescope*. Recuperado de: <http://www.spitzer.caltech.edu/news/1995-ssc2017-14-NASA-Missions-Catch-First-Light-from-a-Gravitational-Wave-Event>
- [13] Northon, K. (Ed.) (2017). *NASA Releases Kepler Survey Catalog with Hundreds of New Planet Candidates*. NASA. Recuperado de: <https://www.nasa.gov/press-release/nasa-releases-kepler-survey-catalog-with-hundreds-of-new-planet-candidates>
- [14] Straughn, A. (Ed.) (2016). NASA. Webb Update, 20. [Comunicado de prensa]. Recuperado de: <https://jwst.nasa.gov/resources/WebbUpdateSummer2016.pdf>
- [15] Morgan, R. (2011). *Ascom, standard for astronomy. User guide*. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/221889512/ASCOM-Users-Guide>
- [16] Vermeulen, J. (2013). Introduction to D-Bus. (Accedido en 2017). Recuperado de: <https://www.freedesktop.org/wiki/IntroductionToDBus/>
- [17] Sitio oficial de Cartes du Ciel. (Accedido en 2017). Recuperado de: <https://www.ap-i.net/skychart/es/start>
- [18] Garrett, J. (2005). *Ajax: A New Approach to Web Applications*. Adaptive Path LLC. Recuperado de: <http://adaptivepath.org/ideas/ajax-new-approach-web-applications>

- [19] Fette, I., y Melnikov, A. (2011). *The WebSocket Protocol*. RFC 6455 (Proposed Standard). Internet Engineering Task Force. Recuperado de: <http://www.ietf.org/rfc/rfc6455.txt>
- [20] Downey, E. (2007). *INDI: Instrument-Neutral Distributed Interface*. Recuperado de: <http://www.clearskyinstitute.com/INDI/INDI.pdf>
- [21] Documentación oficial de JQuery. (Accedido en 2017). Recuperado de: <http://api.jquery.com/>
- [22] Documentación oficial de JQuery User Interface. (Accedido en 2017). Recuperado de: <http://api.jqueryui.com/>
- [23] Allen, S., y Wells, D. (2005). *MIME Sub-type Registrations for Flexible Image Transport System (FITS)*. RFC 4047. Recuperado de: <http://www.ietf.org/rfc/rfc4047.txt>
- [24] Documentación oficial de Bootstrap. (Accedido en 2017). Recuperado de: <https://getbootstrap.com/docs/4.0/getting-started/introduction/>
- [25] Documentación oficial de Spring Web MVC. (Accedido en 2017). Recuperado de: <https://docs.spring.io/spring/docs/current/spring-framework-reference/web.html>
- [26] Alex, B., Taylor, L., Winch, R., y Hillert, G. (2015). *Spring Security Reference*. Recuperado de: <https://docs.spring.io/spring-security/site/docs/4.2.3.RELEASE/reference/htmlsingle/>
- [27] Hanson, D. (2000). The Client/Server Architecture. En Held, G. (Ed.), *Server Management* (1a ed., pp. 3-14). Boca Raton, Florida: CRC Press LLC.
- [28] Frommert, H., y Kronberg, C. (2007). *History of the Messier Catalog*. Recuperado de: <http://www.messier.seds.org/xtra/history/mcathist.html>