

**ACTUALIZACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL ASTRÓGRAFO DEL
OBSERVATORIO DE YEBES:
2.- SISTEMA DE CONTROL REMOTO PARA LA CÚPULA**

Miguel Cubero Vacas, Alejandro Rivera Lavado.



Informe técnico IT-CDT 2022-4

HISTORIAL DE REVISIONES:

Versión	Fecha	Descripción
1.01.01	20.06.2022	Primera versión
1.01.02	21.06.2022	Cambios menores

ÍNDICE DE CONTENIDOS:

1.- Introducción	3
2.- Arquitectura propuesta	7
3.- Modo de operación	10
4.- Estructura del código: Funcines creadas para la comunicación por radiofrecuencia	12
5.- Medidas de cobertura en el edificio del astrógrafo	13
ANEXO I: Manual de usuario	14
ANEXO II: Conexiones de los arduinos	21
ANEXO III: Presupuesto	22

1.- Introducción.

En el presente documento se presenta el diseño y desarrollo software de un sistema de control remoto basado en Arduino para controlar la apertura y cierre de la cúpula del astrógrafo del Observatorio de Yebes. El sistema constará de sensores de proximidad para determinar el estado (abierta, cerrada, intermedio) para cada una de las dos hojas (figura 1.1). Actualmente, el sistema carece de dichos sensores y requiere la presencia de un operador para su accionamiento manual mediante una botonera (figura 1.2). Así mismo, el sistema permitirá el control remoto de la iluminación de la cúpula. Ello permitirá a un operario remoto observar el estado del instrumento a través de una webcam.

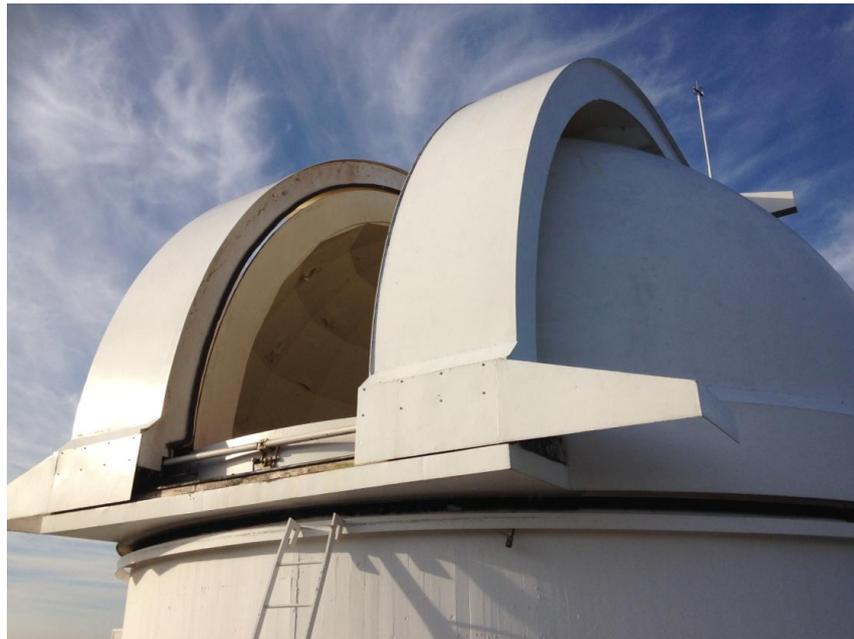


Figura 1.1: Cúpula del astrógrafo. Se aprecian las dos hojas. Éstas son accionadas por cuatro pistones hidráulicos de los cuales solo son visibles en la foto los dos inferiores.



Figura 1.2: Botones para el control de la cúpula. Fuente: [DOC_01]

El trabajo aquí descrito ha sido desarrollado en el contexto de colaboración entre la Universidad de Alcalá de Henares y el Observatorio de Yebes, articulado mediante su programa de prácticas en empresa. Ha sido realizado tras las tareas de reconocimiento y mantenimiento preliminar descritas en el primer informe IT-CDT-2021-17 de Martín-Pérez et al. (2021):

ACTUALIZACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL ASTRÓGRAFO DEL OBSERVATORIO DE YEBES
1.- CONSIDERACIONES PRELIMINARES

Siendo su versión final la 1.02.19, de fecha 03.12.21. En la sección 4 de dicho documento se indican una serie de propuestas de actuación a fin de mejorar las capacidades del instrumento. Las tareas descritas en el presente informe se enmarcan dentro de la tarea T4.0_6.

A fecha de 20.05.22, el instrumento (figura 1.3) permite la observación visual directa y con cámara acoplada. El sistema de control por PC permite el apuntamiento a fuentes pertenecientes a los diversos catálogos disponibles, así como a coordenadas ecuatoriales introducidas en el modo manual. El algoritmo de control, los problemas mecánicos persistentes y el modo de control de los motores impiden una convergencia rápida, eficaz y repetitiva. En algunas regiones de la esfera celeste, se requiere que el usuario realice el último paso del centrado de la fuente manualmente, observando desde el buscador pequeño. EN ESTE PUNTO, SE RECOMIENDA EL USO DEL INSTRUMENTO TAN SOLO PARA TAREAS DE MANTENIMIENTO Y PARA OBSERVACIONES SUPERVISADAS, TAN SOLO POR PERSONAL DEL OBSERVATORIO DE YEBES QUE ESTÉ AL CORRIENTE DE LA SITUACIÓN EXACTA DEL INSTRUMENTO Y QUE HAYA RECIBIDO EL APROPIADO ENTRENAMIENTO.

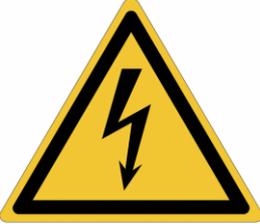


Figura 1.3: Astrógrafo doble (fecha: 20 de mayo de 2022).

1.1.- Consideraciones principales:

Nota: la utilización del astrógrafo y/o la manipulación de alguno de sus subsistemas durante las tareas de mantenimiento requiere especial precaución, dado que puede que en momentos puntuales alguna protección pueda estar deshabilitada. NO MANIPULE NINGÚN EQUIPO SALVO QUE SEPA LO QUE ESTÁ HACIENDO Y SEA CONSCIENTE DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL MISMO.

Durante las tareas de mantenimiento:

	Algunas protecciones mecánicas pueden haber sido temporalmente retiradas.
	Algunos finales de carrera son defectuosos. Riesgo de aplastamiento o colisión al mover la plataforma y/o el astrógrafo.
	Riesgo de electrocución y de incendio por elementos eléctricos en mal estado. Los difusores de luz de la iluminación de la cúpula han sido retirados quedando visibles las escobillas y las guías de la toma de 380 V de la cúpula.

NUNCA DEJAR LAS INSTALACIONES DESATENDIDAS SIN HABER CORTADO EN EL CUADRO PRINCIPAL LA ALIMENTACIÓN DE LOS SIGUIENTES SUBSISTEMAS:

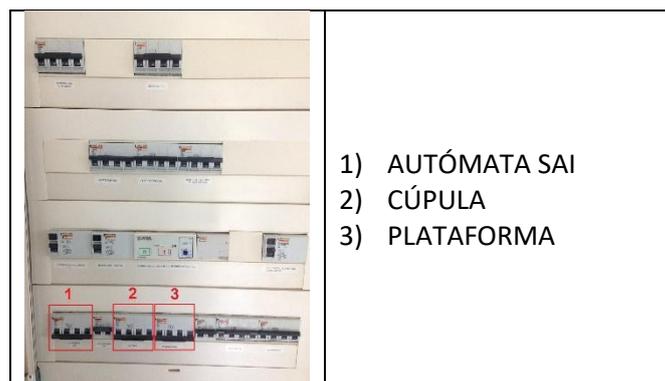


Figura 1.1.1: vista del cuadro principal. Se marcan los tres magnetotérmicos que deben quedar bajados siempre que el astrógrafo o sus instalaciones estén desatendidas.

1.3.- Otras consideraciones:

Los siguientes aspectos deben ser tenidos en cuenta ante una previsible puesta en marcha y operación futura del astrógrafo. Han sido identificados tras la evaluación preliminar de la documentación y de las instalaciones del instrumento. Alguna de las siguientes líneas de actuación puede ir más allá del ámbito abarcado por este documento:

- Estado de salud del sistema eléctrico: evaluación preliminar de la salud de todos los cables (especialmente del cableado eléctrico rígido y de su aislante) y las conexiones, buscando en una selección de conexiones y empalmes restos de óxido y/o carbonilla.
- Evaluación de medidas de detección, aviso y extinción de incendios en las instalaciones.
- Búsqueda y evaluación de posibles goteras en el edificio.
- Reacondicionado de la pintura del edificio (especialmente la de la cúpula, sobre la superficie de aislante Porexpan).
- Control de plagas. Se han encontrado animales dentro del edificio que pueden suponer un riesgo para determinadas personas (escolopendras, lagartos, avispas y avispones). **Se requiere extrema cautela al acceder a la terraza (hay nidos de avispas bajo el suelo) y al manipular las canalizaciones de cables.**

1.4.- Histórico del astrógrafo y documentación:

Las siguientes fechas resultan relevantes para los trabajos descritos en el presente informe. La lista indicada a continuación puede no contener una lista completa de las tareas de mantenimiento realizadas sobre el instrumento o las instalaciones.

1976	Puesta en marcha inicial. Documentación relevante: Manual de usuario y documentación original (biblioteca del centro, carpeta AAAA).
1995/97	Actualización del sistema de control (empresa XXXX). Notas a mano sobre la documentación original (biblioteca del centro, carpeta AAAA).
2004	Actualización del sistema de control (empresa: SETELSA, contacto: Inmaculada Malo Gómez).
2010?	Actualización.
2011?	Último uso del astrógrafo.
2021	Reacondicionamiento del astrógrafo (Inicio: julio de 2021).

Es relevante para el contenido del presente informe la siguiente documentación:

DOC_01	ACTUALIZACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL ASTRÓGRAFO DEL OBSERVATORIO DE YEBES. 1.- CONSIDERACIONES PRELIMINARES (Última versión: 1.02.19. Fecha: 03.12.21). Disponible en formato electrónico.
DOC_02	Manual de usuario de 2010. Disponible en formato papel en la sala de control del astrógrafo.
DOC_03	Esquemáticos y diagramas mecánicos, eléctricos y electrónicos originales de Carl Zeiss. Ver carpetas en la biblioteca
DOC_04	M. McCauley. "RadioHead Packet Radio library for embedded microprocessors". https://www.airspayce.com/mikem/arduino/RadioHead/ (accedido el 21 de abril de 2022).
DOC_05	"Arduino Ethernet Library". Arduino. https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/ethernet/ (accedido el 19 de abril de 2022).
DOC_06	"Carlo Gavazzi Inductive Sensor". KRC Main. http://www.krc2u.co.kr/product/cg/carlogavazzi_inductive.html (accedido el 25 de mayo de 2022).

2.- Arquitectura propuesta

La figura 2.1 muestra el diagrama de bloques de la arquitectura propuesta. Es sistema de control se basa en un enlace inalámbrico entre dos dispositivos transceptores, uno fijo instalado en el propio edificio (izquierda) y otro móvil que, al estar instalado en la cúpula, rota con ésta (derecha). Se desea garantizar una comunicación bi-direccional sin pérdidas independientemente de la posición en la que se encuentre la cúpula. Ésta puede rotar libremente en ambos sentidos (horario y anti-horario) un número ilimitado de vueltas, lo que ha descartado desde el principio una comunicación cableada.

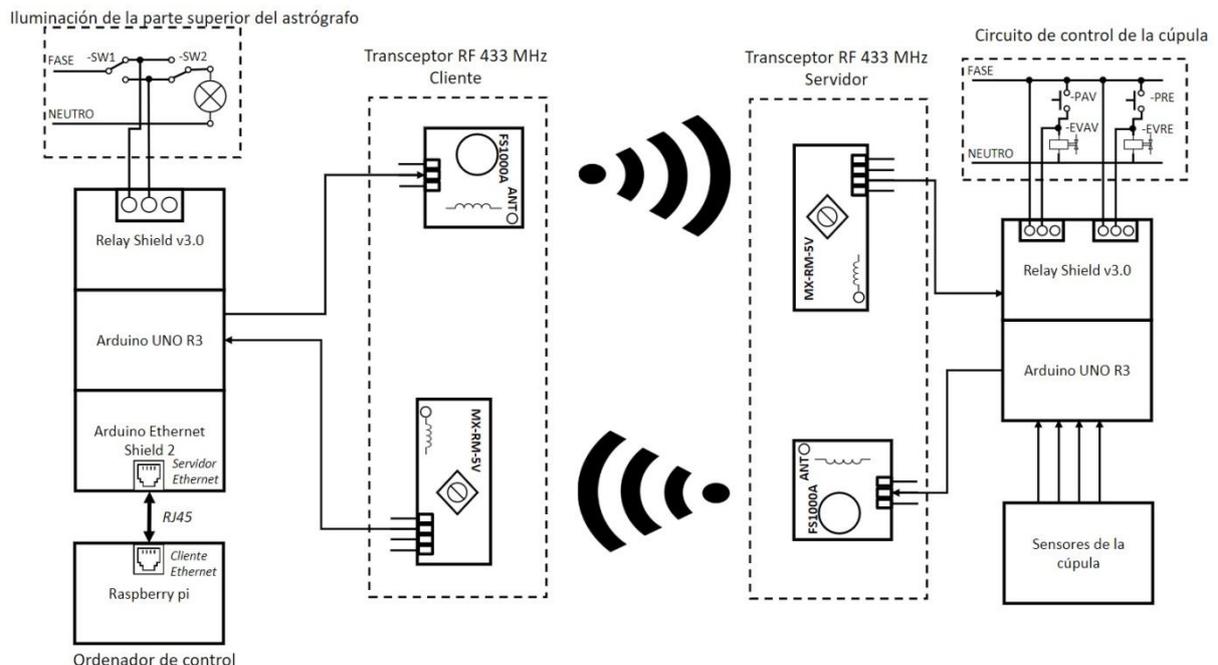


Figura 2.1: Diagrama de bloques de la arquitectura de comunicaciones.

Extremo fijo (edificio):

Se plantea una conexión Ethernet entre una Raspberry Pi conectada al ordenador de control y uno de los dos módulos Arduino UNO (figura 3, izquierda), al que se le incorpora un Arduino Ethernet Shield 2 que realiza la función de NIC (Network Interface Controller). La Raspberry actuará de cliente, de forma que pueda solicitarle al Arduino (servidor) las siguientes acciones:

- Abrir la cúpula.
- Cerrar la cúpula.
- Comprobar estado de la cúpula.
- Encender o apagar las luces de la parte superior del astrógrafo.
- Apagar las luces de la parte superior del astrógrafo.
- Comprobar el estado de las luces de la parte superior del astrógrafo.

A este módulo de Arduino se le conecta un transceptor de radiofrecuencia de 433 MHz, formado por un transmisor unidireccional FS1000A y un receptor unidireccional XY-MK-5V. Además, incorpora un módulo de expansión con relés (Relay shield v.3.0), encargado de controlar las luces de la parte superior del astrógrafo, un conjunto de bombillas de casquillo grueso (220 V) conectadas en paralelo e instaladas a lo largo del perímetro de la cúpula, puentando las dos líneas que unen los dos conmutadores de la instalación original. Éste se situará en una posición fija encima de la caja que contiene el interruptor de iluminación. Este actúa como cliente en la comunicación por

radiofrecuencia, de forma que, cuando la Raspberry Pi se lo solicite a este, enviará de forma inalámbrica al otro las órdenes de abrir, cerrar o monitorizar el estado de la cúpula.

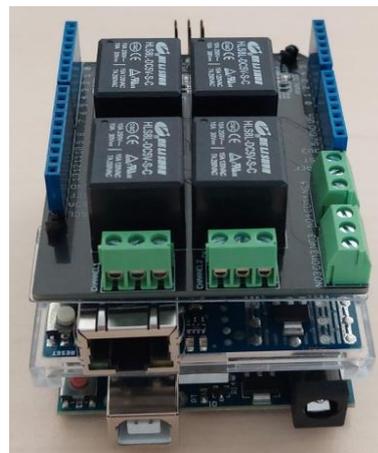


Figura 2.2: Instalación del módulo arduino fijo. Se ha instalado en un carril DIN, junto al contactor trifásico que enciende el grupo de presión hidráulico, encima de la botonera de control.

En la Figura 2.3a se puede apreciar, en lo alto, un shield Ethernet. Debajo de éste están el shield de relés y el Arduino UNO.



(a)



(b)

Figura 2.3: Arduinos con sus módulos de expansión correspondiente. (a) Arduino cliente con Relay Shield v3.0 y Ethernet shield 2. (b) Arduino servidor con Relay Shield v3.0

Extremo móvil (cúpula):

El otro módulo Arduino contiene un transceptor de RF de 433 MHz idéntico al otro, con el objetivo de que ambos Arduinos puedan comunicarse de forma inalámbrica. A su vez, a este módulo también se le conecta un Relay Shield v3.0 para realizar la función de control de la cúpula. Posteriormente se le conectarán los cables provenientes de los sensores de la cúpula con el objetivo de monitorizar el estado de la misma.

Éste módulo se posicionará detrás de los botones para el control de la cúpula (Figura 1.2) y girará con la cúpula con el propósito de mantener conectado uno de los relés a los cables de control de la cúpula y algunas de las entradas digitales del Arduino UNO a los cables de los sensores. Este módulo

actúa como servidor en la comunicación por radiofrecuencia, de forma que, cuando reciba las órdenes de abrir o cerrar la cúpula se encargue de llevarlas a cabo. Además, cuando reciba la orden de comprobar el estado de la cúpula, este comprobará la información de los sensores y se la enviará al otro Arduino.

En la Figura 2.3b se aprecia el módulo de expansión con relés conectado a una placa Arduino.

Conexión con los actuadores:

En la Figura 2.1 se muestra cómo se conecta el relé del Arduino cliente RF a la iluminación de la cúpula. Esta conexión se realiza así con el objetivo de poder seguir controlando la luz con los interruptores anteriormente presentes. Con ella, si el relé está abierto, la luz estará en el estado definido por los interruptores. Sin embargo, si este está cerrado, la luz estará encendida independientemente del estado de los interruptores físicos.

También se pueden visualizar las conexiones de los contactos de los relés del Arduino servidor RF a las electroválvulas de cierre de la cúpula o avance de los cilindros (EVAV en el esquema) y de apertura de cúpula o retroceso de los cilindros (EVRE en el esquema). Como puede apreciarse, estos contactos están en paralelo con los antiguos pulsadores para permitir mantener la funcionalidad original.

Módulos RF:

Los transmisores y receptores de RF se representan de forma esquemática en la figura 2.1, de forma que el pin que aparece conectado es el pin de señal, mientras que los pines de alimentación son en ambos casos los pines exteriores.

Sensores de proximidad:

Los sensores de proximidad (figura 2.4) utilizados para controlar la apertura de la cúpula corresponden a sensores inductivos de referencia XS630B2PAL01M12. Debe tenerse en cuenta que estos sensores poseen salida PNP en colector abierto, por lo que proveerán un nivel lógico alto en su salida cuando realicen la detección de algún objeto por proximidad, tras colocar una carga entre la pata de señal (A) y la de GND (L-).

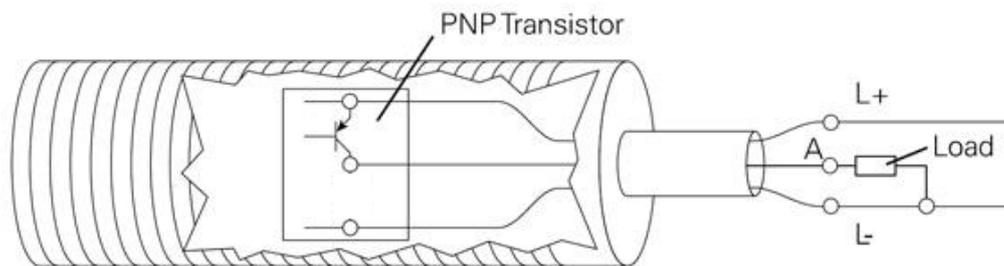


Figura 2.4: Diagrama explicativo del funcionamiento de un sensor inductivo con salida PNP en colector abierto. 'A' corresponde al cable de señal y 'L+' y 'L-' a los cables de alimentación positivo y negativo, respectivamente. Fuente: [DOC_06]

3.- Modo de operación:

Comunicación Ethernet

Para crear la comunicación Ethernet entre la Raspberry Pi y el módulo Arduino correspondiente se utiliza la librería Ethernet (véase [DOC_05]).

En primer lugar, para llevar a cabo la creación de la comunicación debe inicializarse la conexión Ethernet. Tras ello, se inicializa el servidor, presente en el Arduino. Una vez realizado este procedimiento, se pasa al bucle principal. En el bucle principal se crea un cliente web asociado al servidor, esto se hace en cada iteración del mismo tras realizar la comprobación de disponibilidad del mismo. Posteriormente, se comprueba que el cliente esté disponible, esto es, que se haya inicializado correctamente y esté operativo. En ese caso, el servidor web espera a recibir una petición del cliente (la Raspberry Pi). Tras recibir una petición, se evalúa cuál de las órdenes ha sido la que se ha recibido. Estas órdenes se corresponden con las que aparecen listadas en la sección 2. Finalmente, se cierra la conexión con el cliente y se finaliza el bucle, con el objetivo de que cuando vuelva a iniciarse la ejecución de este, vuelvan a realizarse las comprobaciones anteriormente mencionadas y se establezca correctamente la conexión.

Comunicación por radiofrecuencia

Para la comunicación por radiofrecuencia de 433 MHz, se utiliza la librería de terceros RadioHead (véase [DOC_04]). Además, se crean las funciones definidas en la sección 4 con el objetivo de optimizar la eficiencia de la transmisión, minimizando el número de paquetes perdidos en la comunicación.

La comunicación tiene carácter unidireccional si el Arduino cliente recibe las órdenes de abrir o cerrar la cúpula. En este caso, cuando este recibe la petición correspondiente por Ethernet, envía a través de su transmisor RF el código correspondiente a esa orden. El Arduino servidor permanece escuchando durante todo el tiempo de ejecución hasta que recibe una orden. En el momento en que recibe una orden de abrir o cerrar la cúpula, conmuta el relé correspondiente para llevar a cabo esta acción. Para minimizar la pérdida de datos, el Arduino maestro envía la orden un número de veces configurable y espera entre cada envío una cantidad de tiempo también configurable. Esto lo hace a través de la función `send_custom`, cuyo funcionamiento se detalla en la sección 4. El diagrama temporal de la Figura 3.1a ilustra un ejemplo de esta comunicación, en la que se aprecia cómo en el instante temporal "2" el cliente comienza a enviar el código (denominado "BUF") y, tras un tiempo determinado el servidor lo recibe. Nótese que en este ejemplo el número de reintentos es 2.

Por otro lado, si la orden recibida por Ethernet es la de comprobar el estado de la cúpula, la comunicación es bidireccional. De manera análoga al caso unidireccional, cuando el Arduino cliente recibe la petición por Ethernet envía el paquete de datos correspondiente. Una vez ha enviado el paquete, este comienza a escuchar, esperando la recepción de un dato. El tiempo que este Arduino espera hasta recibir un dato es configurable por el usuario. Si se agota el tiempo y no ha recibido el dato, vuelve a realizar el mismo procedimiento un número de veces también configurable con el usuario. Si recibe el dato, finaliza la rutina de ejecución de la función. Este procedimiento se realiza mediante una llamada a la función `sendtoWait_custom`, cuyo modo de operación se detalla en la sección 4. En el caso del Arduino servidor, cuando recibe en su módulo receptor la petición correspondiente, envía mediante su transmisor el dato que contiene el estado actual de la cúpula.

Para reducir la posibilidad de perder el paquete enviado por el servidor, este se envía varias veces y con un tiempo de espera entre envíos configurable al igual que en el caso unidireccional, haciendo

uso de la función *send_custom*. La Figura 3.1b ilustra un ejemplo de la comunicación bidireccional en el que el número de reintentos, tanto del servidor como del cliente, es de 2.

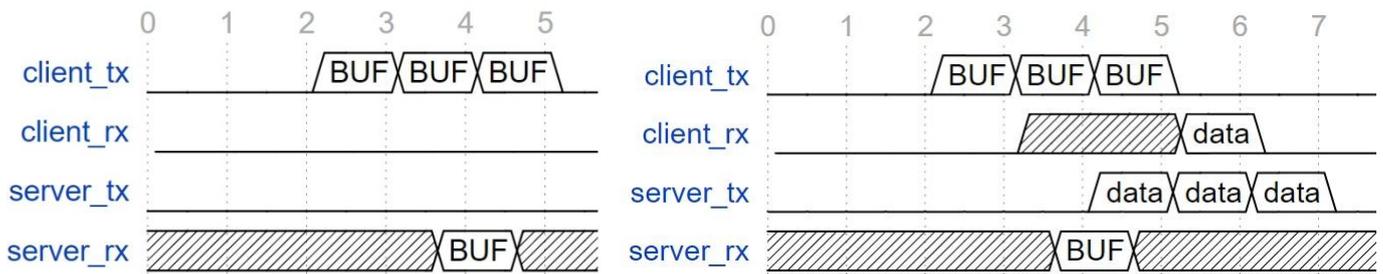


Figura 3.1: Cronogramas de ejemplo de las comunicaciones RF. (a) Comunicación unidireccional. (b) Comunicación bidireccional. Nota: Las zonas rayadas representan que ese receptor está esperando a recibir un paquete (escuchando).

En esta solicitud, se transmitirá la cadena "OP" si la cúpula está abierta, "CL" si está cerrada y "NA" si está en un estado intermedio.

4.- Estructura del código: Funciones creadas para la comunicación por radiofrecuencia

sendtoWait_custom(uint8_t* buf, uint8_t len, uint16_t timeout, uint8_t retriesnumber, uint8_t* msg, uint8_t* msglen)

Esta función envía un mensaje a través del transmisor RF y escucha el número de ms definido por timeout. Si no hay un mensaje en el receptor en el tiempo previsto, se envía de nuevo y comienza el tiempo de escucha. Esto se hará en tantas ocasiones como se hayan fijado en retriesnumber.

Parámetros

- buf – Puntero a la variable a enviar. Nota: debe utilizarse como variable (no como dirección de memoria) cuando se realice la llamada a la función.
- len – Tamaño del array buf.
- timeout – Tiempo de espera en milisegundos. Esto es, tiempo durante el que el receptor estará escuchando a la espera de un nuevo mensaje.
- retriesnumber – Número de reintentos de reenvío del mensaje si este no ha sido recibido.
- msg – Puntero a la variable que almacena el mensaje recibido. Nota: utilícelo como variable (no como dirección de memoria) cuando realice la llamada a la función.
- msglen – Puntero a la variable que contiene la dirección de memoria del array msg.

send_custom(uint8_t* buf, uint8_t len, uint16_t timeout, uint8_t retriesnumber)

Esta función envía un mensaje a través del transmisor RF y espera el número de ms definido por timeout para enviar de nuevo el mensaje. El mensaje se reenviará tantas veces como se hayan fijado en retriesnumber.

Parámetros

- buf – Puntero a la variable a enviar. Nota: debe utilizarse como variable (no como dirección de memoria) cuando se realice la llamada a la función.
- len – Tamaño del array buf.
- timeout – Tiempo de espera en milisegundos. Esto es, tiempo que se esperará tras enviar un mensaje.
- retriesnumber – Número de reintentos de reenvío del mensaje.

5.- Medidas de cobertura en el edificio del astrógrafo:

Se ha determinado la probabilidad de error en la comunicación en entorno relevante (en la cúpula del astrógrafo). Una comunicación satisfactoria comprende el envío de un comando desde el cliente hasta el servidor y de una confirmación (u ACK) desde el servidor hasta el cliente. Un error de comunicación implica la no recepción del comando en el servidor o del ACK en el cliente. En cada medida, se han realizado 30 intentos de comunicación, contabilizando el número de errores para estimar la probabilidad de error (Pe).

La Tabla 1 muestra el número de errores de transmisión bidireccional tomadas con el módulo cliente en una posición fija, en la consola de control y el servidor en 18 puntos a lo largo del perímetro de la cúpula. La distancia angular media entre medidas es de 20 grados. En cada punto se han realizado dos ciclos de medida con 30 intentos cada uno. Por ello, en la tabla aparecen dos columnas para los errores, las probabilidades de error y los números de intentos. Estas corresponden a los ciclos de medida 1 y 2.

La columna “uPe” hace referencia a la probabilidad media de error de los dos ciclos. Nótese que para representar este parámetro con dos cifras decimales se ha realizado en los casos necesarios un redondeo por exceso.

Cabe mencionar lo siguiente:

- Durante las medidas la cúpula estaba en su posición de reposo (apertura al norte).
- Las medidas 16 y 15 fueron tomadas en la escalera, a una cota inferior a la del resto.
- No se optimizaron ni las antenas (que fueron de tipo monopolo) ni su posición u orientación relativa.
- Estas medidas son un caso peor.

PUNTO	ERRORES 1	ERRORES 2	Pe-1	Pe-2	uPe	N-1	N-2
1	0	0	0,00	0,00	0,00	30	30
2	8	7	0,27	0,23	0,25	30	30
3	9	10	0,30	0,33	0,32	30	30
4	5	3	0,17	0,10	0,13	30	30
5	0	1	0,00	0,03	0,02	30	30
6	4	1	0,13	0,03	0,08	30	30
7	2	5	0,07	0,17	0,12	30	30
8	4	6	0,13	0,20	0,17	30	30
9	10	11	0,33	0,37	0,35	30	30
10	0	0	0,00	0,00	0,00	30	30
11	1	0	0,03	0,00	0,02	30	30
12	7	10	0,23	0,33	0,28	30	30
13	1	3	0,03	0,10	0,07	30	30
14	2	3	0,07	0,10	0,08	30	30
15	8	8	0,27	0,27	0,27	30	30
16	13	13	0,43	0,43	0,43	30	30
17	2	0	0,07	0,00	0,03	30	30
18	1	0	0,03	0,00	0,02	30	30
			MIN:	0,00	0,00	0,00	
			MEDIA:	0,14	0,15	0,15	
			MAX:	0,43	0,43	0,43	

Tabla 5.1: Resultados obtenidos en las medidas de cobertura sobre el perímetro de la cúpula del astrógrafo.

La principal conclusión de este estudio es que es posible establecer una comunicación bidireccional fiable entre ambos dispositivos.

ANEXO I: Manual de usuario

A.I.1.- Consideraciones de seguridad:

TENGA PRESENTE LAS PRECAUCIONES, PROTECCIONES DESHABILITADAS Y RIESGOS ESPECIFICADOS EN ESTE DOCUMENTO DURANTE OPERACIÓN DEL INSTRUMENTO, ESPECIALMENTE SI HAY TAREAS DE MANTENIMIENTO EN CURSO O PENDIENTES.

EN CASO DE CONFLICTO, CUALQUIER INDICACIÓN DEL DOCUMENTO MÁS RECIENTE PREVALECE SOBRE LA DE OTRO MÁS ANTERIOR. ASEGURESE DE DISPONER DE LA ÚLTIMA VERSIÓN.

CUALQUIER INDICACIÓN DEL SERVICIO DE PREVENCIÓN DE RIEGOS LABORALES PREVALECE ANTE CUALQUIER INFORMACIÓN DE ÉSTE. EN CASO DE DUDA, NO OPERE EL INSTRUMENTO.

Preste especial atención durante la operación del instrumento, tanto sobre usted como sobre aquellas personas que le acompañen. Tenga en cuenta la existencia de los siguientes riesgos:

- Riesgo eléctrico: Algunas protecciones pueden estar retiradas, exponiendo conductores con tensiones peligrosas (220 V y 380 V). Algunos de los componentes eléctricos deben ser reemplazados.
- Riesgo de caída: Utilice el acceso a la plataforma que sea más conveniente dependiendo de su posición. Asegure el resto de los accesos con las cadenas, en ambas barandillas.
- Riesgo de aplastamiento: Tenga especial cuidado al mover tanto el astrógrafo como la plataforma. Realice una inspección visual directa. Verifique la posición de las personas presentes, escaleras, cables y cualquier otro elemento al alcance de las partes móviles. No se permite el movimiento remoto (desde el software de control) si la plataforma no está en su posición más baja.
- Riesgo de colisión: verifique visualmente la trayectoria del astrógrafo anticipándose a cualquier posible colisión. Tenga especial cuidado en los movimientos manuales.



Al finalizar, el instrumento debe quedar en la misma posición en la que estaba. Salvo la orientación de la cúpula, el resto de los elementos debe quedar tal y como se encontraron. La cúpula debe quedar cerrada. En caso de que no sea posible su cierre o se detecte cualquier anomalía en las instalaciones, se debe notificar mediante correo electrónico (a.rivera@oan.es, m.perez@oan.es).

SI SE DETECTA CUALQUIER ANOMALÍA EN EL FUNCIONAMIENTO, NO CONTINUE OPERANDO. DESCONECTE TODO E INFORME POR CORREO ELECTRÓNICO.

NO SUBA GRUPOS DE PERSONAS A LA PLATAFORMA. NO PONGA EN MARCHA LA PLATAFORMA CON UN GRUPO DE PERSONAS. La carga máxima de ésta no está determinada.

EN LAS CIRCUNSTANCIAS ACTUALES, NO SE RECOMIENDA EL USO DEL INSTRUMENTO SIN APOYO TÉCNICO.

A.I.2.- Descripción de las instalaciones:

Localice los siguientes elementos en la **planta baja**:

- Cuadro eléctrico principal:

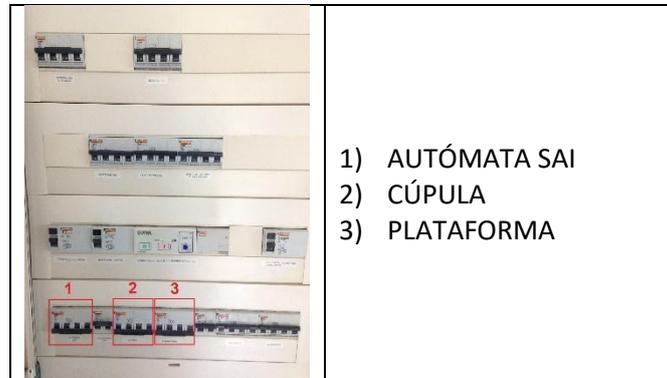


Figura A.I.1: Vista del cuadro principal. Se marcan los tres magnetotérmicos que deben quedar bajados siempre que el astrógrafo o sus instalaciones estén desatendidas.

- Cuadros eléctricos de la cúpula y la plataforma; bastidor del automático (rack de 19''):

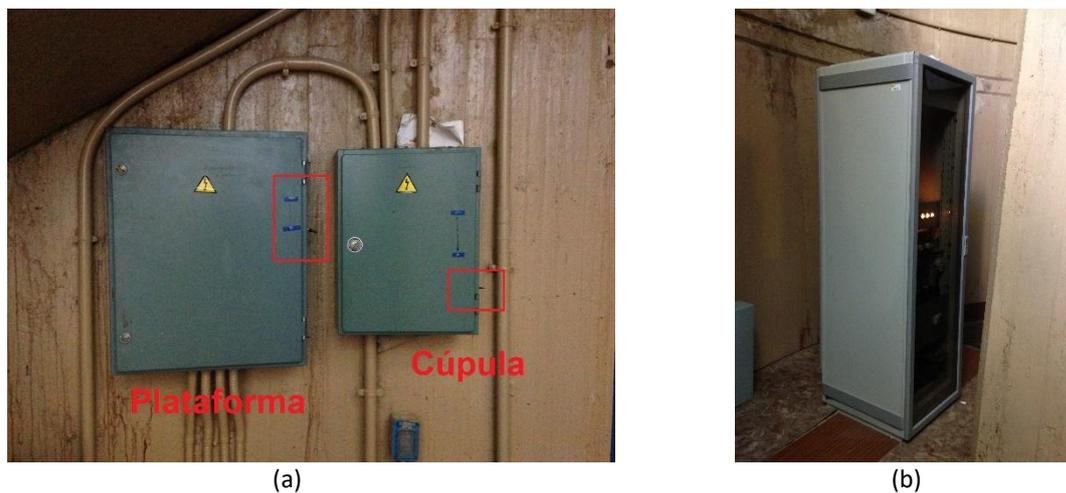


Figura A.I.2: Cuadros eléctricos de la plataforma y de la cúpula (a) y bastidor del automático (b)

- Ordenador de control:



Figura A.I.3: PC de control.

En la **planta superior**:

- Control manual del movimiento y apertura de la cúpula:

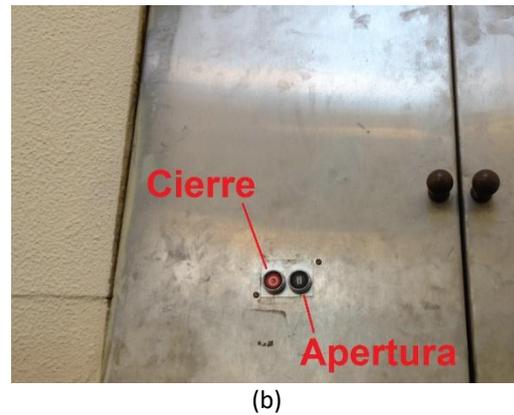


Figura A.I.4: Control de movimiento de la cúpula y de encendido de la bomba de apertura (a) y botones de apertura y cierre (b).

- Controles manuales: Consola y mando:

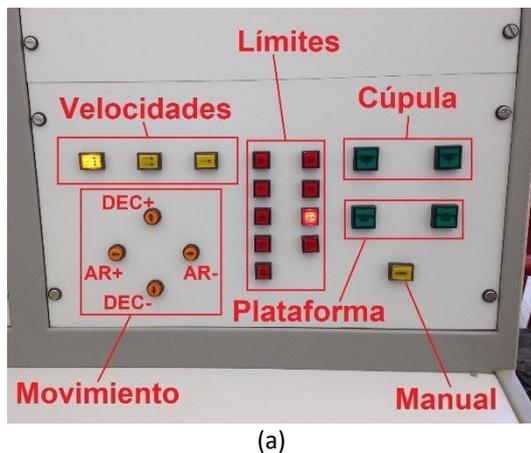


Figura A.I.5: Consola (a) y mando (b) para el control manual del astrógrafo.

En el **exterior**:

- Escalera de acceso a la cúpula:

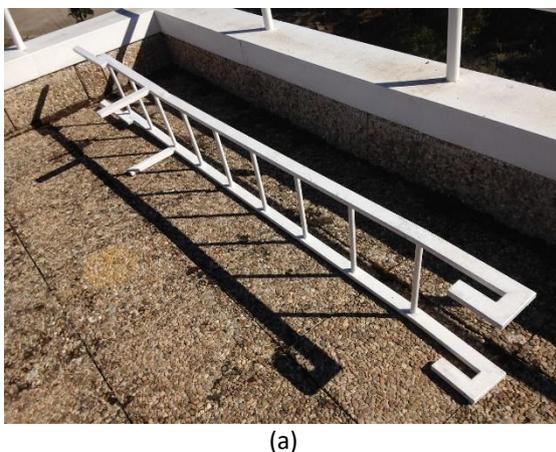


Figura A.I.6: Escalera de acceso a la cúpula (a). Dicha escalera se acopla al primer peldaño de la escalera de la cúpula. Durante el uso del astrógrafo, la escalera debe estar retirada y tumbada en la terraza, tal y como se muestra en la figura A.I.6a. **NO INTENTE SUBIR A LA CÚPULA.**

A.1.3.- Puesta en marcha:

Para ello, siga en orden los siguientes pasos:

- Anote fecha y hora de uso en las hojas de uso. Notifique por correo electrónico cualquier incidencia o cambio que aprecie en el equipo y/o en las instalaciones.
- Suba los magnetotérmicos 1), 2) y 3) del cuadro principal (ver Figura A.1.1)
- Encienda los cuadros eléctricos de la cúpula y la plataforma mediante los interruptores del costado derecho de cada cuadro (ver figura A.1.2a). Oirá el zumbido de los contactores.
- En el bastidor de 19" (Figura A.1.2b), lleve el interruptor principal a su posición de encendido, moviendo la palanca negra desde "0" hasta "I".
- Pulse el botón circular verde ubicado a su derecha. Deberían encenderse las tres bombillas R, S y T indicando que la alimentación es correcta.
- Asegúrese de que no ha saltado ningún magnetotérmico de los mostrados en la figura A.1.8. De haber saltado alguno, vuelva a subirlo. No insista si pasa más de tres veces seguidas.
- Espere 1 minuto. Asegúrese de que el módem (situado a la derecha del PC de control tiene el LED verde encendido). Encienda el PC de control. Inicie sesión (usuario: administrador; contraseña: astrógrafo).
- Suba a la primera planta. Salga a la terraza. Verifique que la escalera de subida a la cúpula está tumbada en el suelo de la terraza.
- Vuelva dentro. Inspecciones visualmente el equipo verificando que está en la posición de reposo (figura A.1.7). Todos los oculares y tubos deben estar tapados. La plataforma debe estar en su posición inferior.



Figura A.1.7: Posición de reposo del instrumento. Vista desde la consola (a) y desde la escalera (b). Se aprecia que los tubos están ligeramente inclinados, protegiendo la apertura de éstos ante caída de placas de pintura. El límite δ - debe estar encendido en la consola. El eje de declinación debe de estar paralelo al suelo.

- Accione manualmente la cúpula (ver Figura A.1.4a). Permita al menos una vuelta completa observando que gire fluidamente en todo el recorrido.
- Abra la cúpula. Para ello, encienda la bomba hidráulica (figura A.1.4a) y mantenga pulsado el botón negro "I" de apertura (Figura A.1.4b). La apertura total debería tomar 1 minuto y 45 segundos. Si el movimiento no es lento pero suave, no continúe. Intente cerrar (ver sección A.1.5) y notifique la incidencia.
- Inicie la operación con el software de control. Para ello, ejecute *Aster6* desde el acceso directo del menú inicio del PC de control. Tenga en cuenta la nomenclatura del instrumento:
 - Ascensión recta: alfa (α) y/o tau (τ).
 - Declinación: delta (δ).

A.1.4.- Uso del instrumento:

Abra las tapas de aquellos telescopios que vaya a utilizar. Retire los tapones de los oculares. Deben ser colocados de nuevo tras acabar las observaciones.

A.1.4.1.- Seguimiento automático:

Si desea que el instrumento haga un seguimiento de la fuente compensando la rotación de la tierra, deberá asegurarse que el magnetotérmico recuadrado en rojo en la Figura A.1.8 esté levantando.



Figura A.1.8: Magnetotérmico del motor de seguimiento (velocidad constante ajustada por un variador instalado en la parte trasera del bastidor) para la compensación de la rotación de la tierra, marcado con el recuadro rojo.

A.1.4.2.- Software de control:

IMPORTANTE: AL SELECCIONAR UNA FUENTE, VERIFIQUE PRIMERO QUE LA ESCALERA DE LA PLATAFORMA ESTÁ ALEJADA DEL INSTRUMENTO. TENGA ESPECIAL CUIDADO EN NO DEJAR DICHA ESCALERA PRÓXIMA AL INSTRUMENTO AL CAMBIAR DE FUENTE PARA EVITAR RIESGO DE COLISIÓN.

El software de control Aster6 permite seleccionar fuentes de diversos catálogos para apuntar el instrumento. Debido al algoritmo de convergencia actualmente implementado, la puntería no es muy buena, por lo que puede ser necesario un apuntamiento manual observando desde el ocular del buscador pequeño y actuando sobre el mando del astrógrafo (Figura A.1.5b). Para apuntar el telescopio:

- Tras lanzar el programa, haga click en el botón aceptar del aviso que aparece al inicio.
- Seleccione "Control -> Otras variables (X-Y, Atmósfera, etc.)". Se recomienda establecer una tolerancia de seguimiento de cúpula de 2 grados, introduciendo el número y haciendo click en "OK".
- Seleccione "Catálogo -> Sistema Solar". Seleccionar catálogo deseado (ej.: "Sistema Solar").
- Seleccione, "Control -> Fuente". Se muestra una nueva ventana que depende del Catálogo seleccionado (ej.: el del sistema solar permite seleccionar un planeta haciendo click en el "OK" correspondiente).
- Se cargan los datos de ascensión recta y elevación en la parte superior derecha de la ventana.
- Al hacer click en "Cargar y Alfa y Delta" se inicia el movimiento. Primero converge con la alta velocidad y, finalmente, con la baja velocidad. Si se demora demasiado, se puede interrumpir el proceso con el botón "Stop".
- Seleccionando "Control -> Seguimiento CUPULA" la cúpula seguirá al astrógrafo.

- Seleccionando “Control -> Raquetas” se muestran los botones para un control manual del astrógrafo, cúpula y plataforma desde el software.

A.I.4.3.- Apuntamiento fino manual:

Se recomienda centrar la fuente en la retícula del objetivo del buscador pequeño jugando con el mando del astrógrafo, una vez haya convergido el software o se haya pulsado “Stop”. Una vez centrado, debería verse en el buscador grande sin problemas. De no ocurrir así, verifique que

A.I.4.4.- Posibles problemas:

Debido a la situación actual del instrumento, pueden sucederse los siguientes problemas (o combinación de problemas) que dificulten su uso. Esta lista no es exhaustiva y depende de tareas de mantenimiento en curso o futuras:

- A veces falla el movimiento de la ascensión recta y/o la declinación en un solo sentido: Posible bloqueo del final de carrera óptico de la Figura 2.2.10 (ver tarea T2.2_15). Se soluciona apretando ligeramente el sensor, hasta que se encienda su LED rojo. Se verifica el correcto funcionamiento acercando la mano y escuchando un relé que se acciona en el rack de 19”.
- Bloqueo de algún motor de algún eje y/o ruido anómalo con o sin movimiento al intentar mover: Verificar que todos los magnetotérmicos de la Figura A.I.8 estén subidos (excepto el marcado en rojo si no se quiere compensar la rotación de la tierra).
- Bloqueo de los dos ejes del astrógrafo, pero no se enciende ningún límite en la consola. Todos los magnetotérmicos de la figura A.I.8 están subidos. **NOTA: se ha suprimido el detector de colisión (Figura A.I.9). La línea liberada se utilizará para implementar una seta de parada de emergencia a ubicar en la consola principal (Figura A.I.5a).**
- Fallo de comunicación con el controlador/autómata: verifique en el Rack que todos los magnetotérmicos de dos polos están subidos. Espere de 2 a 4 minutos. Si el problema persiste, apague y vuelva a encender el autómata bajando, esperando 30 segundos y volviendo a subir el magnetotérmico de cuatro polos 1) del cuadro principal (Figura A.I.1).

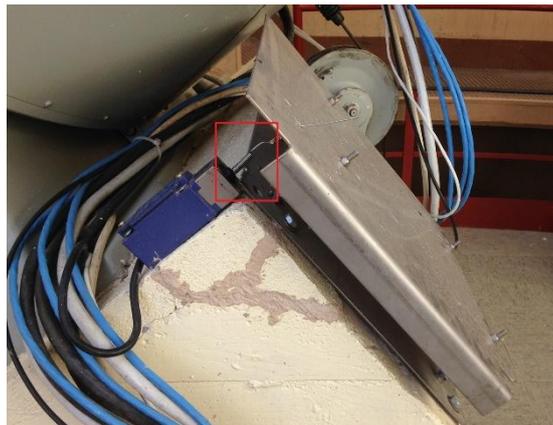


Figura A.I.9: **Detector de colisión suprimido.** En rojo, se detalla el alambre que transmitía el movimiento al switch.

A.1.5.- Apagado del instrumento:

El proceso de apagado sigue un orden al inverso de encendido.

- Tape tubos y oculares del instrumento.
- Cierre el software de control (importante: desde el menú salir, nunca haciendo click en la X directamente). Mientras esté encendido, el control manual mediante la consola de la plataforma está deshabilitado.
- Apague el PC de control.
- Cierre la cúpula. Para ello, encienda la bomba hidráulica y mantenga pulsado el botón rojo "O" de cierre. Las hojas deberían deslizarse lenta pero suavemente. Al comienzo, suena un ruido de rozamiento del cepillo de la hoja con la cúpula. Esté pendiente ante cualquier otro sonido anómalo. El proceso debería tardar aproximadamente 2 minutos. Preste especial atención a que la cúpula quede completamente cerrada. A modo de ilustración, la figura A.1.8 muestra las últimas etapas de cierre. Las fotografías se han hecho de día, a fin de ilustrar cómo aun existiendo solape entre las hojas, entra luz debido a los huecos existentes. Es necesario un ajuste completo a fin de evitar la entrada de animales a la cúpula (Figura A.1.8d).
- Deje la cúpula en una posición diferente a la que tenía al comienzo. Ello evitará que se deforme en una única dirección.
- Mueva manualmente el astrógrafo a su posición de reposo. La escalera de madera debe quedar lejos del instrumento, con los peldaños mirando al mismo y tocando la barandilla de la plataforma. Cualquier otra escalera, si la hubiera, debe quedar tumbada en el suelo. El soporte azul de la plataforma debe quedar lejos de los tubos del astrógrafo.
- Baje manualmente la plataforma hasta que pare. Deje todos los accesos cerrados por cadenas, tanto en el lado de la plataforma como en el de la barandilla de la primera planta.
- Nunca deje la escalera de subida fijada a la cúpula. Cierre la puerta de acceso a la terraza.
- En la planta baja, apague el PC de control.
- En el rack de 19", pulse el botón rojo. Se apagarán las tres bombillas R, S y T. Mueva la llave principal desde la posición "I" a la posición "O". Cierre la puerta del bastidor.
- Apague los dos cuadros eléctricos de la cúpula y de la plataforma con los interruptores de sus costados derechos.
- Verifique que el PC de control ya está apagado. Baje tan solo los magnetotérmicos 1), 2) y 3). Cierre la tapa del cuadro. Todas las ventanas y puertas del edificio deben quedar cerradas.

A.1.6.- Mantenimiento por parte del usuario:

El mantenimiento del equipo y de las instalaciones corre a cargo del personal técnico del Observatorio de Yebes. Tan solo se consideran las siguientes operaciones por parte del usuario:

- Accionamiento periódico de la cúpula (ver sección A.1.3). Al comienzo del uso del equipo es recomendable rotar la cúpula al menos una vuelta completa. Al finalizar la observación, se debe dejar en una posición diferente, a fin de evitar que descansa siempre en la misma posición.
- Apertura de la cúpula. Es recomendable la realización regular de ciclos de apertura y de cierre. Es una buena práctica de mantenimiento abrir y cerrar una o dos veces durante la puesta en marcha.
- Durante la puesta en marcha, es recomendable subir y bajar manualmente la plataforma al menos una vez a fin de mantener sus tornillos sin fin engrasados. Se debe revisar que no se produzcan impactos de la plataforma con el instrumento o cualquier otro objeto, prestando especial cuidado con no dañar los cables del astrógrafo. NO SUBA GRUPOS DE PERSONAS.

ANEXO II: Conexiones de los arduinos

Arduino UNO (Cliente RF)	
Pin (E/S Digitales)	Conexión
0	N/A
1	N/A
2	Señal receptor RF (cliente)
3	Señal Transmisor RF (cliente)
4	Control relé 4 // SD SS Ethernet shield (inhabilitado para evitar conflictos entre módulos)
5	Control relé 3
6	Control relé 2
7	Control relé 1
8	Habilitación de la transmisión RF
9	N/A
10	Ethernet shield Controller SS
11	Ethernet shield MOSI
12	Ethernet shield MISO
13	Ethernet shield SCK

Relay shield(Cliente RF)	
Terminal	Conexión
COM1	N/A
NC1	N/A
NO1	N/A
COM2	N/A
NC2	N/A
NO2	N/A
COM3	Terminal positivo iluminación
NC3	N/A
NO3	Terminal positivo alimentación iluminación
COM4	N/A
NC4	N/A
NO4	N/A

Tabla A.II.1: Asignación de pines del módulo Arduino cliente RF (servidor Ethernet) y asignación de terminales del Relay Shield conectado a este

Arduino UNO (Servidor RF)	
Pin (E/S Digitales)	Conexión
0	N/A
1	N/A
2	Señal receptor RF (servidor)
3	Señal Transmisor RF (servidor)
4	Control relé 4
5	Control relé 3
6	Control relé 2
7	Control relé 1
8	Habilitación de la transmisión RF
9	N/A
10	Sensor cúpula abierta 1
11	Sensor cúpula abierta 2
12	Sensor cúpula cerrada 1
13	Sensor cúpula cerrada 2

Relay shield(Servidor RF)	
Terminal	Conexión
COM1	N/A
NC1	N/A
NO1	N/A
COM2	N/A
NC2	N/A
NO2	N/A
COM3	Terminal positivo cierre cúpula
NC3	N/A
NO3	Terminal negativo cierre cúpula
COM4	Terminal positivo apertura cúpula
NC4	N/A
NO4	Terminal negativo apertura cúpula

Tabla A.II.2: Asignación de pines del módulo Arduino servidor RF y asignación de terminales del Relay Shield conectado a este

ANEXO III: Presupuesto

Para la realización del trabajo descrito en el presente informe ha sido necesario adquirir los elementos listados a continuación. El total estimado es de 804 €.

ITEM:	REF.:	UDS.:	PRIORIDAD:	NOTAS:	COSTE:	
Arduino Uno	769-7409	5	Media	Para el mando a distancia del aire acondicionado de la sala de control.	20 €	100 €
Fuente de alimentación 5V	135-8950	2	Media	Integrada, 5Vdc, 6A	20 €	40 €
Shield con relés:	875-0292	1	Baja	Control de la motobomba.	25 €	25 €
Receptor IR	.	5	Alta	Ver Transmisor IR	3 €	15 €
Ethernet Shield	873-2285	2	Alta	Sustitución prioritaria de cables desgastados.	27 €	54 €
Transmisor IR	-	5	Alta	https://www.dx.com/p/mini-38khz-infrared-transmitter-ir-emitter-module-infrared-receiver-sensor-module-for-arduino-2044140.html	3 €	15 €
Cable de red cat6	50 m	2	Alta		40 €	80 €
Sensores proximidad	444-3237	5	Media	https://es.rs-online.com/web/p/sensores-de-proximidad/4443237	75 €	375 €
Manguera cable 6x0.5	200 m	1			100 €	100 €

Tabla A.III.1: Presupuesto.