



**I
N
A
O
E**

MANUAL DE CONSTRUCCION DE UN RADIOTELESCOPIO EN LA BANDA DE 12GHZ PARA USOS DOCENTES

Abraham Luna C., Gisela Domínguez G., Sergio Alejandro
Colombres F. y Gilberto Garista Fragoso

Reporte Técnico

© Coordinación de Astrofísica

INAOE

Luis Enrique Erro 1
Sta. Ma. Tonantzintla,
72840, Puebla, México.



PREFACIO

El desarrollo de la técnica en el área de astrofísica va de la mano del de las áreas tecnológicas y viceversa. En INAOE se realizó el proyecto más grande en la historia científica del país, el Gran Telescopio Milimétrico (GTM). El reto impuso una serie de requerimientos técnicos que debían satisfacerse y permitió experimentar en muy diversas áreas del conocimiento, desde las de ingeniería hasta las científicas. Una en particular que se desarrolló al interior del INAOE fue la de instrumentación electrónica en el rango milimétrico. Actualmente se cuenta con laboratorios y experiencia para implementar equipos e instrumentos tanto para uso en astrofísica como para otros usos, usos que habrían sido de poco o nulo interés para intentar ser abordarlos por científicos y tecnólogos mexicanos. El interés que despertó el GTM en la población en general, se observa en las actividades de divulgación que se hace vía talleres en actos públicos y colegios. Invariablemente se nos pregunta ¿Que es el GTM?, ¿Se puede armar un radiotelescopio pequeño? ¿Que podemos observar?. Con esta motivación un grupo de estudiantes de verano y yo, emprendimos la tarea de hacer un radiotelescopio "casero" que permitiera al público interesado tener en sus manos un radiotelescopio. El proyecto rebasó lo "casero" con el ímpetu de los estudiantes por hacerlo lo mas parecido a uno de verdad, sin embargo y esencialmente, conserva ese espíritu pues la intención es que lo puedan armar en los colegios con ayuda de un profesor aunque el grupo no tuvieran experiencia alguna.

El siguiente manual se entrega como reporte técnico para que pueda ser consultado por propios y extraños, para que la idea quede protegida y para que en lo futuro se puedan implementar mejoras a esta idea inicial.

Dr. Abraham Luna Castellanos
Coordinación de Astrofísica, INAOE
Diciembre de 2013

CONSTRUCCION DE UN RADIOTELESCOPIO EN LA BANDA DE 12GHZ PARA USOS DOCENTES

Abraham Luna C., Gisela Domínguez G., Sergio Alejandro Colombres F. y Gilberto Garista
Fragoso



Versión: Diciembre 12, 2013

Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica,
INAOE, México.

RESUMEN

Presentamos la construcción, pruebas y usos de un radiotelescopio. El nivel de inversión en tiempo y recurso permitirá ajustarlo a cualquier bolsillo. Los temas que se abordan en la construcción de este instrumento, su uso y el análisis posterior de los datos, son muy variados y con un alto contenido de multidisciplinariedad. Temas básicos en áreas como astrofísica, física, electrónica, computación, mecánica, telecomunicaciones, y análisis de datos, son necesarios para concretar el uso eficiente de este instrumento, sin embargo como veremos son muy fáciles de entender. Opcionalmente puede fortalecer el trabajo en equipo creando un club o el desarrollo de habilidades.

La primera parte muestra las modificaciones necesarias para convertir una antena receptora comercial de banda Ku, el bloque de bajo ruido (LNB, por sus siglas en inglés) y un buscador satelital comercial, en un radiotelescopio capaz de realizar detecciones en la banda de 12GHz del Sol, la Luna y satélites de telecomunicaciones. La segunda parte es una introducción al tema de ondas y en específico al de ondas electromagnéticas. La tercera parte es un conjunto de prácticas que se pueden desarrollar con la antena y el receptor. El orden en que se pueden abordar la primera y segunda parte dependen del interés y conocimiento del tema. recomendamos que para quienes inician en el tema de ondas electromagnéticas sea la segunda parte con la que inicien. Finalmente se describen prácticas y resultados obtenidos con el RTD2.

- **Es necesario destacar la interdisciplinariedad que la construcción de un radio telescopio permite. La participación de varias áreas tanto científicas como tecnológicas, por ejemplo: física, astronomía, matemáticas, mecánica, telecomunicaciones, electrónica, y computación; lo que hacen de este proyecto un poderoso y atractivo recurso didáctico para colegios de enseñanza media superior.**
- **En particular, se implementó la adquisición de datos usando una tarjeta Arduino® y una pantalla LCD para visualizar los datos adquiridos, quedando sólo como opción el envío a una PC para análisis posterior. Se anexa el programa fuente en el apéndice A.**
- **En este momento, el radiotelescopio se encuentra en proceso de caracterización para expresar la señal del voltaje en potencia, con lo que se realizarán más medidas sobre diferentes objetos celestes.**

Palabras clave: radiotelescopio, microondas, divulgación científica, docencia, astrofísica

RESUMEN CURRICULAR DE AUTORES

Dr. Abraham Luna Castellanos

Egresado de la facultad de física de la BUAP, maestría y doctorado en astrofísica por parte del Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica, INAOE, Tonantzintla Puebla México. El trabajo doctoral lo realizó trabajando en Chile en un radiotelescopio de la Universidad de Tokio y otro de la U. de Chile. Posteriormente realizó una estancia posdoctoral en la Universidad de Massachusetts y actualmente es investigador del departamento de astrofísica del INAOE. Su especialidad es nubes moleculares, formación estelar y estructura de la Vía Láctea. Realiza instrumentación astronómica en bandas del infrarrojo cercano y radio, en particular un polarímetro para el cercano infrarrojo y un espectrómetro acusto-óptico para radioastronomía, diseño de antenas y receptores. Hace docencia y divulgación científica desde hace más de 15 años (www.inaoep.mx/~aluna).

Fís. Gisela Domínguez Guzmán

Egresada de la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas de la BUAP en la carrera de Física Aplicada, en donde realizó trabajos como elaboración de estereogramas utilizando una cámara web, un dispositivo seguidor de rostros y trabajó en temas como reconstrucción de imágenes mediante la técnica de proyección de franjas. Su tesis de licenciatura la realizó en el área de astrofísica, enfocándose en temas como medio interestelar y regiones HII. Ha participado en talleres, escuelas y veranos de investigación científica en diversas instituciones del país y el extranjero. Es estudiante de posgrado en el Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica, INAOE, Tonantzintla, Puebla México en el departamento de Astrofísica.

Ing. Sergio Alejandro Colombres Flores

Egresado de la Universidad Politécnica de Puebla en la carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones, ha colaborado en distintos proyectos en el área de electrónica tanto en su misma institución, como en otras empresas como por ejemplo Megacable, en el área de ingeniería de redes y mantenimiento electrónico con estancias en el extranjero. Actualmente está involucrado en un proyecto en colaboración del departamento de Astrofísica del INAOE, en especial el área de Radioastronomía dando solución a los problemas de electrónica y en la parte de control de movimiento del radiotelescopio RT5 ubicado dentro de las instalaciones del INAOE.

Gilberto Garista Fragoso

Estudiante de CONALEP plantel Chipilo en la especialidad de asistente directivo, colaboró en este proyecto como parte de sus prácticas profesionales. Apoyó en la elaboración y discusión del manual.

INDICE:

- PRIMERA PARTE: Construcción	
- RTD2: Radio Telescopio Docente II.....	6
* Conversión de señal analógica a digital.....	9
* Electrónica de digitalización de datos.....	11
* Telescopio óptico de guiado.....	14
* Imagen del telescopio.....	16
* Soporte del adaptador	17
* Adaptador del telescopio.....	17
* Filtro Solar.....	19
* Pasos para enfocar la cámara	19
* Calibrar el telescopio óptico.....	21
* Contrapeso.....	22
* Montura altazimutal.....	25
- SEGUNDA PARTE: Teoría básica	
* ¿Que es una onda?	28
* Ondas Electromagnéticas.....	31
- TERCERA PARTE	
- Prácticas y ejemplos de estudio.....	32
- Bibliografía.....	36
- Apéndice A.....	37

PRIMERA PARTE.

RTD2: Radio-Telescopio Docente II

Para explicar el funcionamiento del radiotelescopio, esta primera parte se ha dividido en cinco módulos: la antena, el procesador, la montura, el telescopio auxiliar, y el análisis de datos. El proyecto requiere de instalaciones básicas y el costo es accesible, si no consideramos la computadora. Empezaremos por darte una descripción general que incluye los costos y proveedores de las partes indispensables (normalmente las más caras).

1. **El modulo de antena** incluye el plato colector y el LNB (LOW NOISE BLOCK), el cual detecta la señal recibida de 12GHz y la baja a una frecuencia intermedia de 2GHz. La potencia de esta señal se almacena para su procesado y análisis posterior mediante una computadora. No requerimos más que ensamblar y conectar esta etapa, como lo haría un usuario de TV satelital.
2. **El modulo del procesador** se ha seleccionado de tal manera que sea también de fácil adquisición. Se describe con detalle la implementación del dispositivo analógico-digital a través de una tarjeta Arduino®, la cual se programa para la conversión de la señal analógica a digital y se despliega en una pantalla LCD de 132x132 pixeles a color y/o en la computadora a través del puerto USB. El programa se deja disponible para quien lo quiera usar (Apéndice A).
3. **La montura**, puede ser de varios tipos, sin embargo esto le dará diferentes cualidades al radiotelescopio. Puede ser desde geoestacionaria (fija), ecuatorial o altazimutal. En estos dos últimos casos se le puede acondicionar movimiento a través del modulo del procesador Arduino, tema que no abordaremos en esta versión.
4. Con el auxilio de un **telescopio óptico de guía** y alineado, se pueden detectar objetos celestes como el Sol y la Luna. Se dan detalles para alinearlos y usarlos simultáneamente con el radiotelescopio, grabando la imagen del objeto observado con ayuda de una cámara web ó CCTV (de vigilancia).
5. Finalmente se dan ejemplos relacionada al **procesado posterior de las señales** almacenadas, lo que permite que el proyecto tenga utilidad para aficionados serios.

Tabla general de componentes para el RTD2

PARTE	PROVEDORES	PRECIO Aprox.
1.- Antena satelital completa (80cm)	Directv (descontinuadas)	\$ 500.00
Incluye:	Dish o Sky	
- sección de parábola		
- soportes		
- LNB (bloque de bajo ruido)		
2.- Buscador de satélites	STEREN	\$ 500.00
3.- Arduino UNO y su display	Robodacta o Silicio.mx	\$ 1000.00
4.- telescopio óptico de campo amplio	CELESTRON	\$ 500.00

En la figura 1 siguiente mostramos un esquema general y una foto del prototipo terminado. Se etiquetan las componentes principales.

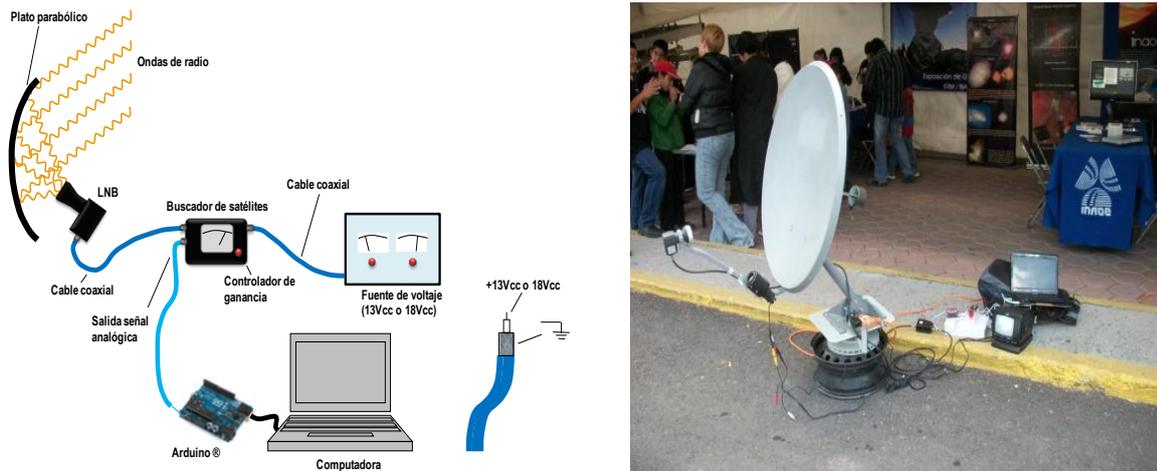


Figura 1. Esquema general y foto del prototipo terminado.

Usando el mismo esquema anterior iremos abordando los módulos y temas que estarán indicados con un círculo rojo sobre el esquema. Así la antena señalada a continuación es todo un tema a discutir, pues encontrarás de varios diámetros, tipos, tamaños y materiales.

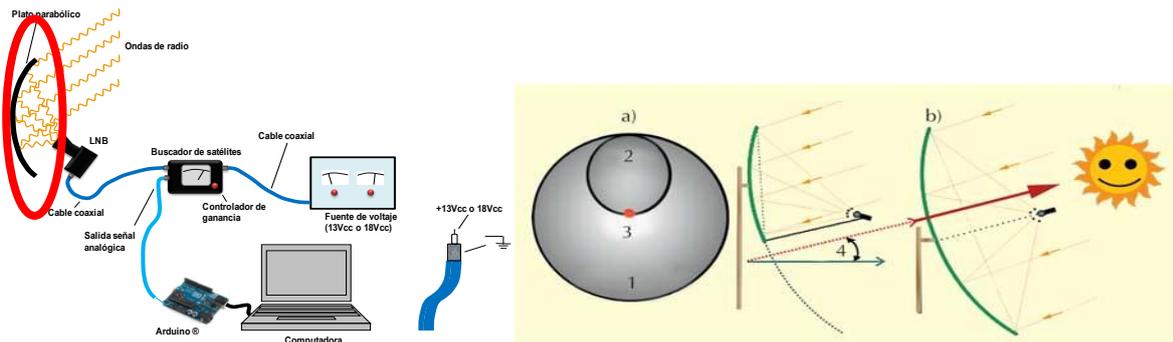
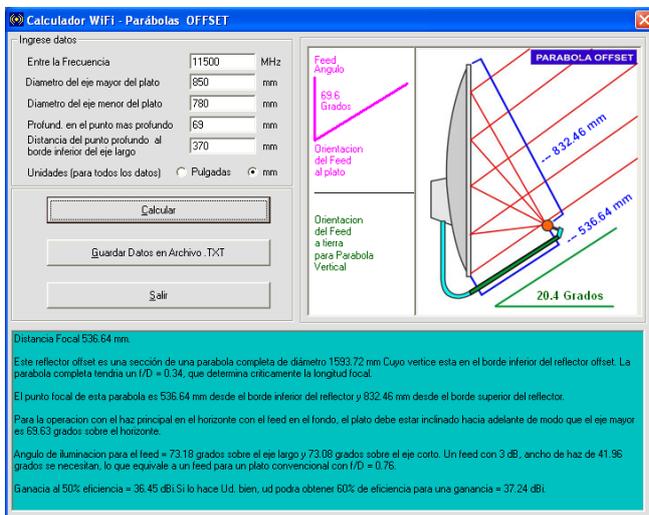


Figura 2. La antena y una descripción pictórica de la que aquí usamos y recomendamos.

La antena que usamos para desarrollar nuestro experimento y que se describe en este documento fue una de 80cm fuera de eje de lámina con dimensiones 80 x 76cm y 53cm de foco. Este tipo es el típicamente usado por la firma SKY. Hay que observar que por ser



una sección de parábola fuera de eje (ver el diagrama en la figura 2) para apuntar hay que usar el brazo que sujeta al detector y tener en cuenta un offset o ángulo extra en la posición de la antena con respecto a la vertical. Un programa que ayuda para definir completamente una antena lo puedes obtener de la red buscando: Calculador de parábolas WiFi Challenger, este software te ayudará a definir la orientación dependiendo del tipo de antena que tengas (Figura 3).

Figura 3. Cálculo de los parámetros de la antena.

El tipo de antena es definido por el tipo de detector de bajo ruido (en inglés: Low Noise Block o LNB), y viceversa la antena solo funcionará eficientemente con el LNB para el que fue construida, por eso debes usar el LNB que traiga la antena. Para pruebas o experimentos puedes cambiarlo por algún otro de antenas del mismo tipo, frecuencia y geometría, pero lo recomendable es usar el original. El Figura 4 te mostramos el que usaremos para nuestro ejemplo, TU NO LO ABRAS !!! pues si se daña perderás la parte fundamental del radiotelescopio: el detector. Para evitar que lo abras, mejor aquí te mostramos fotos de su interior. Puedes observar que es una especie de tubo con cilindros concéntricos en la parte frontal y un tubito al fondo, en la cajita de atrás está contenida la electrónica de microondas, un oscilador local, filtros y la sección de heterodinaje. Concepto que implica bajar la frecuencia de detección a una menor a 3GHz para poderla transportar por el cable tipo coaxial.



Figura 4. El detector o LNB que venía incluido con la antena y su interior.

El finder o buscador de satélites que usaremos como detector también lo puedes encontrar en varias marcas, aquí te sugerimos la que encontramos en STEREN y que es la que usaremos como ejemplo. Sin embargo los modelos varían muy poco y podrás localizar las misma conexiones y componentes que aquí mencionamos. Lo principal es determinar los polos del galvanómetro que es de donde tomaremos la señal detectada (Figura 5) y que será la que hay que digitalizar para guardarla en la computadora.



Figura 5. El 'finder' o buscador de satélites y su interior, remarcando el galvanómetro.

Una opción que puede sustituir el uso del arduino en el análisis de la señal, es la sugerencia de usar la tarjeta de sonido de una PC y software que puedes descargar gratuitamente desde:

<http://www.maclasa.com/laboratorio/index.htm>. Este requiere de una conexión que deberás hacer de la salida del zumbador del 'finder' a los dos polos de un conector para el jack de tu PC (donde conectas el micrófono o audífonos, Figura 6). Esta última opción es mucho más

simple pero no tan fiel como la bajada de la señal del galvanómetro y su digitalización con el Arduino. Es una primera aproximación a la que nosotros llamamos RTD1. Puedes probarla antes de terminar la electrónica o dejarla siempre como opcional con un jack apropiado para conexión.

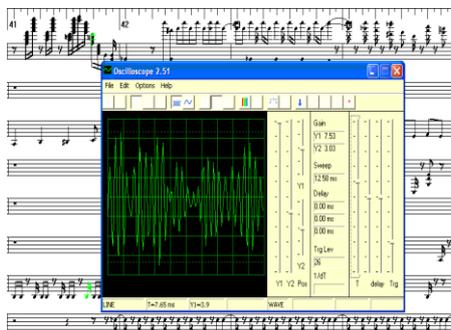


Figura 6. Software desplegando la salida del zumbador en una PC.

CONVERSIÓN DE SEÑAL ANALÓGICA A DIGITAL

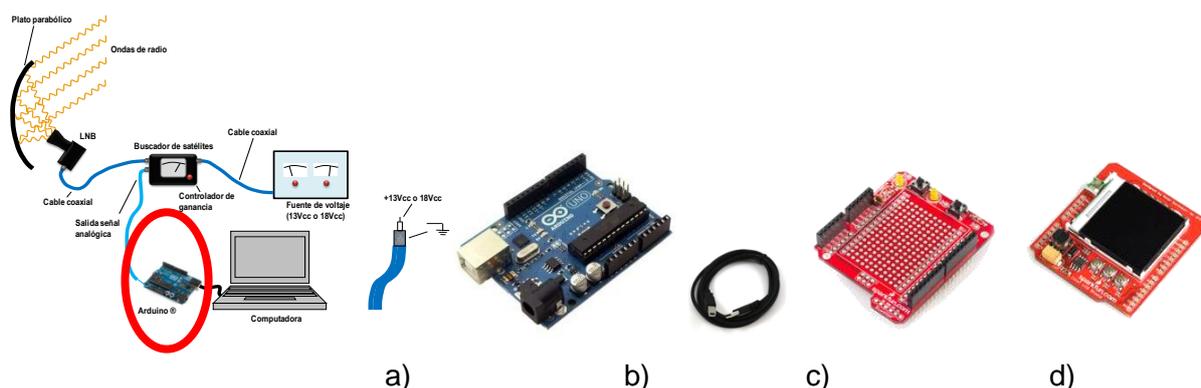


Figura 7. Esquema señalando el posprocesado de la señal. a) tarjeta Arduino, b) cable para conectar, c) placa protoboard para amplificador y d) pantalla LCD (de Arduino).

Una señal analógica es una señal que varía de forma continua a lo largo del tiempo. La mayoría de las señales que representan una magnitud física (temperatura, luminosidad, humedad, etc.) son señales analógicas. Para guardar los valores de una señal analógica hay que "digitalizarlos", es decir, convertirlos en un número y para eso hay que seccionar la señal. Al tener una señal digitalizada la podremos leer y guardar a una computadora para después manipularla sin necesidad de estar escribiendo por uno mismo los datos que se recaban.

Arduino® es una plataforma que permite convertir una señal analógica a digital de manera sencilla, solo se requieren conocimientos básicos de electrónica y programación. En el apéndice A, se encuentra el archivo que más adelante se usará para convertir la señal analógica a digital. Antes de realizar la conversión, se dará una breve explicación de lo que es esta plataforma, así como su funcionamiento y usos.

Arduino® es una placa la cual cuenta con un microcontrolador y puertos de entrada y salida, está pensada para facilitar el uso de la electrónica. El entorno para su programación es libre y se puede descargar gratuitamente en el siguiente enlace:

<http://arduino.cc/hu/Main/Software>. Al ser de uso libre, tanto su diseño como su distribución, puede utilizarse libremente para el desarrollo de cualquier tipo de proyecto sin haber adquirido ninguna licencia. Algunas especificaciones importantes son:

- Proporcionan una resolución de 10 bits y por defecto mide voltajes en un rango de 0V hasta 5V.
- Arduino® está basado en C y soporta todas las funciones del estándar C y algunas de C++.
- Se programa mediante el uso de un lenguaje propio de alto nivel.

Instalación en Windows

Una vez descargado el software, se coloca la carpeta en algún lugar de fácil acceso. En seguida se corre el ejecutable que está en la carpeta, entonces lo que se verá es el entorno de programación se despliega en la Figura 8.

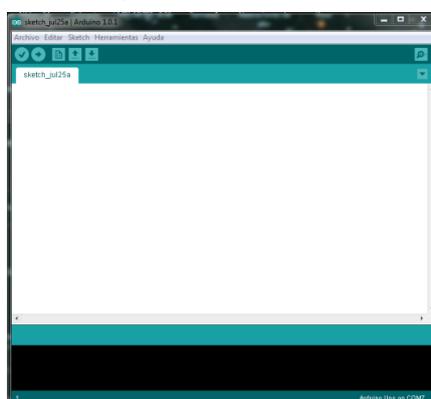


Figura 8.
Interface del Arduino

En seguida se conecta el Arduino® a la computadora, se necesitará un cable estándar USB, como los que se usan para conectar por ejemplo, una impresora USB, Figura 7b. Puede pasar que no se reconozca el puerto, para ello se instalan unos drivers que ya vienen en la carpeta que se descargó. Windows pide automáticamente permisos para instalación de los drivers de forma manual, se acepta y se direcciona a la carpeta donde está el software de Arduino®. En ella se encuentra otra carpeta llamada “drivers”. En el caso de que no funcione la instalación, intentar nuevamente pero ahora usando la carpeta “FTDI USB Drivers” que se encuentra dentro de “drivers”.

¿Cómo correr un ejemplo?

En el ambiente de Arduino®, en la pestaña “Archivo” se encuentran algunos ejemplos, los cuales son interesantes visualizar, en particular en “01.Basics”→ “AnalogReadSerial” y “02.Analog”→ “AnalogInput”, Figura 9.

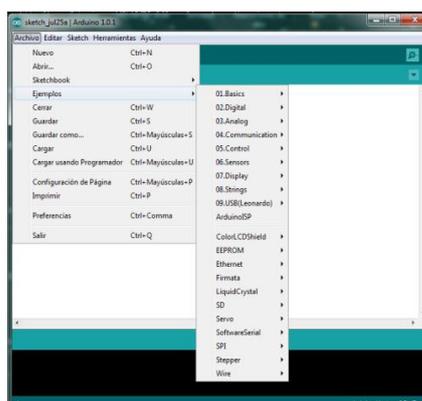


Figura 9.
Menús de la interface de Arduino

Para probar este ejemplo es necesario contar con un potenciómetro para llevar a cabo este ejercicio y tratar de entender las instrucciones que tiene el programa. Recordar que es necesario descargar el programa a la placa. Otra prueba importante que se debe hacer es utilizando en conjunto la pantalla LCD, la cual se le tienen que colocar los pines para ser ensamblado con la placa. Pero antes se tiene que descargar una librería llamada "ColorLCDShield", la cual puede ser descargada en la pagina del proveedor, ésta se guarda en la carpeta "libraries" que se encuentra en la carpeta principal de Arduino. De igual manera en Archivo -> Ejemplos y en la sección ColorLCDShield se puede probar algún ejemplo. Un detalle, que aplica para nuestro LCD particular, es que en el programa que se va a correr como ejemplo es necesario cambiar una línea con el comando EPSON por PHILLIPS. Ve tu caso específico y prueba las opciones.

Una vez que se cargó el archivo que contiene la programación para la conversión de la señal analógica a digital, se notará que tiene muchas líneas, esto es porque incluye la programación de la pantalla LCD. El siguiente diagrama (Figura 10) ayudará a entender mejor dicha programación.

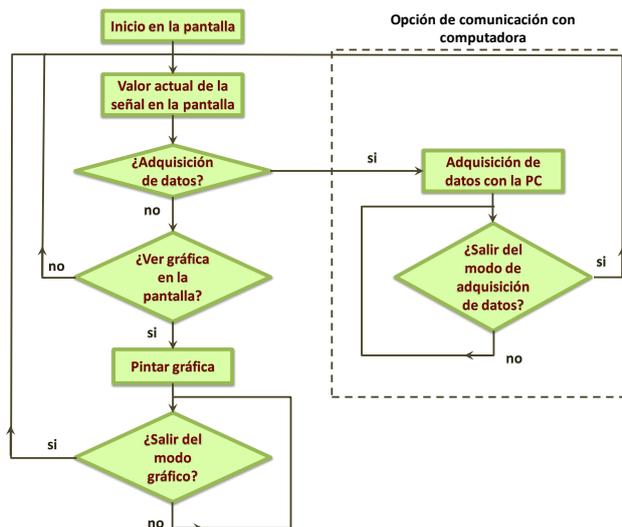


Figura 10.

Diagrama de flujo de la programación del Arduino.

En la pantalla se tiene que ver un menú de inicio (un radiotelescopio recibiendo señal). En seguida se muestra el nivel de radio frecuencia RF que se está recibiendo. Mientras no exista comunicación con la computadora, se puede tener acceso a la visualización gráfica oprimiendo el botón S1 que esta junto a la pantalla LCD y para volver se oprime el botón S3 (hasta el momento el botón S2 no tiene función). Un detalle importante a resaltar es que si se quiere apagar solo basta con desconectar el cable de alimentación.

Ahora, si se quiere tener comunicación con la computadora, existe una versión para la adquisición de datos que te podemos enviar (aluna@inaoep.mx) el cual es un programa elaborado en el ambiente de MATLAB el cual permite manipular Arduino desde la computadora. En estos momentos se encuentra en desarrollo un software en Python, ya que MATLAB requiere licencia y Python es libre.

ELECTRONICA DE DIGITALIZACION DE DATOS

El material que se usará en esta sección fue incluido en la lista general anterior de la página 6. Aquí se agregan componentes para el amplificador y otras componentes de menor costo y se dan las instrucciones para integrar y conectar todas las partes. Necesitamos reunir el siguiente material:

- 1 Tarjeta Arduino modelo Arduino ONE (en la lista anterior)
- 1 Shield para Arduino LCD a color (en la lista anterior)
- 1 Detector de satélites (en la lista anterior)

- 1 Caja con medidas (10X15X7)cm (STEREN)
- 1 Shield para Arduino para el desarrollo del amplificador (\$200)
- 1 OpAmp LM741 o similar
- Resistencias en este caso 1 de 220 Ohms y 1 de 2 KOhms
- 4 interruptores pequeños
- 2 Pilas cuadradas de 9V
- 2 Broches para conectar pilas de 9V
- Herramienta para soldar (cautín)

Lo primero que debemos de hacer es con mucho cuidado y con la ayuda de un cautín, desoldar la base del Finder, ésta tiene 4 puntos de soldadura los cuales debemos de retirar para poder zafar la tapa. Una vez que hayamos podido quitarla, procederemos a cortar cuidadosamente los 2 cables del zumbador (negro= tierra y rojo= voltaje) para posteriormente alargarlos y colocarle un interruptor para poder controlarlo. **También debemos de soldar un par de cables a la base del galvanómetro (ver figura de abajo) ya que de ahí vamos a obtener la señal que queremos amplificar para posteriormente procesarla con la tarjeta Arduino como se muestra en la figura siguiente (PONER ATENCION EN LA POLARIDAD DE LA SEÑAL).**

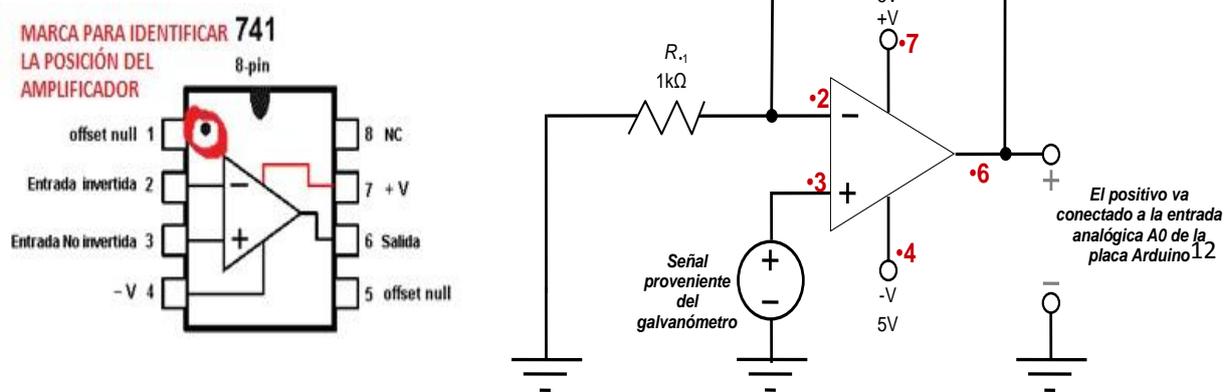


Figura 11. Tarjeta del Buscador de satélites, mostrando las conexiones a realizar.

Existe otra componente que se anexa al Arduino y pantalla LCD. Entre estas dos se coloca una placa protoboard (Figura 7c), la cual contiene un amplificador operacional LM741 conectado en una configuración no inversora.

Para construir el circuito amplificador las Figuras 11 y 12 serán la guía. Ahí mismo se mencionan las componentes a usar y como conectarlas. Es necesario tener a la mano la hoja de especificaciones del Amplificador Operacional LM741 (buscar en Internet como LM741 datasheet) para saber el orden de los pines los cuales están marcados en rojo en la Figura 11.

Figura 12. Circuito del amplificador.



Éste circuito se construye en la placa protoboard que está diseñada especialmente para ser ensamblada con Arduino. Notar que en el pin 6 es la salida la cual debe ir en la entrada analógica A0 de la placa Arduino. En caso de no querer hacerlo de esta forma se puede hacer de manera separada en una proto normal o en su defecto como un circuito impreso, el inconveniente sería que al final se tendrá un dispositivo más grande que hay que acoplar.

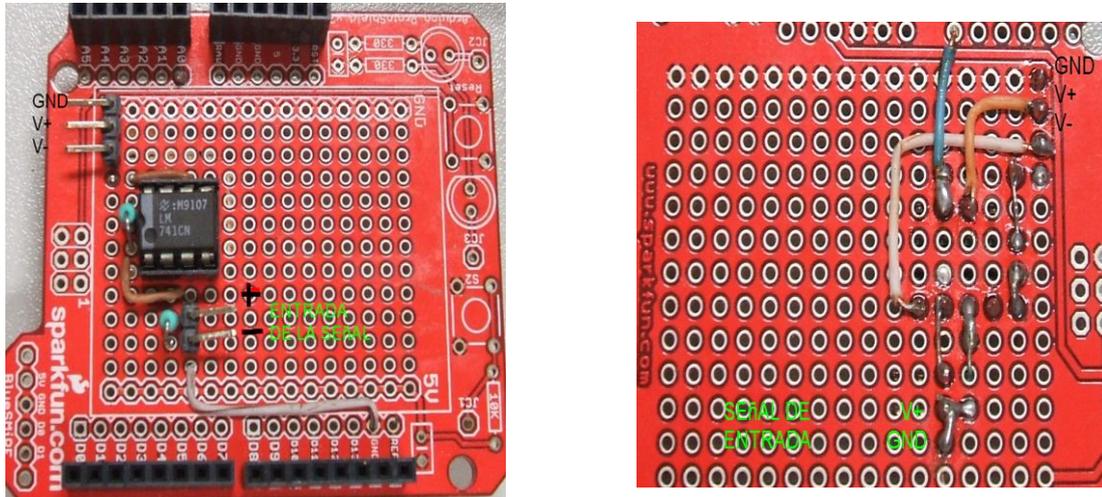


Figura 13. Conexión del amplificador vista desde la parte superior y desde la parte inferior de la placa.

Después con la ayuda de 2 diagramas de arriba, iniciaremos la conexión del amplificador. Recuerda que la señal de entrada del amplificador, en este caso el círculo que tiene el signo más y menos en el esquema debajo, viene del Finder; para dejar libres las conexiones de la señal de entrada, el V+, V- y tierra usa conectores como el que la imagen muestra, estos conectores puedes encontrarlos en cualquier tienda Steren, para este caso cortarás un par y un trío de conectores para la señal de entrada y los voltajes para el amplificador.

Para unir los cables a los correspondientes conectores, puedes soldarlos. Para que el amplificador, haga su función se necesita “polarización del amplificador”, esto es, colocarle con ayuda de las pilas de 9V cuadradas, el voltaje positivo, negativo y tierra para eso conectamos las pilas como se muestra la Figura 14. Es importante mencionar que cada cable que vaya a ser conectado a la alimentación (voltajes) debe ir también conectado con un interruptor a cada uno de los 3 cables para evitar que la pila se gaste cuando el aparato no esté en funcionamiento. Puedes auxiliarte de la siguiente imagen:

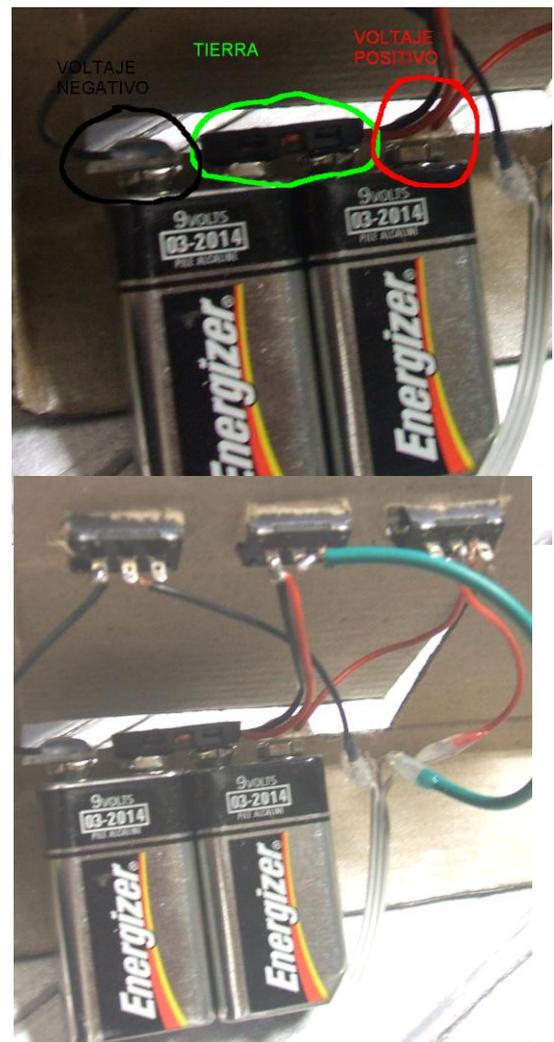


Figura 14. Conexión de la fuente no inversora.

Tú puedes hacer la conexión de los cables como tú prefieras, por arriba o por debajo de la placa. Una vez que hayas terminado de conectar asegúrate de que haya continuidad (que las conexiones estén unidas) en los siguientes puntos identificados por colores en la figura 15, si tienes continuidad en esas zonas has hecho un buen trabajo.

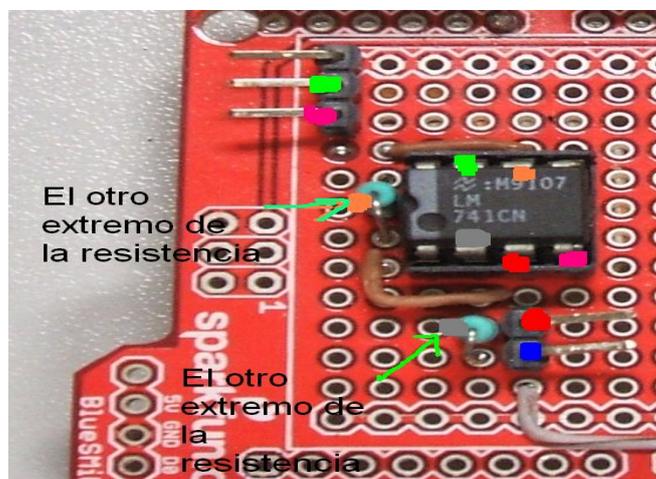


Figura 15. Conexiones sobre la placa proto del amplificador.

Por último ya solo queda hacer la conexión del LCD pero es muy sencilla, solo tienes que colocar conectores como los que usaste para la entrada de señal y los voltajes del amplificado como muestran las siguientes imágenes:

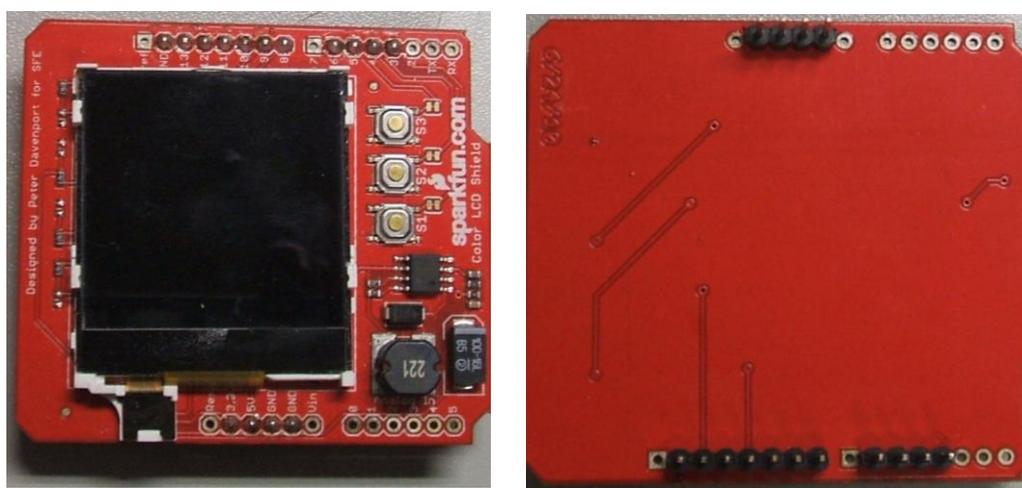


Figura 16. LCD visto de la parte de frente y posterior ya conectado.

Al final ya solo queda ensamblar y si prefieres para tu mayor comodidad formarle una cajita para que pueda manipularse mejor.

TELESCOPIO ÓPTICO DE GUIADO

Para fines de apuntar a los diferentes objetos a estudiar, nos será de mucha utilidad un telescopio óptico guía. Sugerimos un monocular de la serie oceana de Celestron (8x42) por sus características: Tamaño y peso (42mm de diámetro, 20 cm de largo y 340 gr),

campo de 7 grados e impermeable al agua. Se le puede adaptar una cámara CCTV (cámara de seguridad) montada con un adaptador cilíndrico fabricado en plástico o aluminio. Hay que eliminar los LEDs infrarrojos que tienen algunos modelos, basta con cortarlos desde la placa del circuito. Esta se puede adaptar a cualquier TV.



Figura 17. Montura y telescopio óptico de guiado.

La montura para fijar el telescopio y alinearlo con la antena se recomienda sea una solera en forma de 'L' y un cilindro de PVC hidráulico con dos anillos de tornillos machuelados (con rosca) que permitan ajustar el ángulo de inclinación del telescopio en el interior del cilindro. La base con el telescopio guía se deben montar con dos tornillos al brazo que sostiene el LNB. El ángulo dependerá de cada tipo de antena y al final se da una práctica usando un satélite geoestacionario para direccionarlo.

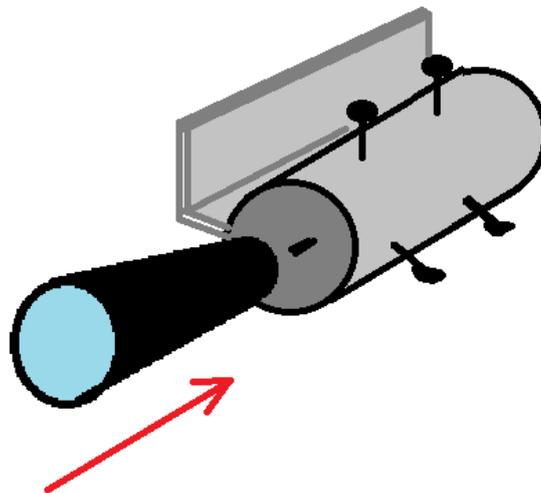


Figura 18. Esquema de montaje del telescopio óptico de guía.

IMAGEN DEL TELESCOPIO VISTA DESDE LA PARTE DE ARRIBA

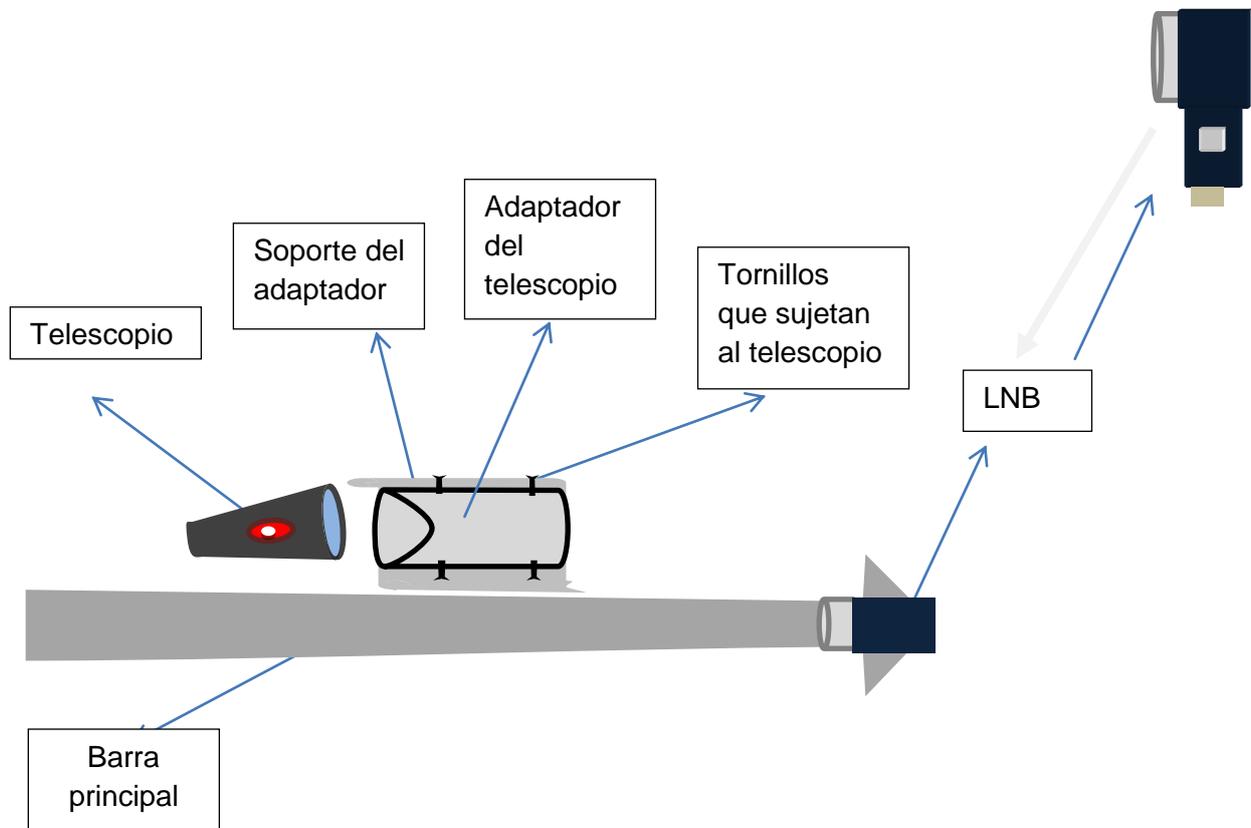


Fig.19 En esta imagen ya se puede apreciar el adaptador y el soporte, ya instalados en la “barra principal” junto con el LNB y el telescopio ya casi en su lugar.

Para poder instalar el telescopio primero debes de tener las siguientes cosas ya en su lugar que son:

- El soporte del adaptador
- El adaptador de telescopio
- Los tornillos que sujetan al telescopio

Y los podrás hacer siguiendo los pasos descritos en los subtemas siguientes.

EL SOPORTE DEL ADAPTADOR

El soporte es muy importante ya que es sobre el cual está puesto el adaptador de telescopio. Y para poner el soporte tienes que hacer lo siguiente:

Tienes que hacer, o mandar a hacer una placa de metal (también puedes utilizar aluminio, plástico o incluso madera, y puede ser de cualquier grosor solo que pueda sostener firme el telescopio y que sea resistente.

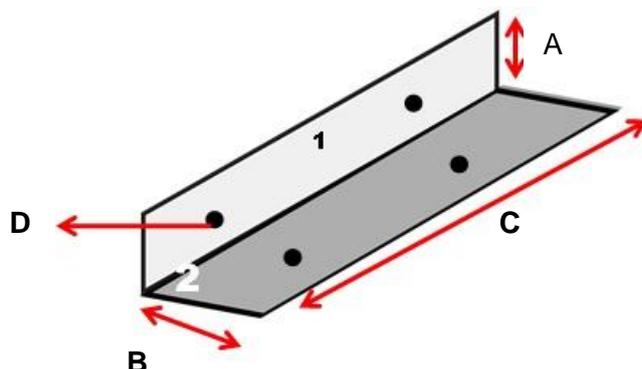


Fig.20 Así es como debe de quedar tu soporte del adaptador.

- A. Altura: es la misma medida que tiene de grosor la barra.
- B. Ancho: es el ancho que tiene tu telescopio
- C. Largo: es el largo que tiene tu telescopio
- D. Orificios: esos se hace de igual tamaño y a una distancia regular (no muy juntos, pero tampoco muy separados).

Las medidas serán según el tamaño de tu telescopio, en nuestro caso la placa es de aluminio con el largo C de 15cm, el ancho B es de 5cm y A es 1cm.

Área 1. Es el lado por la cual vas a sujetar el “soporte” a la “barra”, a esta área se le debe hacer dos orificios simétricos respecto de la mitad y que también se los debes hacer a la “**barra principal**” (como se muestra en la fig.19), deben ser iguales a los del área 1 para que puedan encajar bien.

Área 2. Es el área que va a sostener el adaptador, y en la cual se hacen dos agujeros los cuales son los que sujetarán el adaptador.

Y una vez ya hecho el soporte del telescopio se monta por el área “1” en la **barra principal**, se fijan con los tornillos.

ADAPTADOR DEL TELESCOPIO

Este adaptador es simplemente un tubo de “PVC” y para hacerlo solo tienes que buscar un pedazo de un tubo que tenga un radio superior al del telescopio.

Y lo que utilizarás son:

- Un tubo de "PVC" de un diámetro mayor (unos 2cm) que el diámetro del telescopio.
- 8 tornillos (1/8pulgada) con tuerca y de 4cm, o del radio del tubo de PVC
- Un taladro con broca de 1/8 de pulgada
- Machuelo para los tornillos que compraste

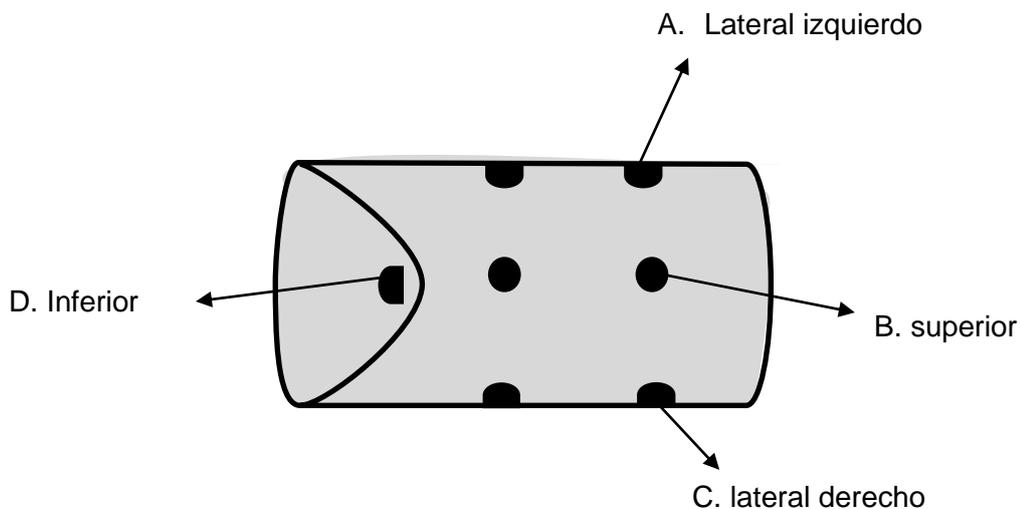


Fig. 21 A-B-C.- Son los orificios que van a ajustar y sostener el telescopio en el interior del tubo. **D-** son los orificios por los cuales cruzan los tornillos para que quede sujeto al soporte, que a su vez estará sobre la barra principal.

Importante: si tu telescopio tiene alguna barrera o botón que sobresalga, puedes cortar el tubo de PVC (así como se muestra en la imagen) de tal manera que el telescopio pueda entrar muy bien y acoplarse.

Donde hacer los orificios

1.-Tienes que marcar el lugar de cada tornillo y todos deben de estar separados por la misma distancia, separados un ángulo de aproximadamente 120 grados.

Los orificios inferiores, deben de ser de la misma medida que los que pusiste en el soporte.

2.- una vez ya marcado el lugar de los orificios, tienes que perforar el tubo de "PVC" con un taladro y broca.

3.-Después de haber hecho los agujeros, tienes que meter un machuelo para que marque la cuerda en cada orificio, y así pueda entrar y salir el tornillo, lo que permitirá ajustar la inclinación con mucha precisión.

4.- ahora ponlo en el “soporte” por el lado “D” y apriétalo con los tornillos. **Cuidado:** no lo aprietes mucho por que podrías romper el tubo de “PVC”

FILTRO SOLAR PROTECTOR DE LA CÁMARA

¿Qué es el filtro solar protector? Es un cristal especial que se pone al frente del telescopio para que impida la entrada del exceso de luz, e impide que la cámara quede segada o que alguien se lastime los ojos si por accidente observa a través de él. ¡¡NUNCA OBSERVES EL SOL POR UN TELESCOPIO PUEDES QUEDAR CIEGO!! El filtro está hecho de un cristal especial que impide que los rayos dañinos a la vista pasen (la puedes comprar en las tlapalerías: vidrio de careta de soldador del No. 14 o mayor). Y esa misma recortarla a la misma medida que la lente frontal del telescopio, en una vidriería pueden ayudarte a cortarlo.

Y ahora tienes que hacer una base en la cual quede fijo el filtro al telescopio, la puedes hacer con una tapadera que entre o quede ajustada al lente de tu telescopio.

Como lo vas hacer:

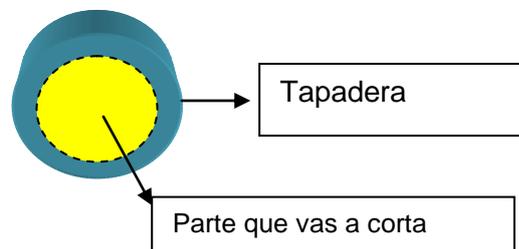


Fig.22 La parte de color amarillo es el área que vas a recortar y en esa área es en donde va a quedar tu cristal o la lente que va a proteger del exceso de luz a tu cámara.



Fig. 23 Y así es como te debe de quedar la tapadera de agua ya con el área indicada recortada

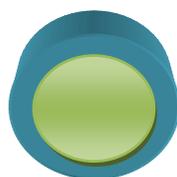


Fig. 24 Por ultimo tienes que poner el cristal protector en la tapadera, pégala con un poco de silicón a la orilla para que no se mueva o caiga. O puedes hacer de la manera que mejor te convenga pero con el **fin que protejas a tu cámara y ojos de no quedar segada.**

PASOS PARA ENFOCAR LA CÁMARA

Una vez que ya tengas la cámara CCTV o web en funcionamiento (que la imagen captada de la cámara sea proyectada en la TV o display de la laptop) sigue los siguientes pasos para acoplarla al telescopio óptico y enfocarla. No uses el Sol ni el filtro en esta sección !!!.

La cámara y el telescopio ajustan su foco de manera independiente, esto permite ver objetos con claridad a corta distancia y a larga distancia.

Empecemos por enfocar el telescopio a un objeto que se encuentre a corta distancia. Para ello los telescopios traen una perilla, la cual si la giras a la derecha o izquierda, vas a poder enfocar objetos a larga o corta distancia. Experimenta y recuerda el sentido en que se debe girar para lograr el enfoque final de ambas componentes: la cámara y el telescopio acoplados.

- 1) Una vez ya enfocado tu telescopio toma la cámara y ponle el adaptador (arma con madera o plástico, un cilindro para que se pueda insertar y sujetar frente al objetivo del telescopio la cámara de manera que pueda quedar fija frente a él. Ahora debes de enfocar la cámara ya puesta en el telescopio (que ya había sido enfocado). Para esto las cámaras tienen la lente del frente montada en un tornillo, así que gira hasta enfocar la imagen.
- 2) Ahora pon la cámara enfrente del objetivo del telescopio y ve en la TV cual es la calidad de la imagen.

Como enfocar tu cámara a corta distancia

- a) Como primer paso tienes que tomar tu telescopio y enfocar en un objeto que se encuentre a corta distancia
- b) Para enfocar la cámara a corta distancia debes de girar la lente hacia la izquierda (no gires la lente a su totalidad por que la puedes sacar y podrías dañar la cámara).
- c) Solo gira la lente una o dos veces y vuévela a poner en la lente del telescopio y verifica en la TV si mejoro la imagen.
- d) Si es que mejoro sigue girando la lente pero solo gírala una o media vuelta y conforme va mejorando la imagen sigue girando.
- e) Vuelve a poner en la lente del telescopio y verifica que la imagen este más clara
- f) Si es que no mejora repite los pasos desde el punto "b".

CUIDADO: si es que giras bastante la lente también te puedes pasar de nivel de enfoque, cuando veas que no mejora la imagen has lo contrario en la manera de girar, (en lugar de girarlo a tu izquierda gíralo a tu derecha).

Como enfocar tu cámara para una larga distancia

- A. como primer paso tienes que tomar el telescopio y enfocar en un objeto que se encuentre a una larga distancia.
- B. toma la cámara y gira la lente "una" o "dos" veces (cuidado no la gires a su totalidad por que podrías dañar la cámara).
- C. Coloca la cámara en el telescopio y ve en tu TV cual fue la mejora de la imagen (entre más clara esté la imagen es porque está mejorando y la lente necesita menos giros).
- D. Ahora ya solo gira la lente a medios o cortos giros para que no te pases, ve poniendo en el telescopio y checa en la TV cual fue la mejora de la imagen.
- E. Repite el paso "D" hasta lograr obtener la mejor calidad de la imagen.

CUIDADO: porque si girar mucho la lente también te podrías pasar de enfoque, y tienes que girarlo al lado contrario de derecha a izquierda para que la puedas enfocar.

CALIBRA EL TELESCOPIO ÓPTICO

Una vez que ya tengas los siguientes puntos ya hechos:

- ✓ El soporte del adaptador ya colocada en la barra principal
- ✓ El adaptador del telescopio con los tornillos puestos, y ya ajustado en su soporte
- ✓ El filtro protector de la cámara

Ya puedes meter el telescopio al adaptador. En caso de no entrar afloja los tornillos, cuando ya esté dentro aprieta un poco los tornillos.

Y ahora a calibra tu telescopio

Primero debes de hacer lo siguiente:

- a).-Dirigir la antena hacia el Sol
- b).- Ahora revisar en la TV hacia donde está apuntando el telescopio óptico, puedes usar una referencia pintando un círculo y una cruz como se muestra en las siguientes figuras. En base a esa información comienza a calibrar tu telescopio.

Si quieres mover el telescopio hacia arriba: entonces debes de aflojar un poco el tornillo superior y apretar más los tornillos laterales.

Si lo quieres mover hacia abajo: debes de aflojar un poco los tornillos laterales y apretar un poco más el tornillo superior

Hacia la izquierda: entonces debes de aflojar el tornillo lateral izquierdo y apretar un poco más el tornillo inferior derecho.

Hacia la derecha: para eso debes de aflojar un poco el tornillo lateral derecho, y apretar un poco más el tornillo inferior izquierdo.

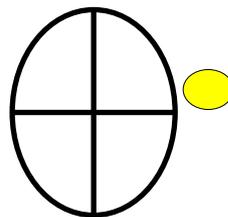


Fig. 25 Si la imagen es parecida a esta entonces lo que debes de hacer es mover tu telescopio más hacia la derecha de tal manera que quede centrada al sol.

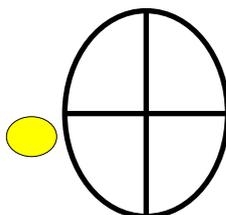


Fig. 26 Si la imagen que se ve en el telescopio es parecida a esta entonces mueve el telescopio más a la izquierda.

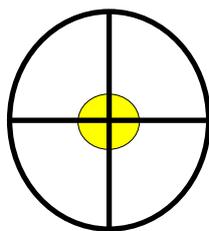


Fig. 27 Así es como se debe de ver en la TV el Sol para quedar calibrado el telescopio y acoplado a la antena.

CONTRAPESO

Es muy útil ya que va del lado de atrás de la antena y evita que por el exceso de peso que tiene enfrente se valla hacia adelante, (el contra peso mantiene en equilibrio a la antena).

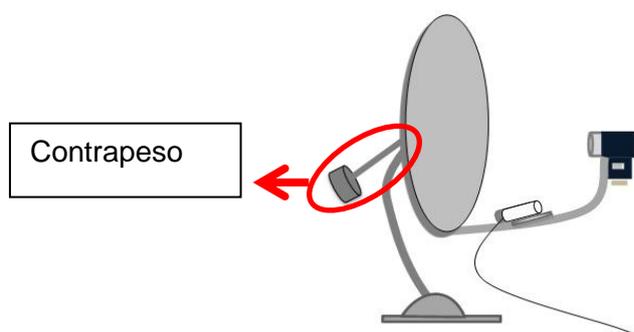


FIG.28 Puedes utilizar un contrapeso de un telescopio que tengas, o algún otro objeto que te pueda funcionar como contrapeso.

Para hacer un contrapeso vas a utilizar:

- Cemento
- Un bote de metal de $\frac{1}{4}$ de litro (puedes utilizar un bote de leche)
- Una perilla o tubo de metal de 2cm de ancho y 50 cm de largo
- Un pedazo de tubo que sobresalga del bote de metal y de un ancho en donde pueda entrar la perilla o tubo
- Un tornillo con cabeza mariposa
- Un taladro con broca para acero adecuado para meter el machuelo y tornillo
- Machuelo para hacer la cuerda del tornillo que sujeta el contrapeso

Y sigue los siguientes pasos: 1o. Revuelve una poco de cemento (lo que tu creas suficiente para $\frac{1}{4}$ litro).

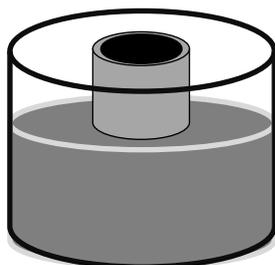


Fig. 29 (2o.) Toma el bote de $\frac{1}{4}$ litro, y pon el pedazo de tubo justo en medio y ahora vierte el cemento en el bote sin rellenar el tubo. Te debe de quedar igual que la imagen,

debes de dejar libre o sin rellenar la parte del tubo por que por ahí va a cruzar el tubo que lo sostiene. Y déjalo secar por un par de días.

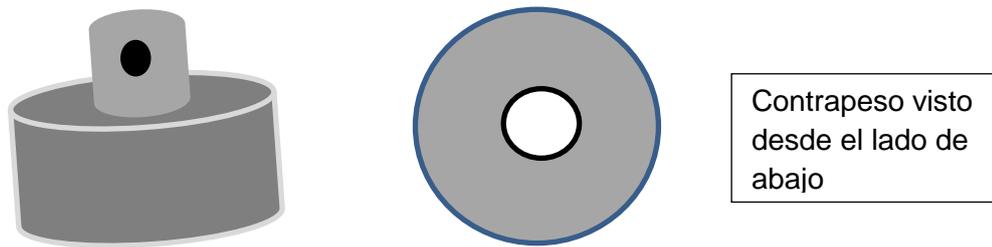


Fig. 30 Una vez que ya haya secado muy bien sácala del bote y te debió de haber quedado algo parecido a la imagen.

3.- Ahora le tienes que hacer un orificio al tubo (solo será en una cara del tubo, es decir que no cruzará el tubo por completo), después le tienes que meter un machuelo para que marque la cuerda del tornillo y pueda quedar sujeto.

4.- Tienes que hacer un tornillo prisionero, de preferencia con cabeza de mariposa, si no lo consigues en la ferretería, puedes usar una tuerca mariposa, lo único que tienes que hacer es meter el tornillo por el orificio de la mariposa y apretar hasta el final.

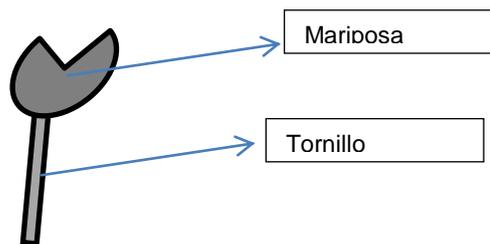


Fig.31 Una vez ya hecho el prisionero lo tienes que poner en el contrapeso.

5- Acoplarle un tubo con el que se sujetará a la antena, como se muestra en la figura 32 siguiente,

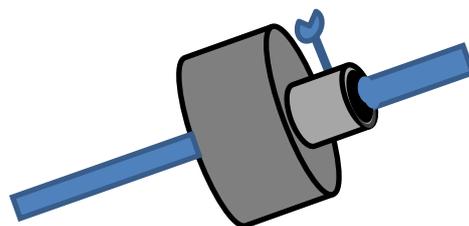


Fig.32 Tu contrapeso tiene que quedar de esta manera ya armado con el tornillo y la barra que lo va a sostener.

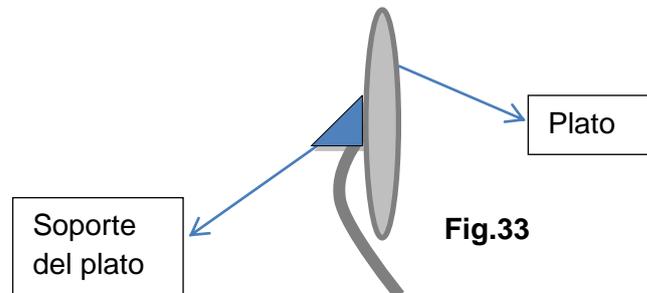
Ahora lo tienes que montar en la parte de atrás del radiotelescopio.

Para ponerlo en el radiotelescopio lo puedes hacer de la manera que tú quieras con la condición de que quede fijo a la barra que sostiene el plato.

No puedes atornillar al plato porque podrías dañar la superficie de la antena, y afectar seriamente el radiotelescopio (no tratar de sujetarlo al plato)

Pero si puedes usar las siguientes opciones:

- Puedes soldar una pieza extra al soporte del plato o antena (ver figura 33)
- Puedes atornillarla al soporte de la antena
- Usar cualquier otra forma sin dañar o alterar la superficie del plato



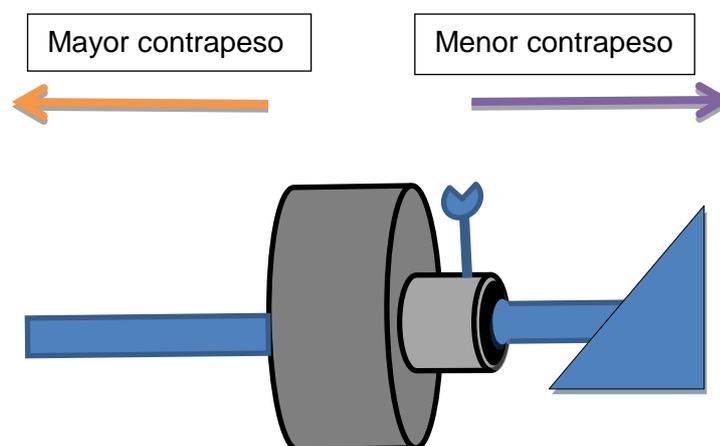
BALANCEO DE LA ANTENA CON EL CONTRAPESO

Tu contrapeso lo puedes mover hacia adelante, hacia atrás depende el peso que tenga tu antena.

Cada vez que quieras mover tu contrapeso debes de aflojar el tornillo (girarlo hacia la izquierda).

Y cuando quieras que quede fijo debes de apretar muy bien el tornillo (girarlo hacia la derecha).

El contrapeso se usa dependiendo el peso que tenga adelante tu antena y entre más peso tiene “el contrapeso se mueve hacia atrás alejándolo de la antena”. y entre menos peso tenga la antena “el contrapeso se mueve más hacia adelante acercándolo a la antena”



MONTURA ALTAZIMUTAL

En la construcción del radiotelescopio se utilizó una **antena comercial de 76cm, para recepción satelital, con foco desplazado**, se construyó una **montura alt-azimutal** utilizando un rin de auto y un balero, este último se soldó en medio de una placa de metal de 40cm x 40cm y a una balata, la cual se sujetó al rin con tornillos. Para balancear la antena, se agregó, en la parte trasera, un **contrapeso**. La base de la antena comercial se montó, mediante tornillos, sobre la placa de metal, previamente perforada. Las dimensiones de la antena otorgan al radio telescopio sensibilidad suficiente para detectar radiación proveniente del Sol y la Luna en un intervalo de radiofrecuencias entre 10 y 12 GHz. Además, son prácticas de manejar y permiten apuntar a algún satélite u otro objeto. Estas antenas no son de alto costo y son fáciles de obtener. En ingeniería se utiliza el término antena para designar únicamente al elemento que colecta la radiación, i.e., el plato, mientras que en radioastronomía se le llama antena al detector con el plato reflector. En este último sentido lo usamos en el presente trabajo.

Como puedes hacer la base de tu telescopio

Para hacer la base de tu telescopio vas a necesitar

- Un rin de coche R14.....
- Una placa de metal de 40 por 40cm.....
- Un Balero de una radio de una pulgada.....
- 4 tornillos grandes con sus rondanas (puedes usar cualquier tipo de tornillo)
- Un disco de frenos.....
- Los tornillos que trae la misma base de la antena
- Un pedazo de tubo de 3 pulgadas de largo y un radio igual a la del balero
- una solera de 3 pulgadas de largo, 3 milímetros de grosor, y 6 pulgadas de largo

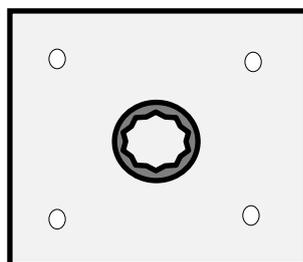
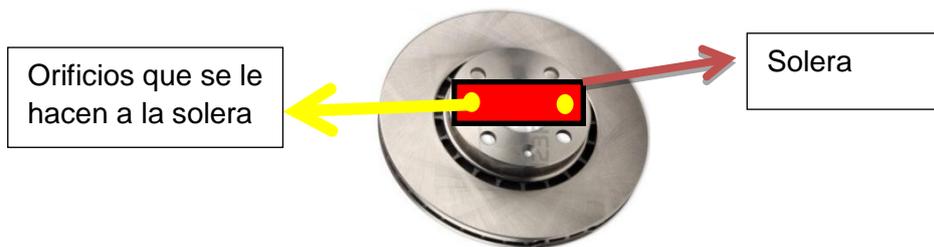
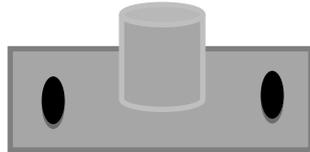


Fig.35 Como primer punto tienes que tomar la placa de metal y soldarle el balero justo en el centro, después toma la base de la antena (*la base de la antena es la que te da tu distribuidor*) y ponla encima de la placa, de tal manera que quede centrada y marca el lugar de los orificios, una vez ya marcados quita la base y has los agujeros con ayuda de un taladro.



3.- **Fig.36** Ahora toma la “solera” y ponla encima del “disco de frenos” obstruyendo a un agujero de cada lado y marca el lugar del mismo.



2.- **Fig.37** Una vez ya marcado retira la “solera” y has las perforaciones con ayuda de un taladro.

Y ahora toma el pedazo de tubo de 3 pulgadas y suéldalo justo en el centro de la solera

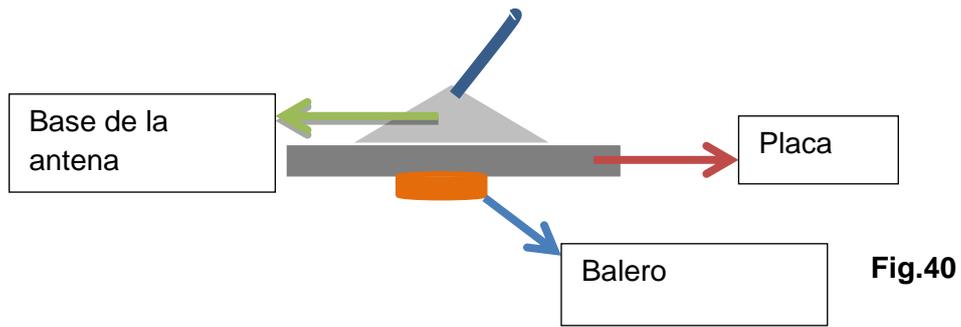


4.- **Fig.38** (en esta imagen podrás apreciar el orden de cada parte). 1.- toma el rin, ponle encima el disco de frenos, después pon la solera por encima del rin, y por ultimo atorníllalos.

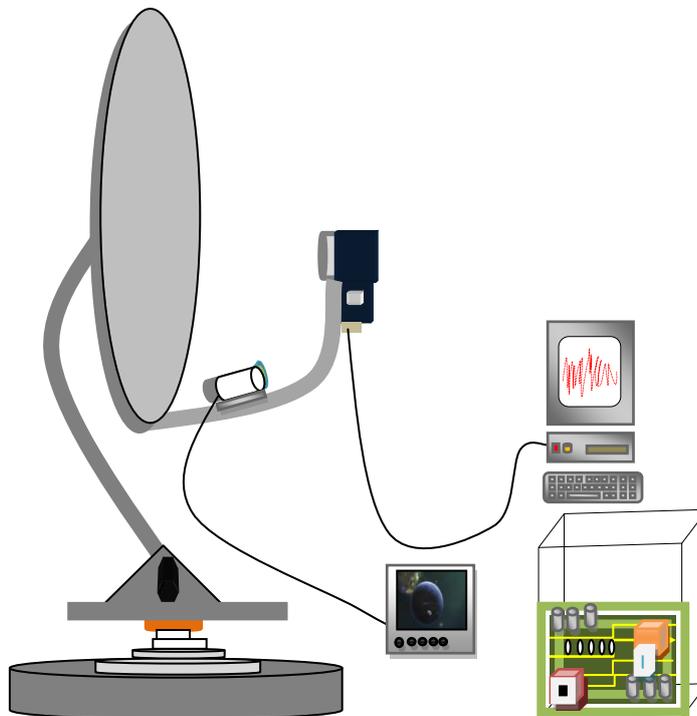
Te debe de quedar así



5.-**Fig.39** (en la siguiente imagen vas a poder apreciar el orden de como poner la base del telescopio y la placa de metal). Como por ultimo tienes que atornillar la base de la antena a la placa de meta quedando el balero por debajo.



Por ultimo toma la base de la antena (ya atornillada a la placa de metal y ponla encima de la base introduciendo el tubo por el balero y de esta forma ya podrá girar.



SEGUNDA PARTE: TEORÍA BÁSICA

¿QUÉ ES UNA ONDA?

Tenemos tres sentidos que captan ondas: el tacto, el oído y la vista. Un temblor lo podemos percibir con el tacto, un sonido fuerte también y por último todo aquello que podemos ver (luz) también es una onda. El caso del sonido podríamos entenderlo simplemente como variaciones de presión que se mueven en el aire y que tienen un comportamiento periódico, es decir, que se repiten de modo regular. El caso de un temblor serían variaciones casi periódicas del nivel del suelo o del punto de referencia en él. Hay dos tipos de ondas: transversales y longitudinales (ver figuras siguientes), entre estos dos, ¿cuál es el caso para el sonido, el temblor y la luz?

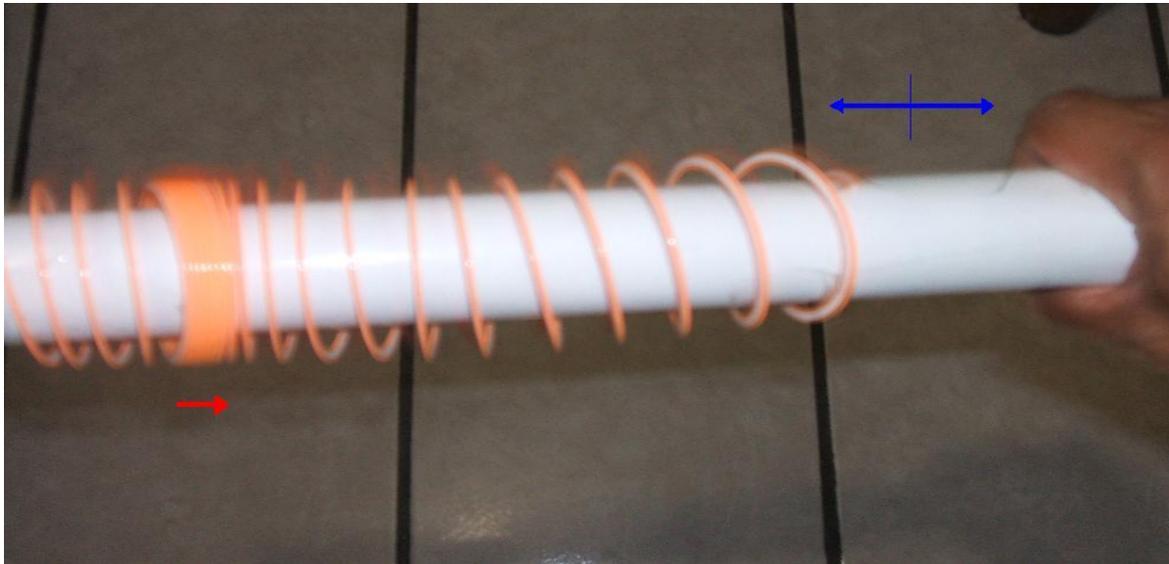


Figura 43. Fotografía y Esquema de una onda longitudinal



Figura 44. Fotografía y Esquema de una onda transversal

El sonido es una onda longitudinal, el temblor lo es también cuando se trasmite dentro de la tierra, pero en la superficie se convierte generalmente en una onda transversal, como la luz, la cual es una onda en donde las variaciones de campo eléctrico y magnético varían perpendicularmente entre sí y con respecto a la dirección del movimiento.

El caso del sonido es el más sencillo para experimentar y recordar las cualidades de las ondas: intensidad, tono y timbre. Estas a su vez están relacionadas con parámetros físicos y conceptos prácticos. Así, la intensidad del sonido es conocida como volumen, Cuando gritamos y susurramos una letra, por ejemplo la A , la diferencia es el volumen o intensidad y el parámetro físico asociado es la potencia de la onda sonora. El tono nos permite distinguir lo grave de lo agudo, por ejemplo, entre las vocales I y O, la I suena como si chillara un ratón, es un sonido agudo y el otro, la O, es un sonido grave. El parámetro físico asociado con el tono es la frecuencia de la onda, es decir, la rapidez de los cambios de presión, así para los sonidos agudos la frecuencia es alta, y muchos cambios de presión llegan a nuestro oído en un segundo; para los sonidos graves recibimos menos cambios de presión en un mismo tiempo . Resumiendo, frecuencias altas son sonidos agudos y frecuencias bajas dan sonidos graves.

La última cualidad del sonido mencionada anteriormente fue el timbre, éste nos permite diferenciar entre diferentes instrumentos, no suena igual el violín que el piano. Esta cualidad se debe a que el sonido que emite cada uno de ellos es, en realidad, una mezcla de varias frecuencias cercanas o de múltiplos enteros de ella, pero si permitimos que dominen algunas de éstas, el sonido cambiará ligeramente dándole el sonido característico a cada instrumento. Cuando la mezcla se hace con ondas sonoras de diferente frecuencia e intensidad lo que generamos es ruido. Por el contrario cuando la mezcla se hace con ritmo y armonía el resultado es música. El parámetro físico relacionado con el timbre es la modulación, esta nos permite reconocer la voz de cada integrante de nuestra familia. ¿Confundirías la voz de tu mamá con la de tu papá?

Como ya mencionamos, los temblores también son ondas que pueden medirse y se caracterizan por estos tres parámetros: la intensidad del sismo, medida en escalas como la de Richter o Mercalli; la frecuencia y la modulación de la vibración, que nos permiten caracterizar el tipo de suelo a través del cual se propagó la vibración.

Por fin, llegamos al fenómeno indispensable para el astrónomo: las ondas electromagnéticas, en particular la luz. La principal tarea de un astrónomo es medir estos tres parámetros para las ondas electromagnéticas: la intensidad de la luz, su frecuencia y su modulación del haz de luz. ¿Cómo se puede lograr esto? Tenemos varios ejemplos cotidianos que nuestros ojos perciben: la luz del Sol es más intensa que la luz de una vela, los colores los podemos distinguir uno de otro gracias a que tienen diferente frecuencia y, por el fenómeno de refracción de una onda, podemos saber que un haz de luz blanca es en realidad la mezcla de ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias (colores), el arco iris es por el contrario la descomposición de la luz blanca en todas (o casi todas) sus componentes convirtiéndose en una bella demostración de este hecho.

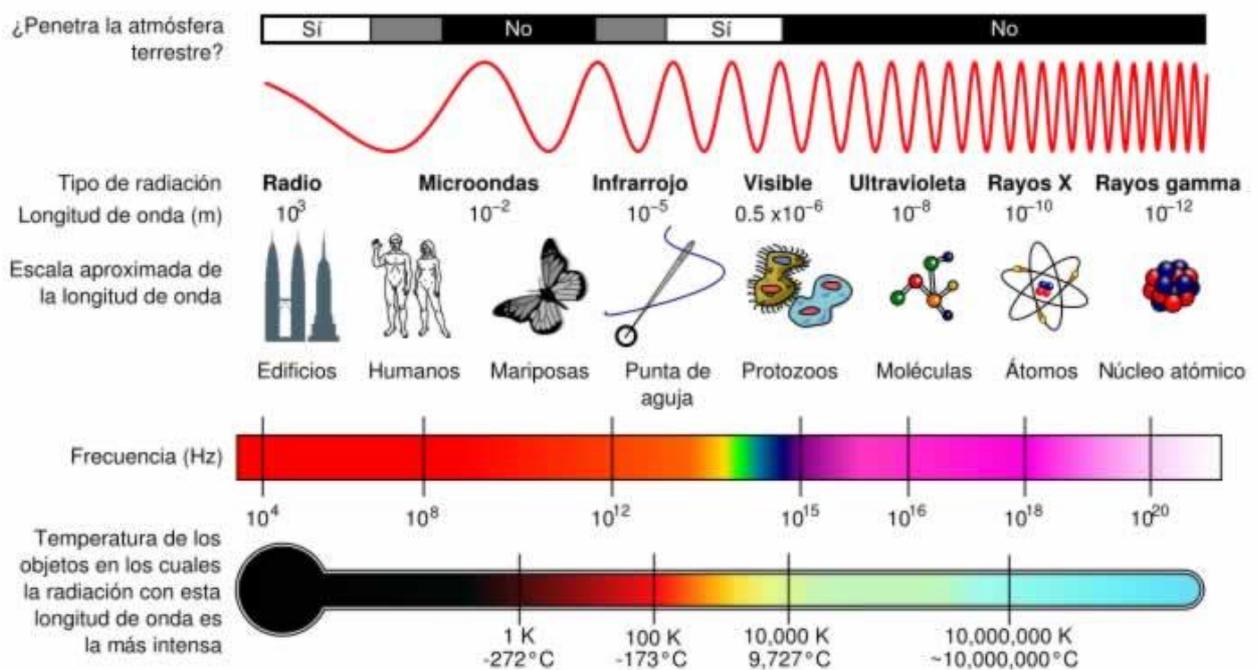
La Astronomía basa sus principales resultados en los datos que colecta mediante sondas espaciales y por medio del análisis de las ondas electromagnéticas que recibimos en la tierra de diferentes frecuencias, estas se dividen como: radio, microondas, infrarrojo, luz

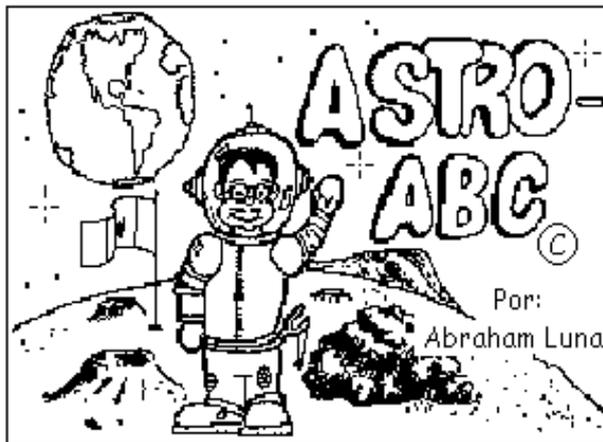
(visible), ultravioleta, rayos X y rayos cósmicos. Las **ondas electromagnéticas** son variaciones del campo eléctrico y, perpendicularmente a él, del campo magnético. Juntos se mueven, en una dirección perpendicular a ambos, con una rapidez mayor a la que ningún objeto se puede desplazar, aproximadamente 300 000 km/s en el espacio exterior.

Para conocer qué produce una onda electromagnética, recordaremos el caso del sonido, en el cual la onda se genera por un movimiento mecánico, lo suficientemente rápido y periódico, que al interactuar con el aire que lo rodea, cause las zonas de mayor y menor presión consecutivamente. Algo muy parecido será un temblor, sólo que aquí el modo de propagación (medio) es la tierra y no el aire. Para el caso de las ondas electromagnéticas hay tres formas y no necesitan de un medio:

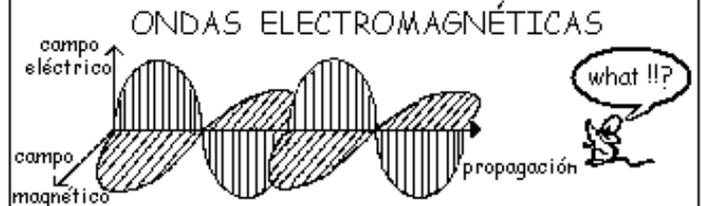
- Cambios energéticos a nivel atómico o molecular, que producen transiciones electrónicas y/o transiciones moleculares rotacionales y/o vibracionales.
- Aceleración de cargas eléctricas, como en las estaciones radiodifusoras..
- Cargas a velocidades comparables a la de la luz, conocida como radiación Cherenkov.

Finalmente queremos mostrarte que las ondas electromagnéticas son temas de todos los días.





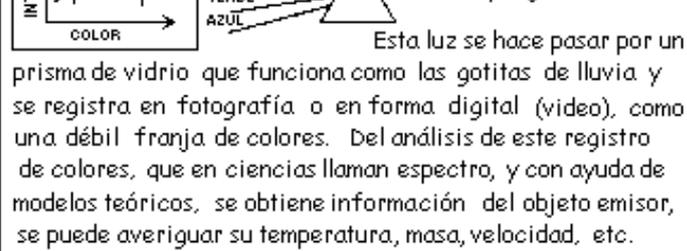
¿Y qué es la luz?, ¿qué información podría traer del astro que la emite?. Para llegar al conocimiento actual de estas incógnitas, debieron pasar varios siglos y grandes genios como Newton, Huygens, Faraday, Maxwell, Lorentz, etc. Quién concreta la idea principal es Maxwell en 1865, concluyendo que la luz es el movimiento de perturbaciones electromagnéticas, que hoy en día llamamos:



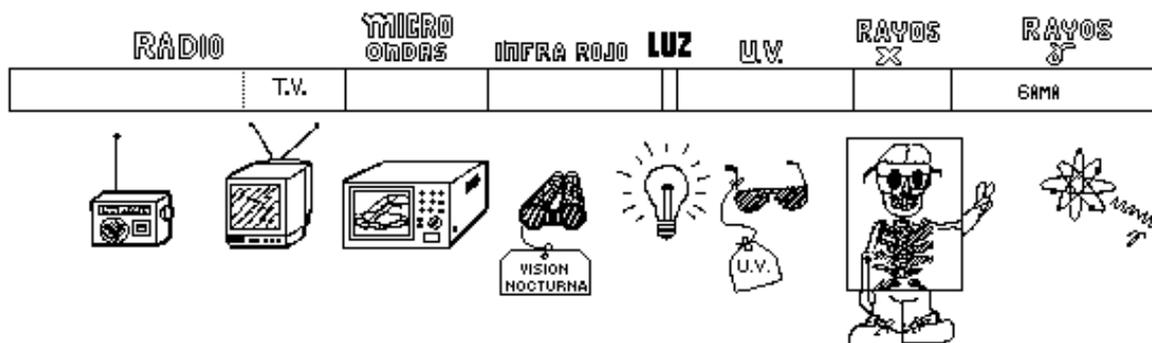
ARCOIRIS

Un fenómeno interesante y bello es el arco iris. En este, la luz que llega del sol es descompuesta por las gotas de lluvia en un arco de hermosos colores. Este fenómeno nos permite entender que la luz está compuesta de luz de varios colores, o como dicen los físicos, de varias "longitudes de onda".

En astronomía, este mismo fenómeno, se emplea con la débil luz que nos llega de otras estrellas y objetos celestes.



El espectro electromagnético completo:



Muchos de los aparatos comunes en nuestros días, emiten, reciben, registran o nos protegen de las diferentes regiones en que se ha seccionado al amplio espectro electromagnético. Las ondas de radio y T.V. que nos acompañan todos los días, los hornos de microondas, los visores nocturnos y la detección infraroja que ayuda con las predicciones meteorológicas, los focos de casa y de alumbrado público, los lentes que nos protegen de la radiación ultravioleta del sol que se cuela a través de la atmósfera, los rayos "X" que auxilian en el diagnóstico de fracturas en medicina y el uso de isótopos radiactivos en quimioterapia contra el cáncer, son algunos ejemplos donde vemos relacionados ciertos fenómenos con las **ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS**.

TERCERA PARTE

PRÁCTICAS Y EJEMPLOS:

La región de radio del espectro electromagnético ofrece, mediante las observaciones, oportunidades muy interesantes desde el punto de vista didáctico, ya que permite que el alumno aborde temas en áreas como física, astronomía, electrónica, computación y telecomunicaciones. La banda de radio tiene la ventaja de ser poco o nada afectada por las condiciones climáticas, la hora del día o la estación del año. Siempre se pueden detectar objetos astronómicos interesantes como el Sol, la Luna, los planetas, remanentes de supernovas y galaxias. Si nuestros ojos pudieran detectar en la banda de radio, nuestra visión del cielo sería completamente diferente a la que observamos en la región visible del espectro (Figura 45).

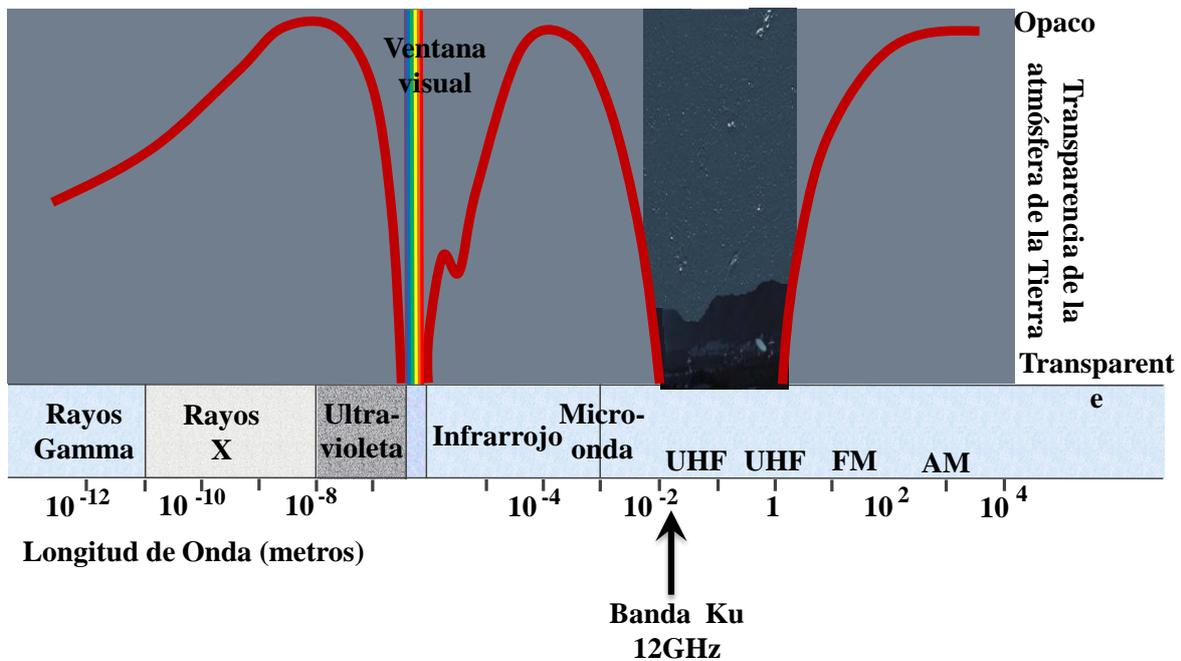


Fig.45. Espectro Electromagnético, indicando la banda Ku a 12 GHz

Mencionaremos algunas prácticas y ejemplos que son posibles de desarrollar con el RTD2.

- Patrón de antena a diferente frecuencia 3, 12, 43, 90 GHz, usando el 'beacon' (faro) de satélites geoestacionarios.
- Patrón de antena a diferente frecuencia 3, 12, 43, 90 GHz, usando el Sol como fuente (ver ejemplo preliminar en apéndice).
- Calibración de apuntado con satélites geoestacionarios y con fuentes naturales (másers).
- Calibración de flujo con el Sol y Luna.

Ejemplo: Caracterización del patrón de antena

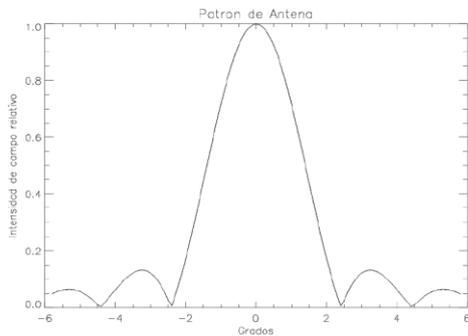
Una superficie parabólica iluminada uniformemente con una apertura circular, tiene un patrón de radiación teórico dado por la expresión siguiente en el SI:

$$E(\varphi) = (2\lambda/\pi D) J_1[(\pi D/\lambda) \sin \varphi] / \sin \varphi,$$

en donde, D es el diámetro de la apertura, λ es la longitud de onda en el espacio libre. es el ángulo con respecto a la normal de la apertura y J_1 es la función de Bessel de primer orden.

Para este ejemplo sustuiremos valores de una antena pequeña que se está caracterizando. Sus parámetros son: $D = 0.76$ m y $\lambda = 0.0256$ m

Patrón de radiación para la apertura circular de 0.76 m con una iluminación uniforme.



Parámetro	Valor
Resolución (ϕ_0)	2.36°
BWFN	4.72°
HPBW	1.95°
Directividad (d)	39 dBi
Ganancia (G)	37 dBi
Eficiencia de la antena (k)	60%

Parámetros de antena obtenidos para una apertura de 0.76 m.

3.3: Patrón de radiación para la apertura circular de 0.76 m con una distribución

Figura 46. Patrón de antena teórico y sus parámetros fundamentales.

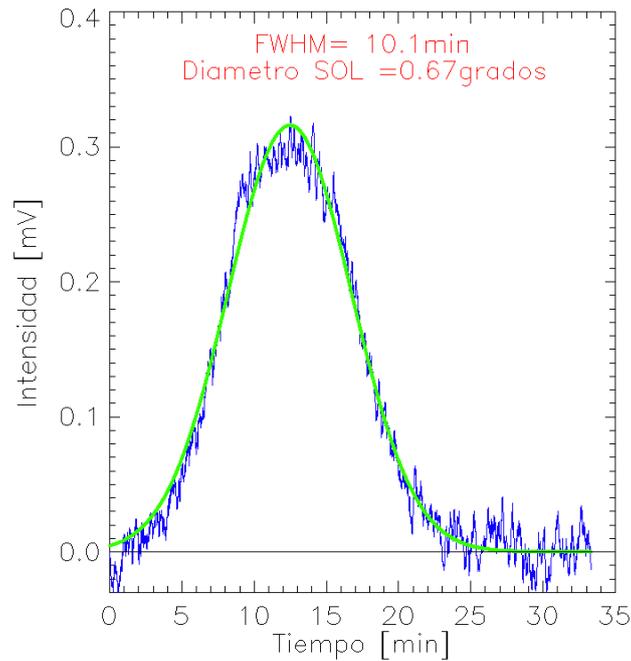


Fig. 47. Trazado del patrón de antena usando el Sol. Datos del voltaje medido durante un tránsito del Sol. El diámetro solar medido a 12 GHz resultó de 36 minutos de arco.

El primer nulo del patrón de radiación, es el ancho del lóbulo principal, físicamente este parámetro se conoce como la resolución y está dado por:

$$\varphi_0 = \arcsen [1.22\lambda/D]$$

En nuestro caso el primer nulo es de 2.36 grados. Esto se abrevia como BWFN (Beam width between first nulls) es de 4.72 grados. El ancho del lóbulo respecto a la potencia media, HPBW, se obtiene mediante:

$$HPBW = 58D/\lambda = 1.95 \text{ grados}$$

La directividad (d) de una apertura circular iluminada uniformemente se obtiene:

$$d = 4\pi \text{ área}/\lambda^2 = 9.87(D/\lambda)^2 = 39\text{dBi}$$

Y la ganancia de la antena se determina usando:

$$G = 6(D/\lambda)^2 = 37\text{dBi}$$

La eficiencia de la antena no es del 100%, entonces la ganancia debe ser menor que la directividad, y se tiene que:

$$G = kd$$

Donde k es el factor de eficiencia de la antena. En este caso $k = G/d = 5288/8699 = 0.6$. Lo que significa que la antena tiene una eficiencia del 60 %.

OTROS PROYECTOS

Con una antena de mayor diámetro y en otras bandas, puede intentarse detectar objetos como remanentes de supernova o nebulosas como la de Orión. En la siguiente grafica te damos una idea de las bandas que se pueden utilizar y los objetos que podrías observar.

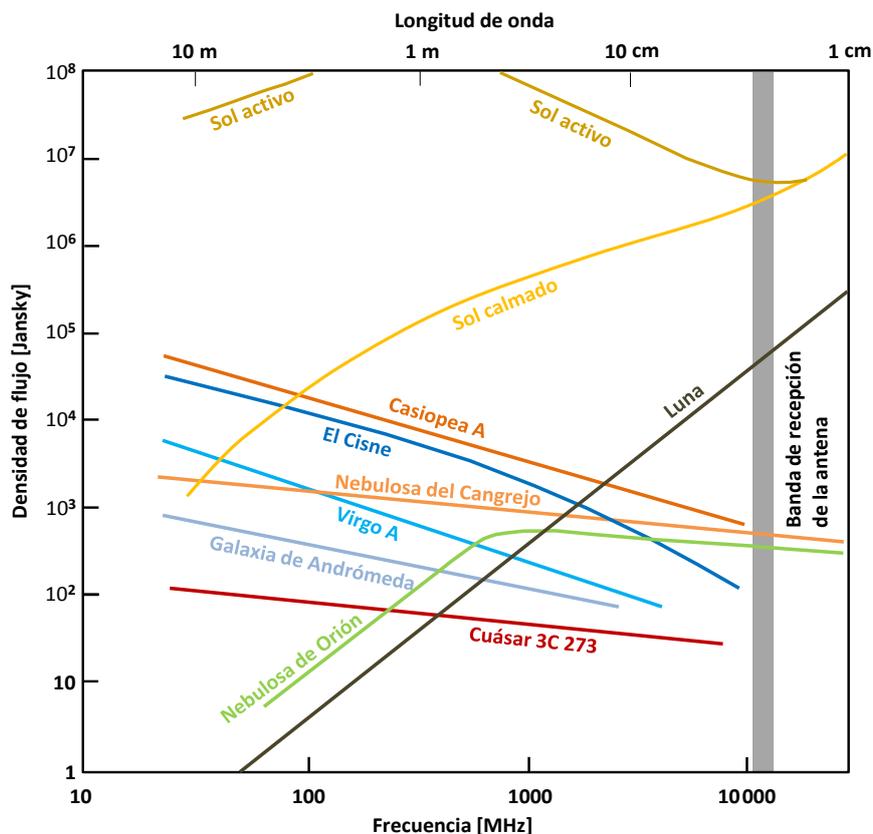


Fig. 48. Diagrama que ilustra la intensidad de fuentes de radiación como función de la frecuencia (banda Ku). La línea gris marca el rango de frecuencia que una antena satelital de TV puede detectar. (1MHz=1 000 000 Hertz)

Un método mas sofisticado para alinear con mayor precisión el telescopio óptico de guiado y la antena es alinearlos usando el “tránsito” del Sol detrás del satélite geoestacionario SATMEX 5. Existen dos satélites mexicanos SATMEX 5 y SATMEX 6 que se encuentran en órbitas geoestacionarias. Se tienen datos precisos de las fechas en que el Sol pasa detrás de estos satélites. Como la radiación del Sol es intensa, es posible detectarlo con el radio telescopio construido. Estas fechas fueron del 26 de septiembre al 4 de octubre de 2012, de 19:40 a 19:57 GMT para SATMEX 5 y de 19:22 a 19:39 GMT para SATMEX 6. Es importante aclarar que se pueden usar otros satélites y otros objetos celestes.

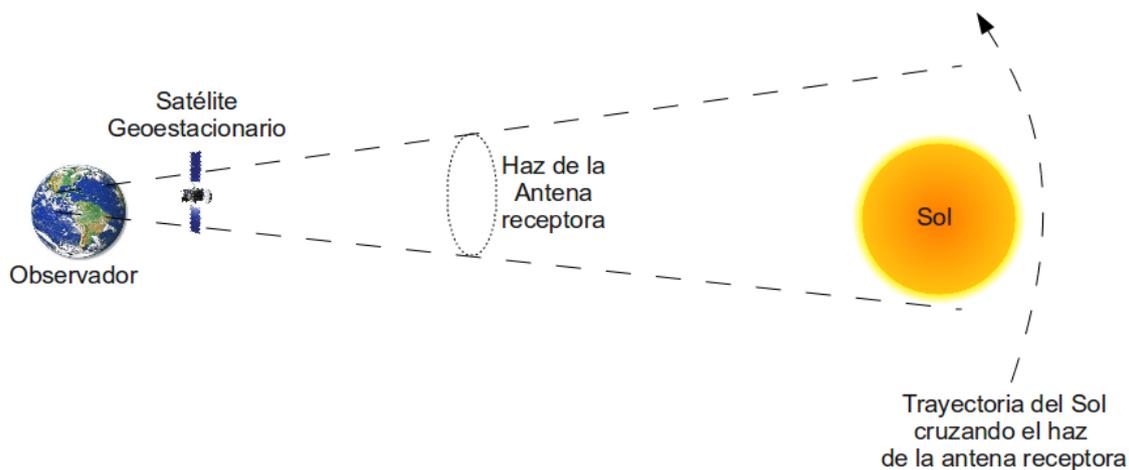


Fig. 49. Interferencia solar de satélite de telecomunicaciones. En el esquema se muestra la disposición del observador, el satélite y el Sol en fechas de interferencia solar para un satélite. Durante las fechas iniciales de interferencia, el tránsito es cercano a una tangente al disco solar, en fechas intermedias pasa por el diámetro solar y para el final del periodo de interferencia vuelve a trazar cuerdas, para finalmente una tangente. De esta manera se puede alinear el buscador y trazar el patrón bidimensional de una antena pequeña.

BIBLIOGRAFÍA:

- Gunter D. Rotht, "Handbook of Practical Radioastronomy", Springer, 2009
- Jeff Lashley, "The radio sky and how to observed it" Springer, 2100
- John D. Kraus, & Ronald J. marhefka, "Antennas, for all applications" McGraw-Hill, 2003
- John Fielding "Amateur Radioastronomy" Radios society of great Britain 2008
- Science in school
<http://www.scienceinschool.org/2012/issue23/telescope#w2>

APENDICE A: Programa de Arduino

```
/* DAQ_RT
ESTE PROGRAMA ES CAPAZ DE ADQUIRIR DATOS ANALOGICOS Y
DIGITALIZARLOS
A TRAVÉS DE UNA PLACA DE ARDUINO (UNO). EN PARTICULAR ESTOS DATOS
ANALOGICOS PROVIENEN DE UNA ANTENA DE RADIO-FRECUENCIA. ESTE
PROYECTO
PRETENDE EN GENERAL DESARROLLAR UN RADIO-TELESCOPIO CON FINES
DOCENTES
Desarrolladores: Gisela Domínguez Guzmán
                  JCastill
                  Abraham Luna Castellanos
Ultima Actualización: 15 de agosto de 2012
Versión: 1.0
Estado: CUANDO ES CONECTADO POR PRIMERA VEZ EL ARDUINO MUESTRA UN
LOGO Y
        EL NOMBRE DE ESTE SOFTWARE. DESPUÉS DE 3 SEGUNDOS ENTRA
AL Modo_Reposo
        EN DONDE MUESTRA EL VALOR ACTUAL QUE SE TIENE EN LA
ENTRADA ANALÓGICA A0.
        SE TIENE COMUNICACIÓN CON EL ARDUINO DESDE LA PC
HABILITÁNDOLA CON EL
        CARACTER 'a', AL ESTAR EN ESTE Modo_DAQ, CON EL CARACTER
'd' SE TIENE
        RECEPCIÓN DE DATOS EN LA PC. PARA SALIR DE ESTE MODO ES
NECESARIO MANDAR
        EL CARACTER 'x'.
        POR OTRO LADO SE TIENE OTRO MODO DE OPERACIÓN QUE ES EL
ModoGraf_LCD
        ACTIVADO CON EL CARACTER 'b' O CON EL BOTÓN S1 (QUE SE
ENCUENTRA EN EL LCD),
        PINTANDO LA GRÁFICA EN EL LCD EL DATO RECIBIDO EN LA
ENTRADA ANALÓGICA A0.
        PARA SALIR SE MANDA EL CARACTER 'x' O SE OPRIME EL BOTÓN
S3.
```

```
        Aparentemente: FUNCIONAL, FALTA SER CARACTERIZADO CON
SEÑALES RECIBIDAS POR
        RADIOTELESCOPIO.
```

```
*****
```

```
BLACK          0x000
NAVY           0x800
BLUE          0xF00
TEAL          0x880
EMERALD 0x5C0
GREEN         0x0F0
CYAN         0xFF0
SLATE        0x442
INDIGO       0x804
TURQUOISE    0xDE4
OLIVE        0x286
MAROON       0x008
PURPLE       0x808
GRAY         0x888
```

```

SKYBLUE  0xEC8
BROWN    0x22B
CRIMSON  0x31D
  SKYBLUE  0xD7D
RED      0x00F
MAGENTA  0xF0F
ORANGE   0x04F
PINK     0xA6F
CORAL    0x57F
SALMON   0x78F
ORANGE   0x0AF
GOLD     0x0DF
YELLOW   0x0FF
WHITE    0xFFF

```

```

*****
*/
/*+++++
          LIBRERIAS
+++++*/
// Librerias de la LCD
#include <ColorLCDShield.h>

LCDShield lcd;
int analogValue, UM, C, D, inByte='z';
int Pixel_x, Pixel_y, Var1;
int botones[3] = {3, 4, 5}; // S1 = 3, S2 = 4, S3 = 5
char Lectura[5] = "0000";
void setup() {
  // Inicializaci3n RS232 comunicaci3n serial, 9600 bps
  Serial.begin(115200);
  // Inicializac3n de pines
  for (int i=0; i<3; i++)
  {
    pinMode(botones[i], INPUT); // Set buttons as inputs
    digitalWrite(botones[i], HIGH); // Activate internal pull-up
  }
  pinMode(2, OUTPUT);
  digitalWrite(2, HIGH);
  //pinMode(13, OUTPUT);
  //Inicializaci3n del LCD
  lcd.init(PHILLIPS); // Inicializa el LCD, si no funciona intentar
  con EPSON
  //lcd.contrast(cont); // Inicializa el contraste
  lcd.clear(WHITE); // Fondo de la pantalla
  // Presentaci3n inicial
  Logo(); // Inicializaci3n de la pantalla con un logo (una
  antena)
  delay(2000);
  Display_Reposo();
}

void loop()
{ // Reposo: Muestra valor actual de RF
  Reposo();
  delay(200);
  if (Serial.available() > 0)

```



```

lcd.setLine(67, 40, 78, 51, SALMON);
// Circulo de la base
lcd.setCircle(88, 34, 5, TEAL);
// Plato
lcd.setCircle(49, 72, 36, BLACK);
lcd.setCircle(49, 72, 35, BLACK);
lcd.setCircle(49, 72, 34, BLACK);
//Cubrir el círculo del plato
lcd.setRect(13, 43, 24, 100, 1, SKYBLUE);
lcd.setRect(23, 88, 82, 108, 1, SKYBLUE);
//Línea del plato
lcd.setLine(24, 49, 82, 88, BROWN);
// Soporte del detector
lcd.setLine(25, 50, 32, 94, BROWN);
lcd.setLine(32, 94, 78, 86, BROWN);
// Texto
lcd.setStr("DAQ_RT...", 107, 45, BLACK, SKYBLUE);
delay(1000);
// Radiación
lcd.setLine(10, 106, 30, 121, RED);
delay(1500);
lcd.setLine(10, 106, 30, 121, SKYBLUE);
lcd.setLine(15, 98, 35, 113, RED);
delay(1500);
lcd.setLine(15, 98, 35, 113, SKYBLUE);
lcd.setLine(20, 90, 40, 105, RED);
delay(1500);
lcd.setLine(20, 90, 40, 105, SKYBLUE);

}
//-----
-
// Lectura y actualización de nivel de RF en REPOSO
void Reposo()
{
  analogValue = analogRead(0); // Medición de la señal analógica
  en A0
  Var1=analogValue;
  // Conversión de la medida -> Cadena de caracteres
  UM=Var1/1000;
  Var1=Var1-UM*1000;
  C=Var1/100;
  Var1=Var1-C*100;
  D=Var1/10;
  Var1=Var1-D*10;
  Lectura[0]=char(UM+48);
  Lectura[1]=char(C+48);
  Lectura[2]=char(D+48);
  Lectura[3]=char(Var1+48);
  // Fin de la conversión
  lcd.setStr(Lectura, 110, 90, BLACK, WHITE); // Pinta el valor de
  la señal analógica digitalizada en el LCD
}
//-----
-
// Display_Reposo: Letrero para nivel de RF en REPOSO
void Display_Reposo()

```

```

{
  // Lectura del puerto serial hasta que existan datos
  lcd.clear(WHITE); // Limpia la pantalla dejándola en blanco
  lcd.setStr("MODO: REPOSO", 20, 5, BLACK, WHITE);
  lcd.setStr("NIVEL RF:", 90, 5, BLACK, WHITE);
}
//-----
// Display_DAQ: Letrero para Modo_DAQ
void Display_DAQ()
{
  // Lectura del puerto serial hasta que existan datos
  lcd.clear(WHITE); // Limpia la pantalla dejándola en blanco
  lcd.setStr("MODO: DAQ", 20, 5, BLACK, WHITE);
}
//-----
// Modo_DAQ: Adquisición de datos a solicitud de la PC
void Modo_DAQ()
{
  lcd.setStr("NO OPRIMIR", 50, 5, BLACK, WHITE);
  lcd.setStr("BOTONES", 66, 5, BLACK, WHITE);
  lcd.setStr("NIVEL RF:", 90, 5, BLACK, WHITE);
  while(inByte != 'x' && digitalRead(botones[2]))
  {
    if (Serial.available() > 0)
    {
      // Llego un dato y se lee en la variable inByte
      inByte = Serial.read();
      if (inByte == 'd')
      { // PC solicita dato
        //Reposo();
        analogValue = analogRead(0);
        Serial.println(analogValue); // pinta un decimal en
código ASCII
      }
    }
  }
  // Display_Reposo();
}
//-----
// ModoGraf_LCD: Visualización gráfica del nivel de RF en el LCD
void ModoGraf_LCD()
{
  Grafica();
  Pixel_x = 25;
  while(digitalRead(botones[2]) && inByte!='x')
  {
    Reposo();
    // Se calcula el pixel y
    Pixel_y = 1024-analogValue;
    Pixel_y = (Pixel_y/10)+8;
    lcd.setCircle(Pixel_y, Pixel_x, 1, RED);
    if(Pixel_x == 124)
    { // Se resetea posición en el tiempo para iniciar de nuevo la
gráfica
      Pixel_x = 24;
      Grafica();
    }
  }
}

```

```

    }
    Pixel_x++;
    if (Serial.available() > 0)
    {
        // Llego un dato y se lee en la variable inByte
        inByte = Serial.read();
    }
    delay(200);
}
Display_Reposo();
}
//-----
-----
// Grafica: Dibujo de los ejes de la gráfica en el LCD
void Grafica()
{
    lcd.clear(WHITE); // Limpia la pantalla dejándola en blanco
    lcd.drawRect(110, 23, 112, 124, 1, BLACK); // Línea horizontal
    lcd.drawRect(10, 23, 111, 24, 1, BLACK); // Línea vertical
    // Ticks verticales
    for (int i=0; i<20;i++)
    {
        lcd.drawLine(106, 29+5*i, 109, 29+5*i, BLUE);
    }
    // Ticks horizontales
    for (int i=0; i<20;i++)
    {
        lcd.drawLine(105-5*i, 25, 105-5*i, 28, BLUE);
    }
    // Etiquetas
    lcd.setCursor(112, 33, BLACK, WHITE);
    lcd.setCursor(51, 3, BLACK, WHITE);

    //Marco para la señal RF
    lcd.drawRect(111, 90, 129, 125, 0, RED);
}

```