



**CENTRO UNIVERSITARIO TECNOLÓGICO**

**CEUTEC**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN**

**PROPUESTA PARA LA AUTOMATIZACIÓN ELECTRÓNICA DE UN  
TELESCOPIO MANUAL DE OBSERVACIÓN ASTRONÓMICA**

**SUSTENTADO POR**

**DANIEL ANTONIO GARCÍA URRUTIA, #31741558**

**PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE INGENIERO EN  
ELECTRÓNICA**

**TEGUCIGALPA HONDURAS, C.A.**

**DICIEMBRE, 2020**

**CENTRO UNIVERSITARIO TECNOLÓGICO**

**CEUTEC**

**INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA**

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

**RECTOR**

**MARLON ANTONIO BREVÉ REYES**

**SECRETARIO GENERAL**

**ROGER MARTÍNEZ MIRALDA**

**VICERRECTORA ACADÉMICA CEUTEC**

**DINA ELIZABETH VENTURA DÍAZ**

**DIRECTORA ACADÉMICA CEUTEC**

**IRIS GABRIELA GONZALES ORTEGA**

**TEGUCIGALPA, HONDURAS, C.A.**

**DICIEMBRE, 2020**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi madre, quien además de brindarme siempre su amor y apoyo incondicional, también alimentó mi curiosidad insaciable desde la niñez contestando hasta donde le era posible todas las interrogantes que surgían en mí. Además, por enseñarme que el esfuerzo es el camino más gratificante hacia el éxito.

A mis abuelos maternos por formar parte fundamental de mi crianza y forjar en base a ejemplo el carácter que me llevó a cumplir la meta de convertirme en ingeniero.

**Daniel Antonio García Urrutia**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi madre y abuelos maternos por forjar la persona que soy hoy a través de la enseñanza de valores, los que me guiaron a lo largo de mi vida estudiantil y que me llevaron a la culminación de mi formación profesional.

De igual manera, agradezco a todos los docentes que a lo largo de mi formación académica dieron su esfuerzo y dedicación para compartir su conocimiento conmigo. Agradezco especialmente a los coordinadores y docentes de CEUTEC/UNITEC por su apoyo y guía para convertirme en un profesional de éxito

**Daniel Antonio García Urrutia**



## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

# **PROPUESTA PARA LA AUTOMATIZACIÓN ELECTRÓNICA DE UN TELESCOPIO MANUAL DE OBSERVACIÓN ASTRONÓMICA**

### **AUTOR:**

Daniel Antonio García Urrutia

### **RESUMEN**

Los telescopios de montura automatizada facilitan la realización de observaciones astronómicas y las hace más accesibles al público general sin necesidad de un conocimiento extenso de astronomía. La automatización a través de la electrónica de un telescopio de montura manual brinda una opción alterna y más económica a la compra de un telescopio automatizado de una compañía de telescopios reconocida. Se busca proponer un modelo de sistema automatizado de telescopio que se puede llevar a cabo con componentes de venta libre y software de acceso libre con el fin de reducir el costo final y que este sea obtenible por una gran cantidad de personas. Además, se tratan las bases de la astronomía posicional, los sistemas telescópicos, los componentes electrónicos, y la opinión de un experto en el área de la astronomía como sustento.

**Palabras claves: (telescopio, Go-To, automatización, astronomía, electrónica).**



## **FACULTY OF ENGINEERING**

# **PROPOSAL FOR THE ELECTRONIC AUTOMATION OF A MANUAL TELESCOPE FOR ASTRONOMIC OBSERVATION**

### **AUTHOR:**

**Daniel Antonio García Urrutia**

### **ABSTRACT**

Automated mount telescopes facilitate astronomical observations and make them more accessible to the general public without the need for extensive knowledge of astronomy. Automation through electronics of a manual mounted telescope provides an alternative and cheaper option to purchasing an automated telescope from a recognized telescope company. The aim is to propose a model of an automated telescope system that can be carried out with over-the-counter components and free access software in order to reduce the final cost and make it available to a large number of people. In addition, the bases of positional astronomy, telescopic systems, electronic components, and the opinion of an expert in the area of astronomy are covered for support.

**Keywords: (telescope, Go-To, automation, astronomy, electronics).**

# ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>i</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>ii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iv</b>
<b>CAPITULO I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPITULO II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>2</b>
2.1 Antecedentes .....	2
2.2 Definición del Problema.....	5
2.3 Preguntas de Investigación.....	6
2.4 Variables de Investigación .....	6
2.5 Hipótesis.....	6
2.6 Justificación.....	7
<b>CAPITULO III. OBJETIVOS</b> .....	<b>8</b>
3.1 Objetivo General .....	8
3.2 Objetivos Específicos.....	8
<b>CAPITULO IV. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>9</b>
4.1 Glosario de términos .....	9
4.2 Astronomía Observacional.....	10
4.3 Astronomía Posicional .....	11
4.4 Telescopios.....	13
4.4.1 Telescopios Refractores .....	14
4.4.2 Telescopios Reflectores .....	15
4.4.3 Telescopio Dobsoniano.....	16
4.4.4 Telescopios Catadióptricos .....	17
4.4.5 Comparativa entre telescopios .....	18
4.5 Monturas Astronómicas .....	19
4.6 Telescopios Computarizados (Go-To).....	20
4.7 Macroentorno .....	22
4.7.1 Observatorios más importantes del mundo.....	23
4.8 Microentorno.....	29
4.9 Raspberry Pi .....	35
4.10 Arduino.....	36

4.11	Python.....	37
4.12	SIMBAD .....	38
4.13	Motores Eléctricos.....	39
4.14	Conceptualización .....	40
4.14.1	Diagrama de Flujo del Sistema.....	40
4.14.2	Gestión de Costos .....	41
<b>CAPITULO V. METODOLOGÍA .....</b>		<b>42</b>
5.1	Enfoque y Métodos .....	42
5.1.1	Diseño y alcance de investigación .....	43
5.2	Población y Muestra.....	43
5.3	Unidad de Análisis y Respuesta.....	44
5.4	Técnica e Instrumento Aplicado .....	45
5.5	Fuentes de Información.....	46
5.5.1	Fuentes primarias .....	46
5.5.2	Fuentes secundarias .....	46
5.6	Cronología de Trabajo.....	47
<b>CAPITULO VI. RESULTADOS Y ANÁLISIS .....</b>		<b>48</b>
6.1	Análisis de Entrevista.....	48
6.2	Análisis de Datos.....	50
<b>CAPITULO VII. CONCLUSIONES .....</b>		<b>52</b>
<b>CAPITULO VIII. RECOMENDACIONES.....</b>		<b>53</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>		<b>54</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>58</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4-1	Sistema Altacimutal .....	11
Figura 4-2	Sistema Ecuatorial .....	12
Figura 4-3	Telescopio Refractor .....	14
Figura 4-4	Telescopio Reflector .....	15
Figura 4-5	Telescopio Dobsoniano .....	16
Figura 4-6	Telescopio Catadióptrico .....	17
Figura 4-7	Montura Altacimutal vs Ecuatorial .....	19
Figura 4-8	Telescopio Go-To .....	21
Figura 4-9	Observatorio ALMA .....	23
Figura 4-10	Observatorio Mauna Kea .....	24

Figura 4-11 Observatorio Kitt Peak .....	26
Figura 4-12 Observatorio Cerro Paranal .....	27
Figura 4-13 Observatorio de Arecibo .....	28
Figura 4-14 Observatorio Astronómico Centroamericano de Suyapa .....	29
Figura 4-15 Raspberry Pi .....	35
Figura 4-16 Placa Arduino .....	36

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4-1 Comparativa entre telescopios.....	18
Tabla 4-2 Comparativa entre tipos de monturas telescópicas.....	20
Tabla 4-3 Precios de telescopios Go-To .....	22
Tabla 4-4 Especificaciones Técnicas: Telescopio Meade 16" LX200 .....	30
Tabla 4-5 Especificaciones Técnicas: Telescopio Celestron Classic C8.....	31
Tabla 4-6 Especificaciones Técnicas: Telescopio Celestron 3.55" C90.....	31
Tabla 4-7 Especificaciones Técnicas: Meade 8" LX200 ACF. ....	32
Tabla 4-8 Especificaciones Técnicas: Telescopio ETX-LS 8".....	32
Tabla 4-9 Especificaciones Técnicas: Telescopio SolarMax II 60-Double Stack.....	33
Tabla 4-10 Especificaciones Técnicas: Cámara CCD STT-8300M .....	33
Tabla 4-11 Especificaciones Técnicas: Cámara para imágenes ST-402ME .....	34
Tabla 4-12 Comparación de tipos de motores eléctricos .....	39
Tabla 4-13 Jerarquía de control del telescopio .....	40
Tabla 4-14 Costo de componentes.....	41
Tabla 5-1 Cronología de trabajo .....	47
Tabla 6-1 Análisis de Entrevista.....	48

## CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

La astronomía puede ser considerada como la primera ciencia pura de la humanidad; desde que el hombre tuvo capacidad de raciocinio, también se vio asombrado y perplejo por los grandes misterios que escondía el cielo nocturno. ¿Qué son esos puntos brillantes en el cielo? ¿Por qué se mueven esos puntos brillantes? Estas son solo algunas de las muchas preguntas que se hacían nuestros primeros antepasados y que hacían volar su imaginación noche tras noche. La astronomía fue la primera gran fuente de inspiración que llevo al humano a investigar situaciones nuevas y así descubrir lo que sería llamado posteriormente “ciencia”.

Esta pasión por la exploración del cielo nocturno que ha pasado de generación en generación de humanos hace que sea muy importante su accesibilidad masiva para todo el que desee explorarla. La exposición desde tempranas edades a esta ciencia que trata temas de inmensa relevancia sería un seguro catalizador de esa llama que arde en cada uno de nosotros y que se alimenta de la curiosidad científica y el deseo por esclarecer cada duda que se nos presenta.

Es de suma importancia hacer de la astronomía una ciencia accesible para todo el que desee explorarla, sin importar su experiencia previa en el área. Es por eso por lo que en el presente proyecto se estudian los temas de la astronomía observacional a través de telescopios y de la automatización de los mismos. Esto con el fin de realizar una propuesta sobre cuál sería el mejor camino a tomar para la automatización de un telescopio de montura manual que facilite y motive la realización de observaciones astronómicas y así despertar la curiosidad científica en jóvenes y adultos.

## **CAPITULO II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **2.1 Antecedentes**

Desde el principio de los tiempos la humanidad ha mirado hacia el cielo nocturno con admiración e inmensa curiosidad. Los incontables puntos brillantes en el firmamento nocturno eran y seguirán siendo una fuente interminable de combustible para la imaginación y de dudas por resolver. Con el pasar de los años diversas personalidades que deseaban resolver las dudas, que estos objetos del cielo generaban, inventaron instrumentos que les permitían estudiar estos cuerpos celestes.

La invención del telescopio se le atribuye al holandés Hans Lippershey ya que fue la primera persona en solicitar un aparato con el que aseguraba podía magnificar objetos hasta tres veces su tamaño original. Sin embargo, Lippershey realizó su invento sin intenciones astronómicas, simplemente deseaba magnificar objetos distantes en el contexto terrestre. El primero en apuntar un telescopio hacia el cielo para realizar observaciones astronómicas fue Galileo Galilei.

Galileo realizó mejoras importantes al diseño de los telescopios sin haber visto uno antes. Logró alcanzar la magnificación de objetos de hasta veinte veces su tamaño aparente. Galileo decidió poner a prueba su aparato al apuntarlo hacia la Luna donde pudo observar cráteres y montañas, además descubrió los anillos de Saturno, manchas solares y cuatro de las lunas de Júpiter. (Cox, 2017)

Durante la primera mitad del siglo diecisiete los telescopios estaban basados en la magnificación óptica a través del uso de lentes, pero en 1668 Isaac Newton dedujo que era mejor realizar telescopios a base de espejos y construyó el primer telescopio reflectivo. Este tipo de telescopio se convertiría en la base de la astronomía óptica moderna. El diseño de telescopio reflectivo se encuentra presente en proyectos tan importantes de la actualidad como el Telescopio Espacial Hubble o el próximo a lanzar, Telescopio Espacial James Webb.

Desde sus inicios, la observación astronómica ha interesado tanto a científicos como a aficionados del cosmos. Es por este motivo que diversas compañías que se dedican a la fabricación de telescopios han surgido con el pasar de los años. Estos fabricantes suplen tanto el mercado profesional como el amateur de la observación astronómica. Junto con el progreso en la industria de la tecnología y la electrónica, las compañías de telescopios también han evolucionado y poco a poco han introducido estas innovaciones en sus productos.

Hoy en día existe una clase de telescopios llamada “Go-To” o “Ir Hacia” en la que el usuario no necesita tener una amplia experiencia y conocimiento de coordenadas astronómicas como la declinación y la ascensión recta para realizar observaciones. Estos telescopios cuentan con monturas computarizadas que a través de electrónica y software ubican y siguen el movimiento de los cuerpos celestes después de su elección en sus sistemas incorporados. Esta nueva clase de telescopios ha hecho la astronomía observacional mucho más accesible a todas las personas sin importar su grado de experiencia o habilidad con monturas manuales. (Will, 2020)

A pesar de todas las ventajas que los telescopios Go-To traen a la astronomía observacional, estos tienen un gran factor limitante, ya que su precio de mercado al comprar unidades de fabricantes como Meade o Celestron puede ser muy elevado. Esta limitación puede ser superada al adquirir un telescopio con montura manual que puede ser obtenido por precios mucho más económicos y adaptarlo posteriormente utilizando la electrónica y el software para que sea capaz de hacer ubicaciones y seguimientos automáticos tal como los telescopios Go-To comerciales.

Este tema ha sido abordado anteriormente desde diversos ámbitos y puntos de vista como ser la comunidad científica en diversos trabajos de tesis e informes investigativos, como también por la comunidad “Maker” con diversos proyectos de fuente abierta disponibles en línea. Ambos enfoques en el problema presentan sus propias ventajas y desafíos para su desarrollo.

Desde el punto de vista académico y científico, Benjamin N. Mossop presentó su tesis del 2013, Sistema de Seguimiento de Telescopio, para la universidad de Murdoch (Mossop, 2013). En este trabajo se tratan las metodologías de diseño y los principios usados para desarrollar un sistema automatizado para el telescopio de la universidad de Murdoch. En este trabajo se utilizó un sistema de montura con un motor y engranaje diseñados por antiguos profesores de la universidad, además de microcontroladores comerciales como Arduino y Raspberry Pi para su automatización.

En el mundo “Maker” existen muchos proyectos enfocados en la automatización de telescopios. Algunos ejemplos de esto son el proyecto a base de Raspberry Pi elaborado por el grupo element14, el proyecto de la comunidad Raspberry que utiliza Mathematica como fuente de código o el proyecto que llegó a etapa de venta comercial, conocido como PiKon, que en base a productos de uso común y algunos componentes electrónicos y ópticos logra la fabricación desde cero de un telescopio automatizado.

## 2.2 Definición del Problema

El problema de investigación consiste en la automatización a través de la electrónica de un telescopio astronómico manual. Las observaciones astronómicas que utilizan monturas telescópicas de uso manual requieren de conocimiento técnico y mucha práctica, por lo que generalmente son realizadas por aficionados a la astronomía con experiencia y suelen estar fuera del alcance de personas interesadas en la materia, pero sin las habilidades técnicas para operar un sistema de posicionamiento y observación astronómica.

Es por ello por lo que muchas compañías manufactureras de telescopios, como Meade o Celestron, en la actualidad han optado por automatizar estos sistemas y hacerlos más amigables para aficionados sin experiencia usando la electrónica y sistemas computacionales para facilitar su operación. Estos telescopios modernos suelen tener precios elevados y terminan siendo poco accesibles económicamente para los aficionados a la astronomía. Un ejemplo concreto es el Meade Lx65 con un precio de \$798.

El propósito de esta investigación será el diseño conceptual de un sistema de automatización que permita convertir un telescopio manual en uno con seguimiento automático de cuerpos celestes usando la electrónica y sus diversas áreas de estudio.

Se realizará el diseño conceptual y operacional de un sistema de automatización para telescopio manual utilizando sistemas electrónicos integrados. El sistema será capaz de apuntar a cuerpos celestes elegidos por el usuario usando bases de datos disponibles al público que indican la ascensión recta y la declinación de los cuerpos relativos a la posición del observador.

Será necesaria la utilización de diferentes componentes electrónicos como microcontroladores y servo-motores entre otros, además de la programación que se deberá realizar para controlar el sistema final.

## 2.3 Preguntas de Investigación

1. ¿Qué tipo de telescopio es el que presenta las mejores cualidades estructurales y ópticas para su automatización??
2. ¿Qué tipo de montura telescópica presenta las mejores condiciones de construcción y funcionamiento para su automatización?
3. ¿Qué tipos de motores son los ideales para realizar el movimiento preciso de una montura telescópica?
4. ¿Cuál es la diferencia de precio entre un telescopio Go-To comercial y uno fabricado por el usuario?
5. ¿Cuál es la mejor opción de controlador electrónico para la programación y ejecución de instrucciones de un telescopio automatizado?

## 2.4 Variables de Investigación

- Tipo de montura
- Calidad de observación astronómica
- Precio
- Tipo de motor
- Tipo de telescopio
- Tipo de controlador electrónico
- Coordenadas de posición

## 2.5 Hipótesis

H1. El desarrollo de la automatización de un telescopio manual resulta por lo menos 30% más económico que la compra de un telescopio Go-To de fábrica.

H0. El desarrollo de la automatización de un telescopio manual no resulta por lo menos 30% más económico que la compra de un telescopio Go-To de fábrica.

## 2.6 Justificación

Desde niños, muchas personas tienen el deseo de explorar el cielo nocturno y sus cuerpos celestes. Conociendo las limitaciones de los ojos y la visión humana, el humano diseñó aparatos que incrementan exponencialmente nuestra capacidad de observación astronómica al recolectar mayores cantidades de luz que lo que el ojo humano puede lograr. Estos aparatos son llamados telescopios, y desde su invención, han sido un instrumento fundamental para alimentar y saciar la curiosidad astronómica y científica de muchas personas.

Con el pasar del tiempo el telescopio ha ido evolucionando, pero siempre manteniendo una característica, su uso correcto requiere de mucha experiencia y horas de práctica. Esta particular característica ha resultado ser una barrera que previene la adopción masiva de este aparato en escuelas, familias y demás comunidades. Es por este motivo que en la actualidad se han creado telescopios que funcionan de manera automática con la implementación de sistemas electrónicos en sus monturas.

A pesar de que estos nuevos telescopios automatizados eliminan la barrera de conocimiento técnico que presentaban los telescopios de montura manual, estos introducen una nueva barrera en su implementación, esta vez es una barrera económica. Por su incrementada complejidad y el uso de controladores y componentes electrónicos, el precio de estos nuevos telescopios es muy elevado en la actualidad. Se puede tomar como ejemplo un telescopio NexStar 5SE de la compañía Celestron que actualmente tiene un precio de mercado de \$700.

Por los motivos expuestos, se propone diseñar un sistema electrónico que sirva como una alternativa económica para automatizar la operación de un telescopio de montura manual utilizando componentes electrónicos como controladores, motores y software personalizado.

## **CAPITULO III. OBJETIVOS**

### **3.1 Objetivo General**

Proponer un sistema de automatización electrónica de un telescopio refractor de montura manual para observación astronómica.

### **3.2 Objetivos Específicos**

1. Determinar el tipo de telescopio que presenta las mejores cualidades estructurales y ópticas para su automatización.
2. Establecer el tipo de montura telescópica que presenta las mejores condiciones de construcción y funcionamiento para su automatización.
3. Determinar el tipo de motor que es ideal para realizar el movimiento preciso de una montura telescópica.
4. Identificar la diferencia de precio entre un telescopio Go-To comercial y uno fabricado por el usuario.
5. Indicar la mejor opción de controlador electrónico para la programación y ejecución de instrucciones de un telescopio automatizado.

## CAPITULO IV. MARCO TEÓRICO

### 4.1 Glosario de términos

- Esfera celeste: esfera con centro en el observador y de radio arbitrario sobre la cual se sitúan los astros.
- Astros: un objeto astronómico individual que se halla en el cielo.
- Cuerpo celeste: todos los objetos naturales que forman parte del universo y que pueden interactuar con otro cuerpo, debido a la fuerza de gravedad.
- Cenit: es la intersección de la vertical de un lugar y la esfera celeste.
- Nadir: Punto de la esfera celeste diametralmente opuesto al cenit.
- Controlador: un dispositivo que recibe una señal de entrada de una variable de proceso medida, compara este valor con el valor del punto de control predeterminado y determina la cantidad apropiada de señal de salida requerida por el elemento de control final para proporcionar una acción correctiva dentro de un lazo de control.

## 4.2 Astronomía Observacional

La astronomía observacional es una división de la astronomía que se enfoca en la recolección de datos acerca del universo observable. A diferencia de la astronomía teórica, que se concentra principalmente en el cálculo de las implicaciones medibles de los modelos físicos. La astronomía observacional es la práctica y estudio de observar objetos celestes apoyándose en el uso de instrumentos astronómicos como por ejemplo los telescopios.

El estudio de la astronomía encuentra especiales dificultades ya que los experimentos directos no son posibles dadas las circunstancias intrínsecas de las inmensas distancias del universo. Sin embargo, esta dificultad se ve parcialmente compensada por el hecho de que los astrónomos tienen incontables ejemplos de fenómenos estelares que pueden ser examinados. Estos fenómenos pueden ser tabulados, representados en gráficos y así examinar sus tendencias generales. (Carroll & Ostlie, 2014)

Galileo Galilei apuntó su telescopio al cielo por primera vez y registró lo que observó. Desde ese momento, la astronomía observacional ha tenido avances continuos con cada nuevo desarrollo de sus instrumentos como los telescopios, con cada nuevo descubrimiento y la concepción de la mecánica celeste.

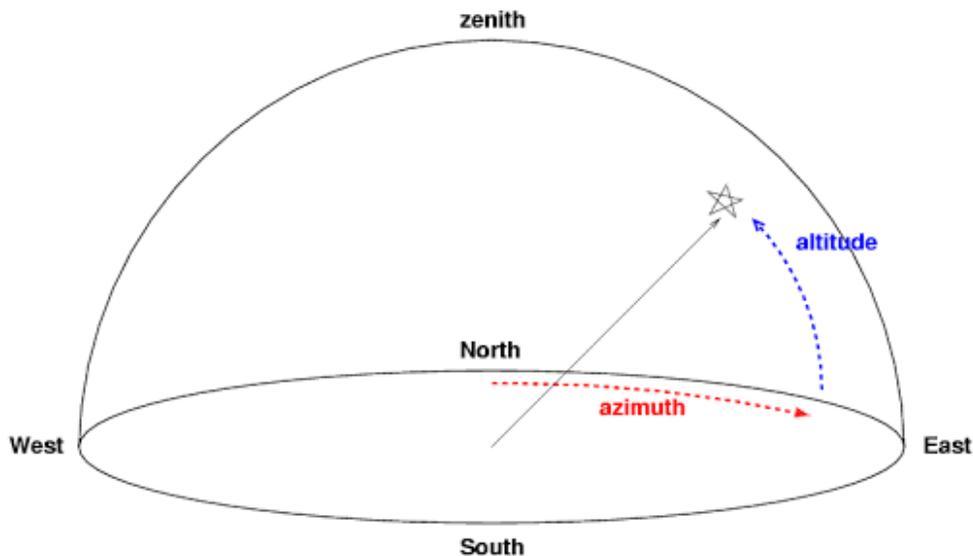
La astronomía observacional se puede seccionar en algunas subdivisiones:

- **Astronomía Óptica:** es la rama que utiliza instrumentos ópticos como espejos, lentes, y detectores de estado sólido para estudiar el rango visible del espectro electromagnético.
- **Radio Astronomía:** estudia radiación electromagnética de longitudes de onda desde los milímetros hasta los decímetros utilizando antenas para la captación de señales.
- **Astronomía Infrarroja:** estudia el rango infrarrojo del espectro, ondas de aproximadamente 1 micrómetro de longitud.
- **Astronomía de altas energías:** estudia el lado más energético del espectro electromagnético, rayos X, rayos gama y radiación ultravioleta.

### 4.3 Astronomía Posicional

Ver objetos en el cielo nocturno requiere solo del conocimiento de su posición en la esfera celeste, pero no de la distancia hacia ellos. Se puede imaginar que todos los objetos están ubicados en una esfera celeste. A partir de este punto es suficiente con describir dos coordenadas para especificar la ubicación de cada objeto. La manera más sencilla de describir este posicionamiento toma como referencia el horizonte local del observador.

El sistema Altacimutal de coordenadas se basa en la medición del ángulo de acimut a lo largo del horizonte en conjunto con el ángulo de altitud medido por encima del horizonte. La altitud se define como el ángulo desde el horizonte hacia el objeto a lo largo de un gran círculo que pasa a través del objeto y el punto de la esfera celeste que está directamente arriba del observador, el Cenit. El acimut es el ángulo que se mide a lo largo del horizonte, comenzando desde el norte y moviéndose hacia el este hasta llegar al gran círculo utilizado para la medición de altitud. (Carroll & Ostlie, 2014)

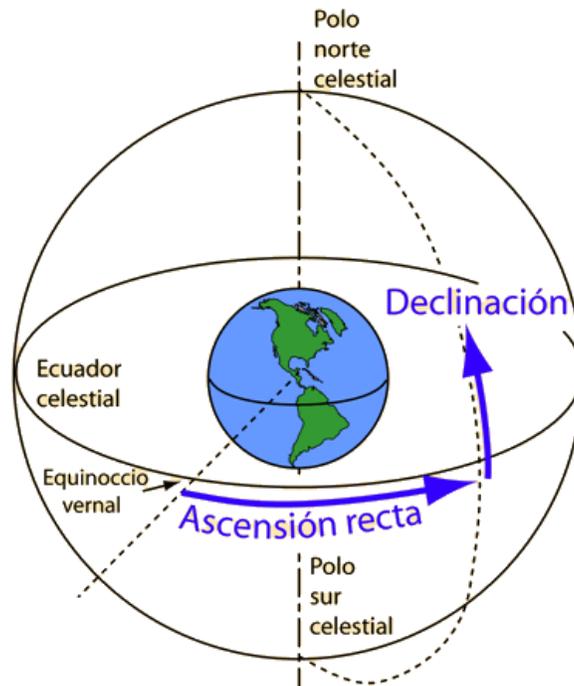


*Figura 4-1 Sistema Altacimutal*  
*Fuente: (Richmond, s.f.)*

Aunque este sistema de posicionamiento es fácil de describir, también es muy difícil de utilizar en la práctica ya que las coordenadas de los objetos celestes, en otras palabras, cuerpos astronómicos, son específicas para la ubicación del observador y resulta difícil su transformación

para otras ubicaciones en el planeta. Además, ya que la Tierra está en constante rotación, los cuerpos celestes cambian su ubicación en la esfera celeste y por tanto sus coordenadas incluso desde la perspectiva del mismo observador.

Un sistema de coordenadas que provee valores prácticamente constantes para la posición de objetos celestes es el sistema de coordenadas ecuatorial. Ya que la dirección del eje de rotación de la Tierra permanece casi constante y por consiguiente también lo hace el plano ecuatorial perpendicular al eje. Es por este motivo que el plano ecuatorial resulta ser un plano referencial apropiado para un sistema de coordenadas independiente del tiempo y de la posición del observador.



*Figura 4-2 Sistema Ecuatorial*  
*Fuente: (Olmo, 2017)*

Este sistema se basa en el sistema de latitud y longitud de la Tierra. También cuenta con dos coordenadas para determinar la posición de un objeto, estas son la declinación y la ascensión

recta. La declinación es el equivalente a la latitud y se mide grados al norte o al sur del ecuador celeste. La ascensión recta es el análogo a la longitud y se mide a lo largo del ecuador celeste en dirección hacia el este desde el punto de equinoccio vernal hasta su intersección con el círculo horario del objeto, en otras palabras, el gran círculo que pasa por el objeto en consideración y el polo norte celeste. (Karttunen, Kroger, Heikki, Poutanen, & Donner, 2017)

La ascensión recta se mide usualmente en horas, minutos y segundos, 24 horas de ascensión recta son equivalentes a 360 grados, 1 hora es igual a 15 grados. Se decidió utilizar un sistema horario siguiendo el razonamiento de que, de acuerdo con el tiempo sidéreo, le toma 24 horas a un objeto para pasar dos veces consecutivas por el meridiano local de un observador.

El tiempo sidéreo local del observador se define como la cantidad de tiempo que ha transcurrido desde que el punto de equinoccio vernal pasó por última vez a través del meridiano. Este es equivalente al ángulo horario del punto del equinoccio vernal. El ángulo horario se define como el ángulo entre un cuerpo celeste y el meridiano del observador, medido en la dirección del movimiento del cuerpo alrededor de la esfera celeste. (Lang, 2013)

## **4.4 Telescopios**

Un telescopio es un instrumento óptico diseñado para hacer que los objetos distantes parezcan más cercanos, que contiene una disposición de lentes, o de espejos y lentes curvos, mediante el cual se recogen y enfocan los rayos de luz y se amplía la imagen resultante.

El aspecto más importante de cualquier telescopio es su apertura, el diámetro de su componente óptico principal, que puede ser una lente o un espejo. La apertura de un telescopio determina tanto su capacidad de captación de luz (qué tan brillante parece la imagen) y su poder de resolución (qué tan nítida aparece la imagen). (Roth, 2009)

Cuanto mayor sea la apertura, mejor. Con un telescopio de 6 pulgadas, se puede discernir cráteres en la Luna de tan solo una milla de ancho, la mitad del tamaño de los visibles en un telescopio de 3 pulgadas (en las mismas condiciones y con el mismo aumento). Los mismos dos instrumentos apuntados hacia una galaxia tenue en una noche sin luna sirven como ejemplo para determinar la importancia del tamaño de su apertura. Debido a que el área de superficie de un espejo de 6 pulgadas es cuatro veces mayor que la de un espejo de 3 pulgadas, este recolecta cuatro veces más luz, lo que significa que la galaxia parecería cuatro veces más brillante.

Existen distintos tipos de telescopios, entre ellos se encuentran:

#### **4.4.1 Telescopios Refractores**

Un refractor es el estereotipo de cómo se supone que debe verse un telescopio: un tubo largo y reluciente con un lente grande al frente y un ocular en la parte posterior. El lente frontal (el objetivo) enfoca la luz para formar una imagen en la parte posterior. El ocular es una pequeña lupa con la que se mira la imagen. (Breckinridge, 2012)



*Figura 4-3 Telescopio Refractor*  
*Fuente: (Amaina Systems S.L, s.f.)*

Los observadores lunares y planetarios suelen buscar refractores de alta calidad ya que valoran sus imágenes nítidas y de alto contraste que pueden tener un gran aumento. De hecho, cuando está bien hecho, un refractor puede proporcionar las imágenes más finas que se pueden obtener con una apertura determinada.

El telescopio refractor puede ser bastante grande y pesado. Por lo general, tienen una gran apertura para permitir que entre más luz a través de la lente principal. Las lentes son grandes y el cuerpo o tubo es bastante largo.

#### 4.4.2 Telescopios Reflectores

Este tipo de telescopio utiliza un espejo para recoger y enfocar la luz. Su forma más común es el reflector newtoniano (inventado por Isaac Newton), con un espejo primario cóncavo especialmente curvado en el extremo inferior del telescopio. Cerca de la parte superior, un pequeño espejo secundario diagonal dirige la luz desde el primario hacia el costado del tubo, donde se encuentra con un ocular convenientemente colocado.



*Figura 4-4 Telescopio Reflector*  
*Fuente: (Telescopios.org, s.f.)*

Los newtonianos pequeños son bastante portátiles. Por ejemplo, el tubo de un newtoniano típico de 8 pulgadas puede tener 75 centímetros de largo y cabe fácilmente en un vehículo para transportarlo a un lugar oscuro fuera de la ciudad. Sin embargo, los telescopios más grandes pueden volverse bastante voluminosos, por encima de las 12 pulgadas, el transporte se vuelve más complicado. (Breckinridge, 2012)

#### **4.4.3 Telescopio Dobsoniano**

Un Dobsoniano es un tipo particular de telescopio reflector newtoniano. Es un telescopio newtoniano en una montura simple y robusta en forma de caja. Estos instrumentos extremadamente populares están disponibles en aperturas de 4 pulgadas a más de 30 pulgadas y representan lo último en conveniencia para el observador casual. No tienen rival para la observación de objetos del espacio profundo y son perfectos para quienes desean una gran apertura a un precio bajo.



*Figura 4-5 Telescopio Dobsoniano*  
*Fuente: (Cosmik Astronomia, s.f.)*

#### 4.4.4 Telescopios Catadióptricos

Estos se inventaron en la década de 1930 con el deseo de combinar las mejores características de los refractores y los reflectores. Utilizan lentes y espejos para formar una imagen. El mayor atractivo de estos instrumentos es que, en sus formas más comunes como el Schmidt-Cassegrain y el Maksutov-Cassegrain sus tamaños son muy compactos. Sus tubos son dos o tres veces más largos que anchos. Ya que su tubo es más pequeño, puede utilizar un montaje más ligero y, por lo tanto, más manejable. El resultado es un telescopio de gran apertura y enfoque largo que es muy transportable. (Breckinridge, 2012)



*Figura 4-6 Telescopio Catadióptrico*  
*Fuente: (Brandon Optics, 2020)*

#### 4.4.5 Comparativa entre telescopios

Tabla 4-1 Comparativa entre telescopios

Telescopio	Figura	Ventajas	Desventajas
Refractor		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Excelente para objetos en la Tierra</li> <li>• Diseño muy simple y fácil de usar</li> <li>• Casi no requiere mantenimiento</li> <li>• Diseño robusto</li> <li>• El tubo sellado mantiene la óptica segura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No es una buena opción para objetos tenues</li> <li>• Es menos versátil que un telescopio reflector</li> <li>• Tiende a ser voluminoso y más pesado que otros estilos</li> </ul>
Reflector		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presenta un diseño compacto y liviano</li> <li>• Ideal para mirar objetos tenues</li> <li>• Más baratos que los telescopios refractores</li> <li>• Produce una imagen de alta calidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El tubo óptico está abierto y es vulnerable al polvo.</li> <li>• No es una buena opción para los objetos terrestres.</li> <li>• Necesita un mantenimiento regular</li> </ul>
Catadióptrico		<ul style="list-style-type: none"> <li>• El tubo óptico está sellado para evitar la acumulación de polvo</li> <li>• La mejor opción para astrofotografía</li> <li>• Funciona bien para objetos terrestres</li> <li>• Buena elección para ver objetos tenues</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiende a ser más grande y voluminoso</li> <li>• Más caro que otras opciones</li> <li>• El espejo adicional reduce el brillo de la imagen</li> </ul>

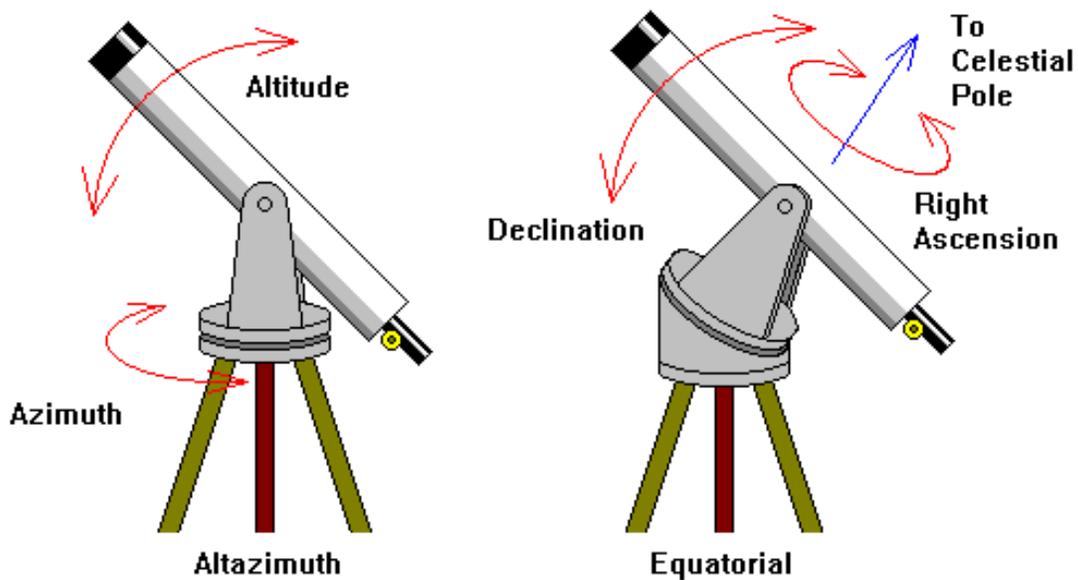
Fuente: (Breckinridge, 2012)

## 4.5 Monturas Astronómicas

El mejor telescopio del mundo es inútil a menos que esté en una montura sólida, estable y que funcione sin problemas, que le permita dirigirse a la parte deseada del cielo y seguir un objeto celeste con suavidad y precisión mientras la Tierra gira debajo de él.

Si bien hay variaciones de forma, existen dos tipos de montura: altitud-azimut (o altacimutal) y ecuatorial.

Una montura alt-az funciona como el cabezal de giro e inclinación de un trípode, moviendo el visor de arriba hacia abajo (en altitud) y de izquierda a derecha (en acimut). Las monturas ecuatoriales también poseen dos ejes, pero están inclinados para que uno pueda alinearse con el eje de rotación de la Tierra. (Breckinridge, 2012)



*Figura 4-7 Montura Altacimutal vs Ecuatorial*  
*Fuente: (Garret, 2020)*

Tabla 4-2 Comparativa entre tipos de monturas telescópicas

Montura	Ventajas	Desventajas
Acimutal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Económicas, especialmente en versión Dobson.</li> <li>• El tipo de montaje más compacto</li> <li>• El ocular siempre está en una posición conveniente</li> <li>• Fácil de usar para visualización terrestre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solo rastreará si está computarizado</li> <li>• Es necesario mover los dos ejes del telescopio para poder seguir un objeto.</li> </ul>
Ecuatorial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permite el seguimiento automático con reloj motorizado</li> <li>• Muy estable</li> <li>• Fácil de señalar a la mayoría de las áreas del cielo</li> <li>• Bueno para fotografía o imágenes CCD</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El tipo de montaje más pesado</li> <li>• Mayor tiempo de configuración para visores grandes</li> <li>• Precio más elevado</li> </ul>

Fuente: (Portilla Barbosa, 2001)

## 4.6 Telescopios Computarizados (Go-To)

Los telescopios Go-To son telescopios que tienen computadoras y motores adicionales que permiten encontrar y seguir objetos en el cielo automáticamente. Estos telescopios vienen con un panel de control de mano que se puede usar para mover el telescopio y para seleccionar objetos hacia los que apuntar automáticamente.

Una ventaja significativa de un telescopio Go-To es que brinda la capacidad de observar todos los objetos celestes en el cielo nocturno, incluso aquellos que son difíciles y básicamente imposibles de detectar a simple vista. Incluso sin experiencia, se puede utilizar para observar todas las estrellas principales y objetos del cielo profundo (nebulosas, cúmulos de estrellas, galaxias, etc.) en una constelación determinada.

Funcionan básicamente como máquinas CNC. Estos telescopios se encuentran montados sobre monturas que cuentan con motores eléctricos que se encargan del movimiento automático en cada eje de rotación. Estos motores están controlados por computadoras integradas que cuentan con las coordenadas adecuadas para ubicar los cuerpos celestes deseados. La selección de objetos celestes por lo general se realiza a través de un controlador externo con una pantalla y botones de selección.

Casi todos los sistemas Go To requieren que se ingrese la ubicación geográfica del sitio de observación y la fecha y hora al comienzo de cada sesión de observación. Esto permite que la computadora integrada calcule las posiciones de cualquier objeto celeste que se encuentre en su base de datos. También se debe nivelar el tubo del telescopio, apuntarlo hacia el norte (o hacia el sur en el hemisferio sur) y luego iniciar un procedimiento de alineación que utiliza dos estrellas brillantes (que se deben conocer por su nombre y ubicación) para sincronizar el sistema de coordenadas del telescopio con el del cielo. (Vaughan, 2016)



*Figura 4-8 Telescopio Go-To*  
*Fuente: (365 Astronomy, 2020)*

Tabla 4-3 Precios de telescopios Go-To

<b>Modelo</b>	MEADE - STARNAVIGATOR NG90 REFRACTOR	SKY-WATCHER - SKYMAX 127 AZ- GTI 127MM F/11.8 GO-TO MAKSUTOV- CASSEGRAIN	CELESTRON - NEXSTAR EVOLUTION 8" SCT TELESCOPE	CELESTRO N - CGX 11" EDGEHD TELESCOPE AND EQ MOUNT	MEADE - 16" F/10 LX200 ACF COMPUTERIZED TELESCOPE
					
<b>Precio</b>	\$379.00	\$725	\$1,799.00	\$5,099.00	\$13,499.00
<b>Gama</b>	Baja	Media	Alta	Muy Alta	Profesional

Fuente: (Woodland Hills Camera & Telescope, 2020)

En la tabla anterior (Tabla 4.1) se puede observar la variedad de gamas de telescopios Go-To de diversos fabricantes. Se puede observar que a pesar de existir una gama baja de telescopios Go-To, estos no dejan de representar una fuerte inversión económica en especial en países como el nuestro en donde el precio de un telescopio de gama baja es mayor que el salario mínimo en la actualidad.

#### 4.7 Macroentorno

En el mundo entero existen diversas iniciativas astronómicas, unas más grandes que otras, pero todas enfocadas en la exploración del cosmos con los fines de investigación y el de despertar la curiosidad científica en millones de personas. Muchos de estos proyectos cuentan con sistemas telescópicos automatizados de gran complejidad. A continuación, se mencionan algunos de los más importantes.

#### 4.7.1 Observatorios más importantes del mundo

a. Observatorio ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array)

Fundado en el 2004 y ubicado en el desierto de Atacama, Chile en una zona llamada llano de Chajnantor, que se encuentra a 5,058 msnm, es considerado el centro de investigación astronómica más importante del mundo y es el radiotelescopio más grande que existe. Su creación se logró gracias al esfuerzo internacional entre Europa (ESO), Norteamérica (NRAO) y Asia del Este (NAOJ), en colaboración con la República de Chile.



*Figura 4-9 Observatorio ALMA*

*Fuente: (The National Radio Astronomy Observatory , 2020)*

Este observatorio está destinado al estudio del Cosmos por medio de la radioastronomía. La radioastronomía consiste en el estudio del universo a través de la captación y análisis de ondas de radiofrecuencia provenientes del espacio. (Smyth, 2013). Este radiotelescopio está compuesto por 66 antenas reflectoras-radiotelescopios; cincuenta y cuatro de 12 metros de diámetro y doce de 7 metros de diámetro enfocadas en registrar longitudes de onda milimétricas hasta submilimétricas de alta precisión, que operan en longitudes de onda de 0.32 a 3.6 mm.

El radiotelescopio combina las señales provenientes de cada una, funcionando como un interferómetro, es decir, un único telescopio gigante del tamaño del conjunto entero. El propósito principal del Observatorio ALMA es estudiar la formación de estrellas, las nubes moleculares y el Universo temprano; y así conseguir el principal objetivo: descubrir nuestros orígenes cósmicos. (Garrido, 2020)

#### b. Observatorio Mauna Kea

Ubicado en la isla de Hawái cuenta con 13 telescopios; nueve de estos se dedican a la Astronomía óptica e infrarroja que se basa en tipos de luz invisibles en el espectro de radiación electromagnética, como las ondas de radio, las ondas infrarrojas, las ondas ultravioletas, las ondas de rayos X y las ondas de rayos gamma. Tres de sus telescopios se utilizan para el estudio de Astronomía submilimétrica y uno a Radioastronomía. El observatorio fue fundado en 1964 a instancias del influyente astrónomo estadounidense Gerard Kuiper, y en 1970 entró en servicio un reflector de 2,2 metros (88 pulgadas) utilizado para estudios planetarios.



*Figura 4-10 Observatorio Mauna Kea  
Fuente: (Karuga, 2017)*

Este observatorio astronómico está ubicado a 4,205 msnm y posee los telescopios ópticos/infrarrojo más grandes del mundo (los telescopios Keck), el mayor dedicado a infrarrojo (el UKIRT) y el mayor telescopio submilimétrico del mundo (el JCMT).

El observatorio está ubicado en un volcán inactivo llamado Mauna Kea, el cual por su altura posee condiciones atmosféricas ideales para la observación astronómica, especialmente en radiaciones infrarrojas y submilimétricas, asimismo por su lejanía a las ciudades no existe contaminación lumínica esto asegura un cielo extremadamente oscuro, lo que permite observaciones de las galaxias más débiles en el límite del universo observable. Los telescopios de Mauna Kea son los líderes mundiales en la detección y el estudio de asteroides cercanos a la Tierra, incluidos los que pueden poner en peligro la Tierra.

#### c. Observatorio Kitt Peak

El Observatorio Nacional de Kitt Peak (KPNO), está ubicado en a 90km al sureste de la ciudad de Tucson en el desierto de Sonora, Arizona a 2096 msnm, y hace parte del Observatorio Nacional de Astronomía Óptica (NOAO), es compatible con la colección más diversa de observatorios astronómicos en la Tierra para la astronomía nocturna óptica e infrarroja y el estudio diurno del Sol (NOAO, n.d.). Compartiendo el sitio de la cima de la montaña con el Observatorio Solar Nacional, KPNO, fundado en 1958, opera tres telescopios nocturnos importantes y alberga las instalaciones de consorcios que operan 22 telescopios ópticos y dos radiotelescopios.

Los instrumentos más destacados son el telescopio Mayall de 4 metros, el telescopio WIYN de 3.5 metros además de otros telescopios de 2.1 m, 1.3 m, 0.9 m y 0.4 m. El telescopio solar McMath-Pierce de 1.6 m es uno de los mayores telescopios solares del mundo. En Kitt Peak también se encuentran el primer telescopio (un antiguo reflector de 91 cm) que se dedicó a la búsqueda de asteroides cercanos a la Tierra y dos radiotelescopios de 12 y 25 m de diámetro. (NOAO, n.d.)



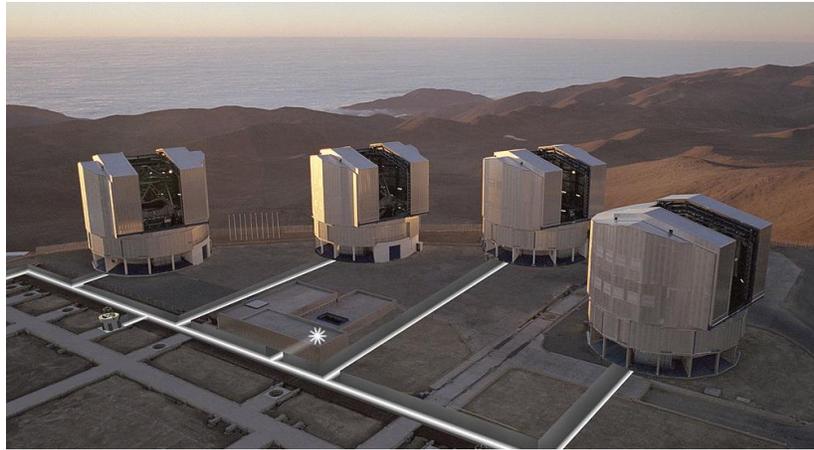
*Figura 4-11 Observatorio Kitt Peak*  
*Fuente: (OSM, s.f.)*

Este observatorio astronómico posee un Centro de Visitantes abierto todos los días al público y algunos de sus aspectos más destacados de la ciencia es que los astrónomos que utilizan el telescopio espacial Spitzer de la NASA han detectado arreglos de átomos de carbono conocidos como buckyballs fuera de la galaxia de la Vía Láctea por primera vez.

d. Observatorio Cerro Paranal

Fundado en 1996, situado en el desierto de Atacama a 2635 msnm a 130 km al sur de la ciudad de Antofagasta. El gobierno chileno donó el terreno ideal para observaciones astronómicas al Observatorio Europeo Austral (ESO) en el año de 1988. Este Observatorio es hogar del Telescopio Very Large (VLT) y es el instrumento óptico más avanzado del mundo. Consta de cuatro Telescopios Unitarios (Unit Telescopes, UTs) con espejo primario de 8,2 metros de diámetro más cuatro Telescopios Auxiliares (Auxiliary Telescopes, ATs) móviles de 1,8 metros de diámetro.

Los cuatro telescopios principales tienen nombres tomados del idioma mapuche: Antú (Sol), Kueyén (Luna), Melipal (Cruz del Sur) y Yepún (Venus), al albergar este telescopio se convierte en el observatorio astronómico de luz visible más avanzado del mundo (ESO, n.d.). Los Telescopios de 8,2 metros de diámetro también pueden utilizarse individualmente. Con uno de ellos, se pueden obtener imágenes de objetos celestes muy débiles, llegando a la magnitud 30 tras una hora de exposición.



*Figura 4-12 Observatorio Cerro Paranal*  
*Fuente: (Wikipedia, 2020)*

El VLT cuenta con varias primicias científicas destacables, incluyendo la primera imagen de un planeta extrasolar, el seguimiento de estrellas individuales moviéndose alrededor del agujero negro súper masivo ubicado en el centro de la Vía Láctea, y la observación del resplandor de la explosión de rayos gamma más lejana que se haya conocido. (ESO, n.d.)

#### e. Observatorio de Arecibo

Fundado en 1960 es uno de los observatorios astronómicos más importantes del mundo, se encuentra cerca de la costa norte de Puerto Rico. Fue construido en el interior de una depresión dejada por un deslizamiento de tierra y es el mayor radiotelescopio de plato único del mundo. Este observatorio se dedica al área de la radioastronómica; su radiotelescopio posee un radio entre 50 megahercios (longitud de onda de 6 m) y 10 000 megahercios (longitud de onda de 3 cm) . Su primera observación fue el 1 de noviembre de 1963.

Es uno de los telescopios más grandes del mundo, el diámetro de la antena principal es de 305 metros, construida dentro de una depresión. El receptor está en una plataforma de 900 toneladas suspendido a 137 metros sobre el plato por 18 cables que están sujetos a tres torres de hormigón armado. La antena convergente fue la más grande y curvada del mundo, lo que le aportó una gran capacidad de recepción de ondas electromagnéticas. La superficie de la antena era formada por 40.000 paneles de aluminio perforado; cada uno mide aproximadamente 1×2 m, soportados por un entramado de cables de acero. (NAIC, n.d.)

Algunos de sus aspectos más destacados de la ciencia son que en el año de 1974 se realizó una tentativa de enviar un mensaje hacia otros mundos (se envió un mensaje de 1679 bits transmitido desde el radiotelescopio hacia el cúmulo globular M13 Galaxia de Andrómeda, que se encuentra a 25.000 años luz y que el 7 de marzo de 2001, el observatorio fue utilizado para observar el asteroide (29075) 1950 DA, considerado como el objeto más próximo a la Tierra. (NAIC, n.d.)



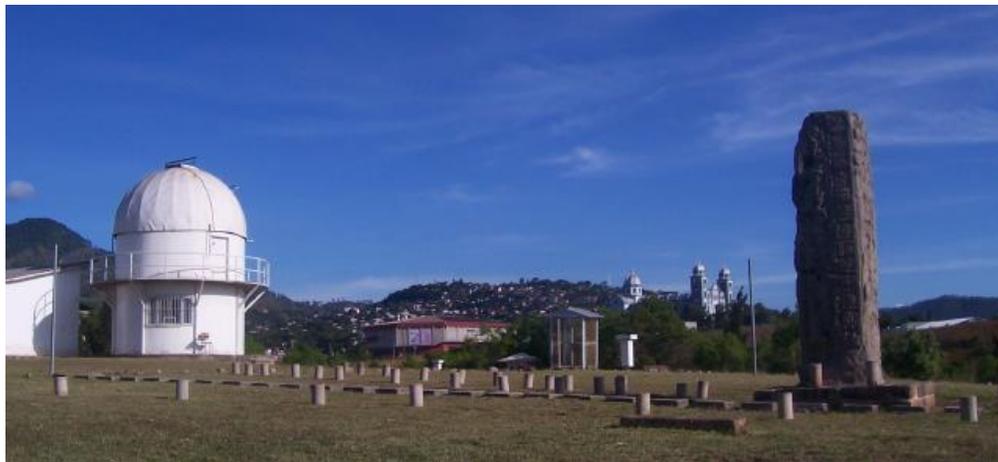
*Figura 4-13 Observatorio de Arecibo*  
*Fuente: (Weitering, 2018)*

El lugar donde se construiría el radiotelescopio tenía que estar cerca del ecuador, de modo que el radar, además de estudiar la ionosfera, pudiera ser usado para estudiar los planetas. La localización de Arecibo ofreció la ventaja de un terreno cárstico, con grandes sumideros de piedra caliza; los cuales proporcionaron una geometría natural para la construcción del reflector de 305 m.

#### 4.8 Microentorno

En Honduras, el interés por la astronomía ha sido impulsado durante las últimas décadas por una institución en especial, la Universidad Nacional Autónoma de Honduras. En su constante misión por impulsar la investigación y el interés en las ciencias, la UNAH ha desarrollado diferentes iniciativas para fomentar la astronomía durante los últimos 30 años.

El Observatorio Astronómico Centroamericano de Suyapa (OACS/UNAH) se fundó con el fin de incentivar la investigación científica en el campo de las ciencias espaciales y poder aprovechar la poca contaminación lumínica de la ciudad de Tegucigalpa, en el año de 1997. Este Observatorio cumple un papel fundamental en el Departamento de la carrera de Astronomía y Astrofísica de la Facultad de Ciencias Espaciales de la UNAH.



*Figura 4-14 Observatorio Astronómico Centroamericano de Suyapa  
Fuente: (Departamento de Astronomía y Astrofísica, 2013)*

El Observatorio Astronómico Centroamericano de Suyapa de la UNAH (OACS/UNAH), fue inaugurado el 17 de junio de 1997 con la "Celebración del VII Taller de las Naciones Unidas y la Agencia Espacial Europea sobre Ciencia Espacial Básica", a este evento tan importante para la Facultad de Ciencias Espaciales (FACES) y para el país en general asistieron alrededor de 80 científicos de 30 países diferentes, representantes de agencias espaciales como la NASA, la Agencia Espacial Europea (ESA) y otras instituciones científicas internacionales.

El OACS/UNAH posee el segundo telescopio óptico más grande de la región Centroamérica, bautizado como "René Sagastume Castillo" el cual es un telescopio Meade LX200 de 16 pulgadas de diámetro. Por medio de este Observatorio Astronómico, Honduras ingreso a la Unión Astronómica Internacional en el mes de agosto de 2009.

*Tabla 4-4 Especificaciones Técnicas: Telescopio Meade 16" LX200*

<b>Especificaciones Técnicas: Telescopio Meade 16" LX200</b>	
Diseño Óptico	Schmidt-Cassegrain / Catadióptrico
Clear Aperture	8" (406.4mm)
Diámetro del Espejo primario	415.9mm (16.375)
Longitud Focal	4064"(160")
Razón Focal	f/10
Poder de resolución	0.570 arcseconds
Límite de magnitud (visual)	15.5
Límite de magnitud (Fotográfica)	18.0
Escala de imagen (°/pulgadas)	0.36°/in
MPVP	800x
Foco Cercano	100'
Tamaño del tubo óptico	17.5" Dia.* 33" Long
Obstrucción del espejo secundario	5.0" (9.8%)
Montura del telescopio	Tipo Horquilla
Diámetro de los círculos de posición	Dec.:12" R. A. 17"
Sistema Motor Guía en A.R	Servo Motor (4 Velocidades)
Hemisferios de Operación	Norte-Sur Intercambiable
Sistema de Control de Declinación	Servo Motor (4 Velocidades)
Control Manual de movimiento suave	A.R y Dec.
Control de mano	Microcontrolador de 16 Caracteres Alfanuméricos.
Control Principal	Microprocesador de 16 MHz 68301 Memoria del Programa 1Meg, 64K RAM
Tamaño del Telescopio	18" * 26" * 51"
Valor de Velocidad en el modo lento	4° * seg
Tamaño Angular de cobertura Película de 35mm	0.49° * .034°

*Fuente:* [http://faces.unah.edu.hn/astro/docs/oacs/lx200\\_16\\_manual.pdf](http://faces.unah.edu.hn/astro/docs/oacs/lx200_16_manual.pdf) (Departamento de Astronomía y Astrofísica, 2013)

El Observatorio Astronómico Centroamericano de Suyapa posee diversos instrumentos utilizados para la investigación astronómica, así como para la observación de cuerpos celestes entre otros. Los instrumentos que posee son variados, entre ellos diversos telescopios como ser: Celestron Classic C8 con un diámetro de espejo primario de 8.25" (209.6mm) y un poder de resolución de 0.68 Arc segundos, el telescopio ETX-LS 8" con un poder de resolución de 0.570 Arc segundos y una longitud de 2000mm, entre otros telescopios se pueden mencionar el Telescopio SolarMax II 60-Double Stack, Celestron 3.55" C90, Meade 16"LX200, Meade 8"LX200 ACF. (Departamento de Astronomía y Astrofísica, 2013)

*Tabla 4-5 Especificaciones Técnicas: Telescopio Celestron Classic C8*

<b>Especificaciones Técnicas: Telescopio Celestron Classic C8</b>	
Diseño Óptico	Schmidt-Cassegrain / Catadióptrico
Clear Aperture	8" (203 mm)
Diámetro del Espejo primario.	8.25" (209.6mm)
Longitud Focal	2032 (80")
Razón Focal	f/10
Poder de resolución (Dawes Limit)	0.68 arcsegundos
Límite de Magnitud (Visual)	14
Límite de Magnitud (Fotográfica)	16.5
Escala de Imagen (°/pulgadas)	0.72°/pulgadas
Máximo Poder Visual Practico	500x
Foco Cercano	25'
Tamaño del Tubo Óptico	9.1" Dia.* 16" Long.
Obstrucción del Espejo Secundario	2.5" (14.1%)
Montura del Telescopio	Tipo Horquilla
Diámetro de los Círculos de Posición	Dec. :6" R. A. :8.75"
Sistema Motor Guía en A.R.	Un Servo Motor
Tamaño Angular de cobertura Película de 35mm	0.97° * 0.68°

Fuente: [http://faces.unah.edu.hk/astro/docs/oacs/c8\\_classic\\_manual.pdf](http://faces.unah.edu.hk/astro/docs/oacs/c8_classic_manual.pdf) (Departamento de Astronomía y Astrofísica, 2013)

*Tabla 4-6 Especificaciones Técnicas: Telescopio Celestron 3.55" C90*

<b>Especificaciones Técnicas: Telescopio Celestron 3.55" C90</b>	
<b>Diseño Óptico</b>	<b>Maksutov / Cassegrain</b>
Apertura	3.55" (90 mm)
Diámetro del Espejo primario.	8.25" (209.6mm)
Longitud Focal	1000 (40")
Razón Focal	f/11
Poder de resolución (Dawes Limit)	1.3 arcsegundos
Límite de Magnitud (Visual)	12
Escala de Imagen (°/pulgadas)	0.43°/pulgadas
Foco Cercano	10 pies
Obstrucción del Espejo Secundario	1 (3/8)" (15%)
Diámetro de los Círculos de Posición	Dec. :4" R. A. :6(1/4)"

Fuente: [http://faces.unah.edu.hk/astro/docs/oacs/c90\\_manual.pdf](http://faces.unah.edu.hk/astro/docs/oacs/c90_manual.pdf) (Departamento de Astronomía y Astrofísica, 2013)

Tabla 4-7 Especificaciones Técnicas: Meade 8" LX200 ACF.

<b>Especificaciones Técnicas: Meade 8" LX200 ACF.</b>	
Clear Aperture	8" (203mm)
Óptica Designa	Advanced Coma Free (ACF)
Focal Length	2,000mm
Focal Ratio	f/10
Telescope Mounting	Heavy-duty fork type; double-tine
Optical Coatings	Ultra-High Transmission Coatings (UHTC)
Resolving Power (Dawes Limit)	0.570 arcseconds
AutoStar Controller	Autostar II
Object Database	145,000 objects
Viewfinder	8x50mm with cross-hair reticle
Eyepiece	26mm Series 4000 Super Plossl
Diagonal	1.25" diagonal prism
Pointing Precision (High-Precision Mode)	1-arc min.
Periodic Error Correction	Both Axes
Permanent Periodic Error Correction (PPEC)	Yes
Slow Motion Controls	Mechanical & electronic
Tripod	Standard field Tripod
Batteries (User-Supplied)	8 x C cells
Battery Life (Typical)	20 hrs.
Tracking Rates	Sidereal, lunar, or custom-selected from 2000 incremental rates
Slew Speeds	RA and Dec: 0.01x to 1.0x sidereal, variable in 0.01x increments; 2x, 8x, 16x, 64x, 128x sidereal; 1°/sec. to 2°/sec., variable in 0.1° increments.
Tracking Rates	Sidereal, lunar, or custom-selected from 2000 incremental rates

Fuente: [http://faces.unah.edu.hk/astro/docs/oacs/lx200\\_acf\\_manual.pdf](http://faces.unah.edu.hk/astro/docs/oacs/lx200_acf_manual.pdf) (Departamento de Astronomía y Astrofísica, 2013)

Tabla 4-8 Especificaciones Técnicas: Telescopio ETX-LS 8"

<b>Especificaciones Técnicas: Telescopio ETX-LS 8"</b>	
Diseño Óptico	Advanced Coma-Free (ACF)
Apertura	8" (406.4mm)
Longitud Focal	2000mm
Razón Focal	f/10
Poder de resolución (Dawes Limit)	0.570 arcseconds
Límite de Magnitud (Visual)	14
Escala de Imagen (°/pulgadas)	0.36°/pulgadas
Montura del Telescopio	Aluminio rígido, de un brazo

Fuente: [http://faces.unah.edu.hk/astro/docs/oacs/etx\\_ls\\_manual.pdf](http://faces.unah.edu.hk/astro/docs/oacs/etx_ls_manual.pdf) (Departamento de Astronomía y Astrofísica, 2013)

Tabla 4-9 Especificaciones Técnicas: Telescopio SolarMax II 60-Double Stack

<b>Especificaciones Técnicas: Telescopio SolarMax II 60-Double Stack</b>	
Diseño Óptico	Advanced Coma-Free (ACF)
Apertura	60mm
Longitud Focal	400mm
Razón Focal	f/6.6
Ancho de banda	<.6 Å

Fuente: [http://faces.unah.edu.hk/astro/docs/oacs/coronado\\_solarmax\\_manual.pdf](http://faces.unah.edu.hk/astro/docs/oacs/coronado_solarmax_manual.pdf) (Departamento de Astronomía y Astrofísica, 2013)

Algunos instrumentos importantes que se utilizan son las cámaras ST-402ME, la cual es una cámara para imágenes y la Cámara CCD STT-8300M el cual es un dispositivo capaz de absorber por largos periodos de tiempo la radiación electromagnética que incide sobre él, esto a través del efecto fotoeléctrico, para luego convertirlo en señales digitales que pueden ser interpretadas por cualquier computadora, y de esta forma crear imágenes digitales. Estas cámaras son acopladas al telescopio que también recolecta luz a través de su lente o espejo primario, y de esta forma poder consolidar la imagen de un objeto distante con un brillo tenue, que de otra forma sería imposible de observar.

Tabla 4-10 Especificaciones Técnicas: Cámara CCD STT-8300M

<b>Especificaciones Técnicas: Cámara CCD STT-8300M</b>	
CCD	Kodak KAF-8300
Arreglo de Pixeles	3326 x 2504 pixels
Tamaño del CCD	17.96 x 13.52 mm
Total de Pixeles	8.3 million
Tamaño del Pixel	5.4 x 5.4 microns square
Capacidad de carga	~ 25,500 e-
Corriente oscura	~0.02e- / pixel / seg a -10°C
Antiblooming	1000X
Disparador	Even-iluminación, Mecanica
Exposición	0.12 a 3600 seg
Convertidor A/D	16 bits
Ganancia A/D	0.37e- / ADU
Montura del Telescopio	Tipo Horquilla
Ruido de lectura (RON)	~9e-
Modos de biniado	1 x 1, 2 x 2, 3 x 3, 9x 9, n x 1
Razón de digitización de pixeles	10 megapixeles por segundo
Descarga total de marco	<1 segundo
Delta Máximo de enfriamiento	-55 °C
Temperatura de regulación	± 0.1 °C
Poder	12VDC, 3.5amps max
Interfaz de Computadora	USB 2.0 y Ethernet

Cuerpo de la cámara	4.9 x 4.9 x 2.9 pulg (124 x 124 x 74 mm)
Montura	T-Thread, 2" nosepiece
Peso	2.7 libras (1.2)
Foco trasero	0.69 pulgadas (17.5mm)
Compatibilidad de computadora	Windows de 32/64 bits /Mac OSX

Fuente: [http://faces.unah.edu.hn/astro/docs/oacs/stt8300\\_manual](http://faces.unah.edu.hn/astro/docs/oacs/stt8300_manual) (Departamento de Astronomía y Astrofísica, 2013)

Tabla 4-11 Especificaciones Técnicas: Cámara para imágenes ST-402ME

<b>Especificaciones Técnicas: Cámara para imágenes ST-402ME</b>	
Microlensed CCD	Kodak KAF-0402ME, Kodak KAF-0402E, Kodak KAF-0401LE
Arreglo de Píxeles	756 x 510 pixels, 6.9 x 4.6mm
Total de Píxeles	390,150
Tamaño del Pixel	9 x 9 micras cuadradas
Capacidad de carga	Non-ABG CCDs ~ 10,000 e-, ABG CCDs 50,000 electrons
Corriente oscura	1 e-/pixel/sec at 0°C
Disparador	Electromecánico

Fuente: [http://faces.unah.edu.hn/astro/docs/oacs/st-402\\_manual.pdf](http://faces.unah.edu.hn/astro/docs/oacs/st-402_manual.pdf) (Departamento de Astronomía y Astrofísica, 2013)

La implementación de carreras universitarias en el ámbito del estudio de las ciencias espaciales es algo muy reciente en Honduras. La creación de la Facultad de Ciencias Espaciales de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras se dio en el proceso del reconocimiento al funcionamiento del Observatorio Astronómico Centroamericano (OACS). En el año 2009 se establecieron tres campos importantes que se venían trabajando en el OACS/UNAH y así comenzaron a funcionar los departamentos de Astronomía y Astrofísica, Ciencia y Tecnologías de la Información Geográfica y el de Arqueoastronomía. A lo largo de 2012, con la colaboración de la Dirección General de Aeronáutica Civil y Convenio con la Agencia para el Desarrollo Aeronáutico y Educativo de Honduras, se comenzó a trabajar en las bases para el establecimiento de las Ciencias Aeronáuticas en la Facultad de Ciencias Espaciales.

El 7 de diciembre de 2012, el Consejo de Educación Superior de la UNAH aprobó la creación y funcionamiento de la Carrera de Astronomía y Astrofísica en el grado de Licenciatura. Para el año 2013 se inició con la primera promoción de estudiantes inscritos en dicha carrera, la cual está destinada para ser cursada en 5 años. (Departamento de Astronomía y Astrofísica, 2013)

## 4.9 Raspberry Pi

Raspberry Pi es el nombre de una serie de computadoras de placa única fabricadas por la Fundación Raspberry Pi, una organización benéfica del Reino Unido que tiene como objetivo educar a las personas en informática y facilitar el acceso a la educación informática. La Raspberry Pi se lanzó en 2012, y desde entonces se han lanzado varias versiones y variaciones. El último modelo tiene una CPU de 1,5 GHz de cuatro núcleos con hasta 8 GB de RAM.

En todo el mundo, la gente usa Raspberry Pis para aprender habilidades de programación, construir proyectos de hardware, hacer automatización del hogar e incluso usarlos en aplicaciones industriales. La Raspberry Pi es una computadora muy barata que ejecuta Linux, pero también proporciona un conjunto de pines GPIO (entrada / salida de propósito general) que permiten controlar los componentes electrónicos para la computación física y explorar el Internet de las cosas (IoT).

Raspberry Pi opera en el ecosistema de código abierto, ejecuta Linux y su principal sistema operativo compatible, Raspbian, es de código abierto y ejecuta un conjunto de software de código abierto. La Fundación Raspberry Pi contribuye al kernel de Linux y varios otros proyectos de código abierto, además de lanzar gran parte de su propio software como código abierto. (Raspberry Pi Foundation, 2020)



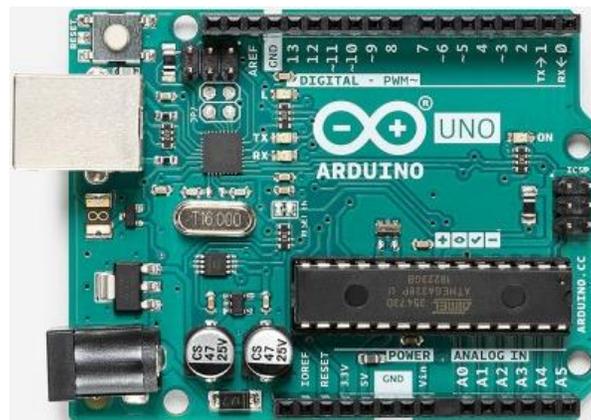
*Figura 4-15 Raspberry Pi*  
*Fuente: (Raspberry Pi Foundation, 2020)*

## 4.10 Arduino

Arduino es una plataforma de código abierto utilizada para construir proyectos de electrónica. Arduino consta de una placa de circuito programable física, denominada microcontrolador, y una pieza de software, o IDE (entorno de desarrollo integrado) que se ejecuta en su computadora, que se utiliza para cargar código de computadora en la placa física.

A diferencia de la mayoría de las placas de circuitos programables anteriores, Arduino no necesita una pieza de hardware separada para cargar un nuevo código en la placa; simplemente se puede usar un cable USB. Además, el IDE de Arduino utiliza una versión simplificada de C++, lo que facilita el aprendizaje de la programación. Finalmente, Arduino proporciona un factor de forma estándar que divide las funciones del microcontrolador en un paquete más accesible.

El hardware y software de Arduino fue diseñado para personas interesadas en crear objetos o entornos interactivos. Arduino puede interactuar con botones, LED, motores, parlantes, unidades GPS, cámaras, Internet e incluso teléfonos inteligentes. Esta flexibilidad, combinada con el hecho de que el software Arduino es gratuito, las placas de hardware son bastante baratas y tanto el software como el hardware son fáciles de aprender, ha llevado a una gran comunidad de usuarios que han contribuido con código y proyectos. (Arduino, 2020)



*Figura 4-16 Placa Arduino*  
*Fuente: (Arduino, 2020)*

## 4.11 Python

Python es un lenguaje de programación de uso general popular que se puede utilizar para una amplia variedad de aplicaciones. Incluye estructuras de datos de alto nivel, tipado dinámico, enlace dinámico y muchas más características que lo hacen tan útil para el desarrollo de aplicaciones complejas como para secuencias de comandos o "código de unión" que conecta componentes entre sí.

Python también se puede ampliar para realizar llamadas de sistema a casi todos los sistemas operativos y ejecutar código escrito en C o C ++. Debido a su amplia presencia y capacidad para ejecutarse en casi todas las arquitecturas de sistemas, Python es un lenguaje universal que se encuentra en una variedad de aplicaciones y plataformas diferentes.

Desarrollado por primera vez a fines de la década de 1980 por Guido van Rossum, Python ha avanzado como un lenguaje de programación de código abierto al administrar la discusión pública a través de Python Enhancement Proposals (PEP).

Los programadores nuevos pueden beneficiarse del alto nivel de abstracción de Python. Es muy interactivo y es conocido por sus comandos sencillos en torno a una sintaxis específica. Muchos usuarios también aprecian que Python tiene una sintaxis estricta impuesta por el compilador, lo que facilita tener una única "forma correcta" de escribir un programa. Este lenguaje de programación se encuentra presente por defecto en todas las distribuciones de Linux y es fácilmente utilizable desde la misma terminal del sistema operativo. (González, 2015)

## 4.12 SIMBAD

Simbad es la base de datos de referencia para la identificación y bibliografía de objetos astronómicos. Contiene identificaciones, datos básicos, bibliografía y mediciones de observación seleccionadas para varios millones de objetos astronómicos. Simbad es desarrollado y mantenido por CDS (Centro de Datos Astronómicos), Strasbourg. La construcción de los contenidos de la base de datos se logra con la ayuda de varios institutos colaboradores.

El escaneo de la bibliografía es el resultado de la colaboración de CDS con bibliógrafos del Observatoire de Paris (DASGAL), el Institut d'Astrophysique de Paris y el Observatoire de Bordeaux. Al seleccionar catálogos y tablas para su inclusión, se da prioridad a la cobertura óptima de múltiples longitudes de onda de la base de datos y al apoyo de los desarrollos de investigación vinculados a grandes proyectos. Paralelamente, el escaneo sistemático de la bibliografía refleja la diversidad y las tendencias generales de la investigación astronómica.

Simbad es una gran base de datos de información astronómica. Contiene más de 9 millones de objetos con más de 24 millones de nombres. Se puede buscar en la base de datos información sobre un objeto y obtener muchos detalles sobre él, incluida una imagen, coordenadas, distancia y los diferentes identificadores utilizados para el objeto.

Simbad es útil para averiguar la designación de un objeto porque brinda una lista de referencias cruzadas de objetos, lo que facilita la identificación de lo que se está mirando. A veces, un trabajo de investigación se refiere a un objeto utilizando su designación LEDA y, a través de Simbad, se puede encontrar que la designación LEDA tiene una designación NGC equivalente. (Université de Strasbourg/CNRS, 2020)

### 4.13 Motores Eléctricos

En la actualidad existen diversos tipos de motores eléctricos que pueden ser empleados en diferentes proyectos. Cada uno de estos motores tiene sus propias cualidades y características que los hacen ideales para cierto tipo de trabajo. A continuación, se presenta una tabla comparativa en la que se detallan las diferentes ventajas y desventajas que cada uno de estos motores brindan con su uso.

*Tabla 4-12 Comparación de tipos de motores eléctricos*

Tipo	Ilustración	Ventajas	Desventajas
Motor AC		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácil de controlar</li> <li>• Bajo costo</li> <li>• Alta potencia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajo control de posición</li> <li>• Bajo desempeño a velocidades bajas</li> </ul>
Motor DC		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de bajo costo para control de velocidad y torque</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere de mayor mantenimiento</li> </ul>
Motor Paso a Paso		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácil de controlar</li> <li>• Sistema de posicionamiento de bajo costo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control a bajas velocidades</li> <li>• Baja exactitud</li> <li>• Alto ruido</li> <li>• Baja potencia</li> </ul>
Servo Motor		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta precisión</li> <li>• Alto torque</li> <li>• Varios modos de control</li> <li>• Tamaño pequeño</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Precio elevado</li> </ul>

Fuente: (Thomas Publishing Company, 2021)

## 4.14 Conceptualización

Para la elaboración del telescopio automático se tomará como punto base un telescopio refractor con montura manual y ecuatorial. Ya que la montura ecuatorial cuenta con dos ejes de rotación, el horizontal (declinación) y el vertical (ascensión recta), se deberá realizar el sistema de movimiento automático tomando en cuenta ambos ejes. Ambos ejes serán movilizadas por servo-motores CC que a su vez serán controlados por el microcontrolador Arduino.

La operación y registro de coordenadas de los cuerpos celestes será procesada por el microcomputador Raspberry Pi. Este computador será el encargado de obtener la información de coordenadas desde la base de datos SIMBAD y procesará su información en el software programado en Python para así enviar los comandos necesarios que deberá llevar a cabo el microcontrolador Arduino para controlar los servo-motores y así completar el funcionamiento del telescopio automatizado.

### 4.14.1 Diagrama de Flujo del Sistema

*Tabla 4-13 Jerarquía de control del telescopio*



Fuente: Autoría propia

#### 4.14.2 Gestión de Costos

En la elección de los componentes se tomó en cuenta, además de las revisión de la literatura y la entrevista al experto, la relación precio-beneficio de cada componente para así lograr un presupuesto que representara una ventaja ante la compra de un telescopio Go-To de una marca reconocida.

Tabla 4-14 Costo de componentes

Elemento	Figura	Costo
Raspberry Pi Zero W		HND L. 249 US \$10
Arduino Uno R3		HND L.492 US \$19.79
GoBilda 2000 Series Dual Mode		x2 HND L.797 US \$31.99
Jumpers de conexión		HND L.145 US \$5.79
Cable USB tipo A - tipo B		HND L.182 US \$7.28
Orion Observer II 70mm		HND L.2,739 US \$109.99
<b>Total</b>		<b>HND L. 5,402</b> <b>US \$216</b>

Fuente: Autoría propia

## **CAPITULO V. METODOLOGÍA**

### **5.1 Enfoque y Métodos**

El enfoque de la investigación es un proceso sistemático, disciplinado y controlado y está directamente relacionada a los métodos de investigación que son dos: método inductivo generalmente asociado con la investigación cualitativa que consiste en ir de los casos particulares a la generalización; mientras que el método deductivo, es asociado habitualmente con la investigación cuantitativa cuya característica es ir de lo general a lo particular. (Ruiz, 2011)

La presente investigación se realizará bajo un enfoque cuantitativo por su naturaleza objetiva en donde se desarrollan conceptos partiendo de los datos y se busca aplicar la lógica deductiva para evaluar modelos o teorías preconcebidas. El diseño de investigación es estructurado y le da el orden y proceso necesario a la investigación para llegar a conclusiones relevantes

(Hernández, 2014) afirma:

El enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar” o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica.

Se llevará a cabo un estudio de naturaleza estructurada que permitirá plantear los puntos de vista a través de la investigación, de acuerdo con la información recopilada de las distantes fuentes de información. Dadas las circunstancias de la poca presencia de la astronomía en nuestra nación, se considera que el enfoque cuantitativo es el indicado para la investigación por sus prestaciones de estudio deductivo.

### **5.1.1 Diseño y alcance de investigación**

El diseño de la investigación es un modelo conceptual y operativo que se ocupa de proporcionar un método de verificación que permite contrastar hechos con teorías, y su forma es la de una estrategia o plan general que determina las operaciones necesarias para hacerlo. (Sabino, 2014)

Se eligió un diseño experimental, con alcance preexperimental. De carácter preexperimental debido a que se manipulan las variables a estudiar de manera mínima. Se realiza un proceso de selección, observación, comparación y análisis de las características y como afectan la implementación de un sistema automático de telescopio. La toma de datos se realizará de manera preliminar a través del uso de la entrevista y de la comparación de prestaciones como instrumentos de recolección de datos cuantitativos .

(Agudelo, Aignerren, & Ruiz, 2010) indican:

Un experimento es una investigación en la cual el investigador manipula y controla una o más variables independientes y observa la o las variables dependientes para medir las variaciones concomitantes. El primer requisito de un experimento es la manipulación intencional de una o más variables independientes. La variable independiente es la que se considera como supuesta causa en una relación entre variables, es la condición antecedente; y al efecto provocado por dicha causa se le denomina variable dependiente.

### **5.2 Población y Muestra**

Se tomará como población a las personas con conocimiento en astronomía y la utilización de telescopios tanto de montura manual como automatizada. La muestra consistirá en 1 experto en el área de astronomía para documentar y analizar sus opiniones acerca de la elaboración del proyecto de automatización a través de la electrónica de un telescopio de montura manual.

Debido a la naturaleza altamente técnica que se trata en el presente estudio, se considera que la muestra debe ser delimitada a personas con un alto grado de conocimiento en el tema, por lo que se optó por una persona graduada de la licenciatura en Astronomía y Astrofísica de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras y con un máster en el área de la Astronomía obtenido de la Universidad de Cantabria. A pesar de ser una muestra reducida, el nivel de experiencia en el área de estudio de la persona seleccionada brindará la información requerida para el desarrollo de la propuesta.

El participante seleccionado para la muestra es:

1. Master en Astronomía y Astrofísica, Jorge Orellana

Además, se tomará como muestra secundaria las diversas fuentes bibliográficas que sirven como respaldo para el marco teórico de este trabajo, fuentes como el informe “Telescope Tracking System” de Mossop en 2013.

### **5.3 Unidad de Análisis y Respuesta**

La unidad de análisis del estudio es la población interesada en la astronomía ya que hacía ellos está dirigida la propuesta para la automatización de telescopios manuales y así brindar mayor facilidad de observación sin necesidad de poseer un amplio conocimiento técnico.

Por otro lado, la unidad de respuesta se obtendrá a través del análisis de la entrevista realizada a el experto en la temática y la interpretación extensa de la literatura recolectada para el estudio.

## 5.4 Técnica e Instrumento Aplicado

Se utilizará la herramienta de la entrevista como técnica de recolección de datos ya que está brinda las cualidades adecuadas que se adaptan al fin de la investigación. La entrevista es una herramienta muy útil para la recolección de datos dentro de una investigación de carácter cualitativo. Al comparar la entrevista con el cuestionario como instrumentos de recolección de datos, se puede concluir que la primera es más efectiva ya que provee información más extensa y personalizada. Otra cualidad de la entrevista es que presenta la oportunidad de esclarecer cualquier incertidumbre que pueda surgir durante su desarrollo, permitiendo respuestas más completas.

Las entrevistas son un método excelente especialmente en procesos de alcance descriptivo, particularmente durante los primeros pasos explorativos de estos procesos. La entrevista utilizada durante un análisis cualitativo:

- Intenta adquirir datos acerca de una temática en particular.
- Trata de que los datos logrados sean detallados y completos.
- Identifica la relevancia que los entrevistados le dan a la temática.

El tipo de entrevista que se llevará a cabo es una entrevista semiestructurada, ya que estas presentan un grado mayor de flexibilidad que las estructuradas (preguntas cerradas), debido a que parten de preguntas planeadas, que pueden ajustarse a los entrevistados. Su ventaja es la posibilidad de adaptarse a los sujetos con enormes posibilidades para motivar al interlocutor, aclarar términos, identificar ambigüedades y reducir formalismos. (Díaz, Torruco, Martínez, & Varela, 2013)

## **5.5 Fuentes de Información**

Las fuentes de información son aquellas que nos proporcionan datos con el fin de reconstruir hechos y las bases del conocimiento. Estas son una herramienta esencial para búsqueda y el acceso a la información y el conocimiento. (Maranto, 2015)

### **5.5.1 Fuentes primarias**

Las fuentes primarias contienen información original o de primera mano, son el resultado de ideas, conceptos, teorías y resultados de investigaciones. Presentan información directa antes de ser interpretada o analizada. Incluyen libros, publicaciones periódicas, informes técnicos, etc. (Maranto, 2015)

La información de primera mano contenida en esta investigación provendrá principalmente de la entrevista al experto en el área de la astronomía para conocer su perspectiva y así realizar un análisis concienzudo de los datos obtenidos. Además, se utilizan trabajos investigativos originales como el Telescope Tracking System de Mossop.

### **5.5.2 Fuentes secundarias**

Son las fuentes que ya han procesado información de una fuente primaria. Este proceso se puede dar a través de una interpretación, un análisis, extracción o reorganización de la información original de la fuente primaria. (Maranto, 2015)

En el presente trabajo se utilizaron como fuentes secundarias a diversos documentos, informes, y libros como, por ejemplo, el libro Essential Astrophysics de Lang, el libro Metodología de la Investigación de Hernández, etc.

## 5.6 Cronología de Trabajo

En el siguiente gráfico se muestra la división de actividades para la realización del proyecto a través del tiempo comprendido en el 4to periodo académico del 2020.

Tabla 5-1 Cronología de trabajo

Cronología de Trabajo para Proyecto Fase I										
Actividad	Tiempo en semanas 13 de octubre - 20 de diciembre del 2020									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Primera Reunión	■									
2. Discusión de Idea de Proyecto	■									
3. Entrega de Formulario de Descripción de Proyecto		■								
4. Explicación de escritura de introducción y hasta Cap. 3		■								
5. Entrega de Antecedentes y Definición del problema			■							
6. Entrega del capítulo II completo				■						
7. Explicación sobre escritura de los capítulos V y VI.				■						
8. Entrega del capítulo III y IV					■					
9. Retroalimentación de los capítulos anteriores						■				
10. Explicación sobre la Viabilidad del proyecto							■			
11. Entrega de capítulo V y VI							■	■	■	
12. Entrega de capítulos VII, VIII, IX y X							■	■	■	
13. Retroalimentación de comentarios.								■	■	
14. Entrega de documento completo.									■	■
15. Entrega de compromiso de desarrollo detallado.										■

Fuente: Autoría propia

## CAPITULO VI. RESULTADOS Y ANÁLISIS

A continuación, se realiza la presentación y análisis de la información obtenida a través de la entrevista aplicada al experto en el área de la astronomía. Con este fin se muestran la entrevista realizadas de manera íntegra para su posterior discusión y deducción de resultados.

### 6.1 Análisis de Entrevista

#### Entrevista a experto: Automatización a través de la electrónica de un telescopio manual.

Nombre: Jorge Luis Orellana Cruz

Edad: 30 años

Campo de estudio: Astronomía, Astrofísica y Física de Partículas

Nivel académico: Master en Física de Partículas y del Cosmos

Tabla 6-1 Análisis de Entrevista

#	Pregunta	Respuesta
1	<b>¿Qué experiencia tiene en el área de la astronomía?</b>	Tengo experiencia en el área de astronomía en rayos X. En concreto trabaje mi investigación con la Agencia Espacial Europea en la colaboración de la misión espacial ATHENA el cual será el mayor telescopio de rayos X jamás construido. Mi experiencia se basa en la detección de Núcleos de Galaxias Activas (AGN en inglés) a alto desplazamiento al rojo utilizando simulaciones del instrumento WFI de ATHENA. Caracterizar la emisión de la línea del hierro en el espectro en rayos x de los AGNs.
2	<b>¿Qué experiencia tiene en el uso de telescopios como herramienta de observación astronómica?</b>	Mi experiencia en telescopios proviene de mi práctica profesional supervisada cumpliendo 240 horas de observación para realizar un trabajo acerca de la curva de luz en estrellas variables. En concreto la estrella variable delta scuti BE LYN. Además de algunas horas realizadas durante mi formación académica.
3	<b>¿Cree usted que se requiere un nivel alto de conocimiento técnico para realizar observaciones astronómicas utilizando</b>	Realmente no tanto. Se puede realizar observación sabiendo lo necesario del cielo nocturno, es decir, la bóveda celeste. Adicionalmente con que se pueda hacer horas de practica con el uso de un telescopio se logra obtener las competencias necesarias para realizar observaciones. Ahora, de requerir

	<b>telescopios de montura manual?</b>	hacer investigación ya es otro nivel. Pues en ciertos casos si se quiere hacer fotometría pues si se necesita más estudios. Pero una observación como tal no requiere tanta preparación.
4	<b>¿Considera que la enseñanza y la adopción masiva de la astronomía se miraría beneficiada de existir una mayor disponibilidad de telescopios de montura automatizada (Go-To)?</b>	Si por supuesto, mucho se mirarían beneficiados al tener instalaciones adecuadas. Los profesionales en el área podrían hacer todo tipo de observaciones y algunos trabajos que involucren tratamiento de datos. Los estudiantes podrían aprender a manejar observatorios y tener la experiencia de campo que tanto los prepara la teoría. Un extra sería la vinculación científica a la sociedad por medio de la divulgación.
5	<b>¿Qué tipo de montura telescópica cree que brindaría las mejores prestaciones al momento de su automatización, una ecuatorial o una altacimutal?</b>	Pues depende realmente de la marca y modelo, pues los ecuatoriales están bien centrados con la polar, casi a totalidad, de manera que un seguimiento de un cuerpo celeste es mucho más fácil. Motorizar un telescopio con montura ecuatorial es bastante fácil. Los telescopios Azimutales son mejor a la búsqueda de objetos, pero en ciertos casos es difícil darles seguimiento al ser objetos muy lejanos. Lo cual requiere de técnicas aprendidas entre los astrónomos para la búsqueda.
6	<b>¿Qué diseño de construcción de telescopio cree que se adaptaría mejor a un proceso de automatización? (refractores, reflectores, catadióptricos, Dobsoniano, etc.</b>	Pues la verdad no se mucho de instrumentación y diseño de telescopios. Pero debido al uso del telescopio, juego de lentes y espejos y en ocasiones cámaras Schmidt para corregir aberraciones en la imagen me inclino a los telescopios refractores.
7	<b>¿Considera que la automatización de un telescopio manual presentaría un ahorro económico sobre la compra de un modelo de telescopio Go-To comercial?</b>	Podría ser dependiendo que tanto se le tenga que modificar. El problema es que ya los telescopios automáticos tienen la facilidad del ingreso de coordenadas para buscar los cuerpos celestes que se requiera.
8	<b>¿Cuál considera que es la mejor opción de base de datos para la programación de coordenadas de los objetos celestes en un sistema automatizado?</b>	Pues tengo experiencia trabajando con el SIMBAD y me ha resultado bastante útil la base de datos. La verdad hay varias que están bastante completas.

Fuente: Autoría propia

## 6.2 Análisis de Datos

Partiendo de la información proporcionada por el experto en astronomía:

- La observación astronómica a través de telescopios de montura manual, tomada como pasatiempo, no es una actividad que requiera de grandes cantidades de conocimiento técnico y práctico. Basta con tener un conocimiento básico de la ubicación y movimiento de los astros para poder realizar observaciones sencillas. Esta base teórica se puede complementar rápidamente con unas pocas sesiones de búsqueda de objetos celestes con un telescopio de montura manual.
- Si se pretende realizar algún tipo de observación con fines de investigación o se pretende realizar astrofotografía como pasatiempo, el nivel de complejidad en las observaciones aumenta por lo que se requiere de un grado más alto de conocimiento técnico y es justo aquí donde sistemas de ubicación y seguimiento automatizados son especialmente útiles.
- La mayor disponibilidad de telescopios automatizados sería de gran beneficio tanto a astrónomos profesionales como a los aficionados de la astronomía. La precisión brindada por la automatización de las monturas telescópicas de telescopios manuales permitiría a los astrónomos disponer de más herramientas confiables para la realización de observaciones que requieren de un tratamiento posterior de datos. Además, la facilidad incrementada de uso de estos telescopios automatizados alentaría la curiosidad de los astrónomos aficionados y también abriría las puertas a muchas más personas que no conocen el mundo de la observación astronómica.
- La automatización de una montura ecuatorial resulta de mayor beneficio ya que la característica alineación de su eje de rotación con la estrella polar hace que el seguimiento al movimiento natural de los astros, causado por la rotación terrestre, sea más sencillo que al compararlo con el caso de una montura altacimutal, en donde el seguimiento al movimiento de los astros se realiza a través de ajustes en sus dos ejes de rotación.

- Debido a su versatilidad, características de construcción y dimensiones físicas muy manejables, el tipo de telescopio refractor resulta ser el que brinda las mejores prestaciones para su automatización.
- El beneficio en costo al automatizar un telescopio manual en lugar de la compra de un telescopio Go-To diseñado por un fabricante de telescopios dependerá de la cantidad de modificaciones requeridas para su elaboración. Además, este costo se verá afectado por la elección de los materiales requeridos para su manufactura.
- SIMBAD surge como la base de datos favorita para obtención y programación de coordenadas de los objetos celestes en el sistema automatizado. Su elección se debe a extenso catálogo de coordenadas y datos, además de su reconocida facilidad de uso.

## CAPITULO VII. CONCLUSIONES

1. Debido a su gran versatilidad y su construcción de tamaño manejable, el telescopio refractor aparenta ser la mejor opción de telescopio para la automatización.
2. De acuerdo con la evidencia obtenida por las diversas fuentes, se propone que la montura ecuatorial podría representar la mejor opción para la automatización de un telescopio debido a su cualidad de alineamiento con el eje de rotación terrestre que permite el seguimiento sencillo de cuerpos celestes con un solo movimiento de rotación.
3. Los servo-motores podrían ser los instrumentos ideales para la automatización de los movimientos de un telescopio. Debido a que los movimientos requeridos para la ubicación y seguimiento de cuerpos celestes son muy precisos, la naturaleza de fácil control de posición con gran exactitud de los servo motores, podría convertirlos en la mejor opción.
4. La fabricación de un telescopio Go-To mediante la automatización de un telescopio de montura manual podría representar un ahorro económico sustancial al compararlo con la compra de un telescopio Go-To de una compañía de telescopios reconocida. Comparándolo a el costo de un telescopio Go-To de gama baja de una marca reconocida, al automatizar un telescopio manual se puede ahorrar aproximadamente USD \$163 o HND L. 4,075.
5. La mejor opción de controlador para la realización de un telescopio automático podría ser la combinación entre un microprocesador que facilite el control de servo-motores, como el Arduino Uno, y un sistema computacional de dimensiones pequeñas que permita el acceso a bases de datos de coordenadas en línea, como el Raspberry Pi.

## CAPITULO VIII. RECOMENDACIONES

1. En la elaboración de una segunda revisión más profunda de este proyecto se podrían tomar en cuenta las opiniones de una muestra más grande de expertos o incluso de estudiantes de la carrera de astronomía y astrofísica.
2. En futuras revisiones se debería diseñar e implementar un sistema adecuado de engranajes para la correcta adaptación entre la montura telescópica y la motorización propuesta.
3. Aunque la automatización de los telescopios facilita la observación astronómica, el usuario todavía debe por lo menos tener la capacidad de nivelar correctamente su montura telescópica y alinear su eje mecánico con la estrella de referencia del eje de rotación terrestre. Para observadores en el hemisferio norte esta referencia sería la estrella Polar, y para observadores en el hemisferio sur esta referencia sería la Cruz del Sur
4. La elección del tipo de telescopio a utilizar varía de caso a caso y se debe tomar en consideración el propósito principal que tendrá el telescopio para así elegir el tipo de construcción de telescopio que mejor se adapte a las necesidades del proyecto.
5. Existen diversas opciones de microcontroladores y microcomputadores que podrían reemplazar a los propuestos en el presente proyecto. Los componentes elegidos fueron seleccionados por su facilidad de uso y reputación de las compañías manufactureras. Escoger diferentes componentes podría representar un ahorro económico aún mayor en la construcción.
6. La realización de un ambiente gráfico de control brindaría un grado extra de accesibilidad a esta propuesta de automatización. Este podría llevarse a cabo con la realización de aplicaciones completas en software como LabVIEW de National Instruments o con la vinculación del software base con software astronómico como Stellarium.

## REFERENCIAS

365 Astronomy. (2020). *365 Astronomy*. Obtenido de Celestron Nexstar 5:

<https://www.365astronomy.com/celestron-nexstar-5-slt-schmidt-cassegrain-goto-telescope-with-free-moon-filter-and-moon-map.html>

Agudelo, G., Aigner, M., & Ruiz, J. (2010). *Experimental y No-Experimental*. Obtenido de

<https://revistas.udea.edu.co/index.php/ceo/article/view/6545>

Amaina Systems S.L. (s.f.). *Amaina*. Obtenido de Óptica y Fotografía:

<https://www.amaina.com/telescopios-refractores/2586-telescopio-refractor-meade-polaris-80-mm-f113.html>

Arduino. (2020). *Arduino*. Obtenido de <https://www.arduino.cc/>

Brandon Optics. (2020). *Brandon Optics*. Obtenido de Meade LX200-ACF:

[https://www.brandonoptics.com/Meade-LX200-ACF-10254mm-Catadioptric-Telescope\\_p\\_2038.html](https://www.brandonoptics.com/Meade-LX200-ACF-10254mm-Catadioptric-Telescope_p_2038.html)

Breckinridge, J. (2012). *Basic Optics for the Astronomical Sciences*. Bellingham, Washington:

Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) .

Carroll, B., & Ostlie, D. (2014). *An Introduction to Modern Astrophysics*. Harlow: Pearson

Education Limited.

Cosmik Astronomia. (s.f.). *Cosmik*. Obtenido de Telescopio Dobson:

<https://www.telescopiosbarcelona.com/dobsonianos/1753-telescopio-dobson-2001200-gso.html>

Cox, L. (21 de Diciembre de 2017). *Who Invented the Telescope?* Obtenido de Space.com:

<https://www.space.com/21950-who-invented-the-telescope.html>

Departamento de Astronomía y Astrofísica. (2013). *DAAF*. Obtenido de Departamento de Astronomía y Astrofísica: <http://faces.unah.edu.hk/astro/>

Díaz, L., Torruco, U., Martínez, M., & Varela, M. (2013). *La entrevista, recurso flexible y dinámico*. México D.F.: Departamento de Investigación en Educación Médica, Universidad Nacional Autónoma de México.

ESO. (s.f.). *Cerro Paranal Observatory*. Obtenido de European Southern Observatory: <https://www.eso.org/>

Garret, E. (2020). *Science at your doorstep*. Obtenido de Improved Telescope Mounting: <https://scienceatyourdoorstep.com/2017/10/05/improved-telescope-mounting/>

Garrido, F. (2020). *Los observatorios mas importantes del mundo*. Obtenido de DigitalTrends: <https://es.digitaltrends.com/>

González, R. (2015). *Python para todos*. Creative Commons.

González, R. (s.f.). *Python para Todos*. Creative Commons Attribution ShareAlike 2.0.

Hernández, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. México D.F.: McGraw-Hill.

Karttunen, H., Kroger, P., Heikki, O., Poutanen, M., & Donner, K. (2017). *Fundamental Astronomy*. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Karuga, J. (24 de 04 de 2017). *Word Atlas*. Obtenido de Mauna Kea Observatories, Hawaii - Unique Places around the World: <https://www.worldatlas.com/articles/mauna-kea-observatories-hawaii-unique-places-around-the-world.html>

Lang, K. (2013). *Essential Astrophysics*. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Maranto, M. (2015). *Fuentes de Información*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Mossop, B. (2013). *Telescope Tracking System*. Murdoch University.

NAIC. (s.f.). *Radio Telescope at Arecibo Observatory*. Obtenido de Observatorio de Arecibo:  
<http://www.naic.edu/>

NOAO. (s.f.). *Kitt Peak National Observatory*. Obtenido de National Optical Astronomy  
Observatory: <https://www.noao.edu/kpno/>

Olmo, N. (2017). *HyperPhysics*. Obtenido de [http://hyperphysics.phy-](http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/hph.html)  
[astr.gsu.edu/hbasees/hph.html](http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/hph.html)

OSM. (s.f.). *Kitt Peak National Observatory*. Obtenido de Mapio.net: [https://mapio.net/pic/p-](https://mapio.net/pic/p-2039274/)  
[2039274/](https://mapio.net/pic/p-2039274/)

Portilla Barbosa, J. (2001). *Elementos de Astronomía de Posición*. Bogotá, Colombia:  
Observatorio Astronómico Nacional.

Raspberry Pi Foundation. (2020). *Raspberrypi.org*. Obtenido de <https://www.raspberrypi.org/>

Richmond, M. (s.f.). *Celestial Coordinates*. Obtenido de  
<http://spiff.rit.edu/classes/phys373/lectures/radec/radec.html>

Roth, G. (2009). *Handbook of Practical Astronomy*. Berlin: Springer-VerlagBerlinHeidelberg.

Roy, & Clarke. (s.f.). *Astronomy Principles and Practice* (Cuarta ed.). Institute of Physics  
Publishing.

Ruiz, M. (2011). *Políticas Públicas en Salud y su Impacto en el Seguro Popular en Culiacán,*  
*Sinaloa, México*. Sinaloa: Universidad Autónoma de Sinaloa.

Sabino, C. (2014). *El Proceso de Investigación*. Guatemala: Editorial Episteme.

Smyth, D. (2013). *Manual sobre Radioastronomía*. Obtenido de <https://www.itu.int/>

Telescopios.org. (s.f.). *Telescopios Reflectores*. Obtenido de Telescopios.org:  
[http://www.telescopios.org/tienda/telescopios\\_reflectores.htm](http://www.telescopios.org/tienda/telescopios_reflectores.htm)

The National Radio Astronomy Observatory . (2020). *The National Radio Astronomy Observatory* .

Thomas Publishing Company. (2021). *Thomasnet*. Obtenido de

<https://www.thomasnet.com/articles/machinery-tools-supplies/types-of-motors/>

Université de Strasbourg/CNRS. (2020). *SIMBAD Astronomical Database*. Obtenido de What is SIMBAD ? : <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>

Vaughan, C. (29 de 07 de 2016). *Space.com*. Obtenido de The ultimate in astronomy gadgets:

Go-To telescopes: <https://www.space.com/33586-goto-telescopes-ultimate-astronomy-gadget.html>

Weitering, H. (01 de 11 de 2018). *Space.com*. Obtenido de Happy Birthday, Arecibo! At 55,

Iconic Radio Telescope Survives Hurricane, Funding Challenges:

<https://www.space.com/42314-arecibo-observatory-55th-anniversary.html>

Wikipedia. (2020). *Very Large Telescope*. Obtenido de

[https://en.wikipedia.org/wiki/Very\\_Large\\_Telescope](https://en.wikipedia.org/wiki/Very_Large_Telescope)

Will. (2020). *Are Computerized GoTo Telescopes Worth the Price?* Obtenido de Telescope

School: <https://telescopeschool.com/are-computerized-goto-telescopes-worth-the-price/>

Woodland Hills Camera & Telescope. (2020). *Telescopes.net*. Obtenido de Computerized GoTo

Telescopes: <https://telescopes.net/store/telescopes/telescopes/computerized-goto-telescopes.html?p=2>

## ANEXOS



### **Entrevista a expertos: Automatización a través de la electrónica de un telescopio manual.**

La presente entrevista tiene como fin recolectar la información necesaria para el análisis de viabilidad de la automatización de un telescopio astronómico de montura manual utilizando la electrónica y la electromecánica.

Nombre:

Edad:

Campo de estudio:

Nivel académico:

- 1. ¿Qué experiencia tiene en el área de la astronomía?**
- 2. ¿Qué experiencia tiene en el uso de telescopios como herramienta de observación astronómica?**
- 3. ¿Cree usted que se requiere un nivel alto de conocimiento técnico para realizar observaciones astronómicas utilizando telescopios de montura manual?**
- 4. ¿Considera que la enseñanza y la adopción masiva de la astronomía se miraría beneficiada de existir una mayor disponibilidad de telescopios de montura automatizada (Go-To)?**

- 5. ¿Qué tipo de montura telescópica cree que brindaría las mejores prestaciones al momento de su automatización, una ecuatorial o una altacimutal?**
  
- 6. ¿Qué diseño de construcción de telescopio cree que se adaptaría mejor a un proceso de automatización? (refractores, reflectores, catadióptricos, Dobsoniano, etc.**
  
- 7. ¿Considera que la automatización de un telescopio manual presentaría un ahorro económico sobre la compra de un modelo de telescopio Go-To comercial?**
  
- 8. ¿Cuál considera que es la mejor opción de base de datos para la programación de coordenadas de los objetos celestes en un sistema automatizado?**