

UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

**Estrategia didáctica para la enseñanza de la
Astronomía de Posición, dentro del
marco del proyecto “Sintiendo la Astronomía”,
para estudiantes con discapacidad visual en el
curso de Astronomía.**

César Augusto Acosta Martínez

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Bogotá, Colombia

2019

**Estrategia didáctica para la enseñanza de la
Astronomía de Posición, dentro del
marco del proyecto “Sintiendo la Astronomía”,
para estudiantes con discapacidad visual en el
curso de Astronomía.**

César Augusto Acosta Martínez

Trabajo final presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

DIRECTORA:

Yuly Edith Sánchez Mendoza PhD.

Grupo de Biofísica Molecular – Departamento de Física

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Bogotá, Colombia

2019

A Dios por sus inagotables bendiciones y amor, a mi amada esposa, Paola, a mis hermosos hijos, Gabriel y Martín, son mi motivación. A mi padre, por su apoyo constante y, a mi madre, por sus piadosas oraciones.

Agradecimientos

A los profesores Yuly Edith Sánchez Mendoza y Santiago Vargas Domínguez, por dirigir el proyecto “Sintiendo la Astronomía”, y permitirme hacer parte de este.

A los profesores del Observatorio Astronómico Nacional que de una u otra forma apoyaron el desarrollo del curso, con sus orientaciones y acompañamiento.

A mis los estudiantes del curso, Astronomía para Todos – grupo 2, por su disposición inmejorable por aprender y escuchar. También aprendí mucho de ustedes.

A la profesora Nayibe Rodríguez y al estudiante de Física Javier Sánchez, por el apoyo constante en las sesiones de clase y preparación de los materiales.

Al personal del Instituto Nacional para Ciegos (INCI), por las ayudas y aportes a la planeación del curso Astronomía para Todos.

Resumen

Estrategia didáctica para la enseñanza de la Astronomía de Posición, dentro del marco del proyecto “Sintiendo la Astronomía”, para estudiantes con discapacidad visual en el curso de Astronomía.

La astronomía ha gozado de una tradición en la que la recepción visual se ha privilegiado. Concebir aspectos básicos y complejos de la astronomía para ser enseñados a población con discapacidad visual, ha sido objeto de múltiples proyectos e investigaciones. El producto de esto ha sido material multisensorial diverso que usa la percepción táctil y auditiva para que la población con discapacidad visual pueda acceder al conocimiento de la astronomía.

Para las temáticas de la astronomía de posición, el material disponible en el mercado es insuficiente, de manera que ha sido necesario diseñar y crear una estrategia didáctica que posibilite el aprendizaje de algunos aspectos básicos de la astronomía de posición, tales como: las coordenadas geográficas, los husos horarios, los movimientos de la Tierra, las estaciones, la bóveda celeste y las coordenadas horizontales, para ser aplicado en un curso en contexto ofrecido a estudiantes con discapacidad visual de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. Este proyecto está desarrollado dentro del marco del proyecto de Innovación pedagógica “Sintiendo la Astronomía”, el cual fue desarrollado con el objetivo de mostrar tópicos generales de la astronomía a estudiantes con discapacidad visual, sin necesidad de formación en Ciencias Naturales o Matemáticas.

La estrategia didáctica se implementó a lo largo de tres semanas en cinco sesiones de clase de dos horas cada una, del curso “Astronomía para Todos – Grupo 2”, en las que se aplicaron una prueba al inicio y al final de las sesiones, pruebas prácticas con el material multisensorial diseñado, una entrevista de percepción y un test de Likert dirigidos a los estudiantes para conocer sus opiniones respecto al curso y al material diseñado. Los resultados registrados muestran un aumento significativo en el aprendizaje, y el material diseñado propició en los estudiantes una notable motivación.

Palabras clave: Astronomía de posición, discapacidad visual, material multisensorial.

- X Estrategia didáctica para la enseñanza de la Astronomía de Posición, dentro del marco del proyecto "Sintiendo la Astronomía", para estudiantes con discapacidad visual en el curso de astronomía.
-

Abstract

Didactic strategy for the teaching of Position Astronomy, within the framework of the project "Feeling Astronomy", for students with visual disability in the Astronomy course.

Astronomy has enjoyed a tradition in which visual reception has been privileged. Conceiving basic and complex aspects of astronomy to be taught to people with visual disabilities, has been the subject of multiple projects and research. The product of this has been diverse multisensory material that uses tactile and auditory perception so that the visually disability population can access the knowledge of astronomy.

For the concepts of position astronomy, the material available in the market is insufficient, so it has been necessary to design and create a didactic strategy that allows the learning of some basic aspects of position astronomy, such as: the geocentric coordinates, the time zones, the movements of the Earth, the stations, the celestial vault and the horizontal coordinates, to be applied in a course in context offered to students with visual disability of the National University of Colombia in Bogotá. This project is developed within the framework of the Pedagogical Innovation project "Feeling Astronomy", which was developed with the aim of showing general topics of astronomy to students with visual disabilities, without the need of training in Natural Sciences or Mathematics.

The didactic strategy was implemented over three weeks in five class sessions of two hours each, of the course "Astronomy for All - Group 2", in which a test was applied at the beginning and at the end of the sessions, tests practices with the multisensory supplies designed, a perception interview and a Likert test aimed at the students to know their opinions about the course and the designed material. The recorded results show a significant increase in learning, and the material designed led to significant motivation in the students.

Keywords: Astronomy of position, visual disability, multisensory supply.

Contenido

| | Pág. |
|--|-----------|
| Resumen | IX |
| Abstract | X |
| Contenido | XI |
| Lista de figuras | XII |
| Lista de tablas..... | XIV |
| Introducción | 15 |
| 1. Astronomía de Posición y su enseñanza | 19 |
| 1.1 Astronomía de posición | 19 |
| 1.1.1 Origen de la astronomía y la astrología | 19 |
| 1.1.2 Trigonometría Esférica..... | 20 |
| 1.1.3 La Tierra | 22 |
| 1.1.4 Coordenadas de un observador sobre la superficie terrestre | 26 |
| 1.1.5 Tiempo terrestre | 28 |
| 1.1.6 La esfera celeste | 29 |
| 1.2 Didáctica multisensorial de las ciencias..... | 32 |
| 1.3 Proyecto “Sintiendo la Astronomía” | 34 |
| 2. Descripción de la estrategia didáctica..... | 36 |
| 2.1 Sesiones de clase | 37 |
| 2.1.1 Sesión 1: Recordando la geometría..... | 38 |
| 2.1.2 Sesión 2: ¿Cómo me oriento en la Tierra?..... | 43 |
| 2.1.3 Sesión 3: La Tierra se Mueve | 47 |
| 2.1.4 Sesión 4: Estrellita, ¿dónde estás?..... | 53 |
| 2.1.5 Sesión 5: Cierre y Evaluación | 55 |
| 3. Resultados..... | 57 |
| 3.1 Instrumentos de recolección de datos | 57 |
| 3.2 Análisis cuantitativo..... | 57 |
| 3.3 Análisis cualitativo | 61 |
| 4. Conclusiones y recomendaciones..... | 65 |
| 4.1 Conclusiones..... | 65 |
| 4.2 Recomendaciones..... | 66 |
| 5. Productos | 68 |
| 6. Referencias Bibliográficas | 73 |
| 7. Anexos | 75 |

Lista de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Elementos de la esfera. | 20 |
| Figura 2. Triángulo esférico..... | 21 |
| Figura 3. Superficie del triángulo esférico | 22 |
| Figura 4. Equinoccios y solsticios..... | 24 |
| Figura 5. Sentido de la precesión del punto equinoccial..... | 25 |
| Figura 6. Precesión y nutación terrestres | 25 |
| Figura 7. Desviación del geoide respecto al elipsoide | 26 |
| Figura 8. Diferencias entre la latitud geocéntrica Φ' y la latitud geodésica Φ | 27 |
| Figura 9. a) Husos Horarios b) Particularidades de la hora de cada país de Sudamérica | 29 |
| Figura 10. a) Observador en el ecuador terrestre b) Elementos básicos de las coordenadas horizontales | 30 |
| Figura 11. Estrellas A, B y C en coordenadas Horizontales, vistas en el mismo instante en latitudes de a) 50° y b) 10° | 31 |
| Figura 12. Objeto 1: rectas paralelas, oblicuas y perpendiculares..... | 38 |
| Figura 13. Objeto2: Transportador Braille. | 39 |
| Figura 14. Objeto3: ángulos de balso..... | 39 |
| Figura 15. Objeto 4: Círculo de icopor seccionado en sectores circulares..... | 40 |
| Figura 16. Objeto 5: esfera seccionada..... | 40 |
| Figura 17. Una de las estudiantes aplicando la prueba de entrada con ayuda de un lector. | 41 |
| Figura 18. Estudiantes haciendo la medición de ángulos..... | 42 |
| Figura 19. Uso de la esfera seccionada. | 42 |
| Figura 20. Objeto 6: Esfera terrestre 1 de coordenadas geográficas..... | 44 |
| Figura 21. Objeto 7: esfera terrestre 2 de husos horarios | 45 |
| Figura 22. Esfera terrestre 1. Coordenadas geográficas. | 45 |
| Figura 23. Esfera terrestre 2. Husos horarios..... | 46 |
| Figura 24. Objeto 8: maqueta 1 de movimientos de la Tierra (I)..... | 48 |
| Figura 25. Objeto 9: maqueta 2 de movimientos de la Tierra (II)..... | 48 |
| Figura 26. Objeto 10: constelaciones Braille. | 49 |
| Figura 27. Objeto 11: Láminas de aluminio y semicírculo de icopor. | 50 |
| Figura 28. Movimientos terrestres en Maqueta 1 | 51 |
| Figura 29. Estudiantes trabajan sobre la Maqueta 2 | 52 |
| Figura 30. Láminas de aluminio con un modelo de la esfera celeste..... | 52 |
| Figura 31. Objeto 12: Esfera 3 de coordenadas Horizontales. | 53 |
| Figura 32. Láminas de aluminio con el horizonte. | 55 |

| | |
|---|----|
| Figura 33. Esfera celeste para coordenadas horizontales | 55 |
| Figura 34. Estudiante presentando la prueba de salida | 56 |
| Figura 35. Comparación entre las valoraciones de cada eje temático para las pruebas de Entrada y Salida | 59 |
| Figura 36. Diagrama de Cajas y Bigotes para las pruebas de Entrada y Salida | 61 |
| Figura 37. Test de Likert de percepción del material multisensorial..... | 62 |
| Figura 38. Semana de Inclusión. Universo de Sentidos. Planetario de Bogotá. Noviembre 15 de 2017. | 69 |
| Figura 39. Publicidad en la página web del Planetario de Bogotá, en la que se muestra la programación de la exhibición del material..... | 69 |
| Figura 40. Esfera terrestre inclinada con meridianos y paralelos cada 45°. | 70 |
| Figura 41. Media esfera terrestre cortada por el plano de la eclíptica. En relieve están: el ecuador, el trópico de Cáncer, el círculo polar Ártico y el polo Norte. | 70 |
| Figura 42. Constelaciones de Escorpión y Virgo con sus nombres en Braille | 71 |

Lista de tablas

| | Pág. |
|---|-------------|
| Tabla 1. Sesiones de la Estrategia Didáctica | 37 |
| Tabla 2. Valoración de las pruebas de entrada y salida de cada estudiante por eje temático de la astronomía de posición | 57 |
| Tabla 3. Valoración media general de las pruebas de Entrada y Salida por eje temático | 59 |
| Tabla 4. Estadísticos descriptivos | 60 |
| Tabla 5. Comparativo de los valores promedio de las pruebas de Entrada y Salida de cada estudiante..... | 60 |
| Tabla 6. Análisis de datos para la construcción del diagrama de cajas y bigotes | 60 |

Introducción

De acuerdo con datos suministrados por el Ministerio de Salud (MINSALUD, 2017), la Organización Mundial de la Salud estima que el porcentaje de la población mundial que presenta algún tipo de discapacidad es el 15%, y en Colombia corresponde a un 6,3%, basado en el censo DANE realizado en el año 2005. Y, para atender las necesidades educativas de esta población en Colombia existe la Ley Estatutaria 1618 (Congreso de la Republica de Colombia, 2013), “por medio de la cual se establecen las disposiciones para garantizar el pleno ejercicio de los derechos de las personas con discapacidad” (p. 1) y, en el artículo 11 numeral 4, se exige al Ministerio de Educación Nacional definir la política y reglamentar el esquema de atención educativa para la población con necesidades educativas especiales en lo concerniente a la educación superior.

Por lo anterior, la Universidad Nacional de Colombia ha trazado en su horizonte institucional el acceso con equidad al sistema de educación superior y, que todo estudiante admitido en sus programas académicos de pregrado y posgrado sea instruido con la más alta calidad bajo los mismos criterios de equidad. Así mismo, que usará el conocimiento generado en todos sus frentes para procurar el bienestar, desarrollo y crecimiento económico y social, también enmarcado dentro de la, ya mencionada, equidad. (UNAL, 2017)

¿Por qué la astronomía? El conocimiento propio de la astronomía ha sido valorado por la manera tan atractiva en que puede ser presentado al público en general, y su capacidad para atraer la atención hacia la ciencia. Este potencial ha sido reconocido como un elemento importante para contribuir a la educación y la creación de un mundo mejor, por la Unión Astronómica Internacional (IAU).

Para Olga Hernández¹ (Chile, 2014) la astronomía permite que las aristas del conocimiento humano se toquen a través del estudio del universo. Los problemas ambientales y el cuidado de nuestro planeta pueden ser abordados desde el estudio del cosmos. Los aspectos relacionados con las competencias lingüísticas se pueden desarrollar con la lectura y escritura de cuentos de viajes interestelares, el hierro presente en nuestro cuerpo, que es proveniente de las estrellas abre la mente a una biología que nos conecta más con nuestro entorno. De modo que la astronomía no es un asunto de una disciplina, sino posee una gran capacidad de transversalidad.

En la Universidad Nacional se ejecutó en el segundo semestre de 2017, el proyecto de innovación pedagógica: *Sintiendo la Astronomía: Astronomía para la equidad y la inclusión de estudiantes con discapacidad visual*. Fue financiado por la Universidad Nacional y dirigido por la profesora Asociada al Departamento de Física, Yuly Edith Sánchez Mendoza (Sánchez M., 2017). Este proyecto tuvo como espacio de ejecución, el curso de contexto "Astronomía para todos – grupo 2", el cual fue dispuesto para estudiantes activos en condición de discapacidad visual para que pudieran alcanzar el objetivo de aprendizaje particular de la asignatura, el cual es que los estudiantes tengan una visión general de la astronomía y que cultiven el gusto por su estudio, a través de un desarrollo dinámico de los contenidos (p.2).

Ya ha habido trabajos previos que acercan la astronomía a la población invidente alrededor del mundo, y que sirven como base para el desarrollo de este proyecto. Entre otros, los trabajos realizados por la Dra. Wanda Díaz-Merced, PhD en astrofísica, quien perdió la visión progresivamente desde los 20 años, están orientados hacia los estudios e investigaciones en la "sonificación" de los datos astronómicos, haciendo uso de los tres atributos principales del sonido: tono, intensidad y timbre (González E., 2013). En Colombia, en el planetario de Medellín, el grupo de trabajo TF2 Andino y la Corporación Parque Explora, han desarrollado un material "Astronomía con los sentidos" dirigido a población vidente y con discapacidad visual, en el que se permite explorar algunas características de los cuerpos del sistema solar. (Ramírez G., 2017)

¹ Hernández, Olga. Creadora de la Olimpiada Nacional de Astronomía de Chile, la cual se ha celebrado desde 2009.

Considerando lo anterior nos preguntamos: *¿Cómo enseñar los conceptos básicos astronomía de posición a población con discapacidad visual, aplicadas al curso de contexto “Astronomía para todos”?*

Este Trabajo Final de Maestría buscó aportar en la selección y elaboración y/o adaptación del material necesario para la enseñanza de los conceptos básicos de Astronomía de Posición en el curso “Astronomía para todos”, el seguimiento a la aplicación de este material, y el impacto en el aprendizaje de los estudiantes con discapacidad visual, por medio de la aplicación de una estrategia didáctica específica para tal fin y población. La estructura del documento es el siguiente: En el capítulo 1 se describen los elementos teóricos y didácticos de la propuesta, además del proyecto “Sintiendo la Astronomía”. El capítulo 2 se refiere a la estrategia didáctica como fue desarrollada. En el capítulo 3 se hace el análisis cuantitativo y cualitativo de los resultados de la aplicación de la estrategia y, las conclusiones y recomendaciones se recogen en capítulo 4. Finalmente, en el capítulo 5 se referencian los productos del trabajo, tales como publicaciones y presentaciones en algunos eventos de carácter nacional e internacional.

1. Astronomía de Posición y su enseñanza

1.1 Astronomía de posición

Es la rama de la astronomía encargada de establecer y estudiar, a través de diferentes sistemas de coordenadas, la posición y el movimiento de los astros, y medir distancias en el universo.

1.1.1 Origen de la astronomía y la astrología

Desde la Grecia del siglo IV a.C. la naturaleza fue interpretada desde lo sensorial, privilegiando la visión. En la antigüedad, los astrónomos y filósofos se iniciaron con el estudio de los objetos celestes que podían contemplar a simple vista, tal como la luna, el sol, los planetas, las estrellas, cometas y estrellas fugaces. Las explicaciones y predicciones del movimiento de estos cuerpos, inicialmente, siguieron las líneas explicativas de corte supersticioso y religioso. Esta tendencia se comenzó a cultivar desde los caldeos el año 2500 a.C., cuando la astronomía y astrología eran parte del mismo asunto. Todavía, en tiempos relativamente recientes, algunos astrónomos reconocidos como Johannes Kepler en el siglo XVI, aún usaban la astrología para ganar el favor de los príncipes y reyes. (Portilla, 2012)

El momento coyuntural en la historia que impulsó la astronomía fue cuando Galileo apuntó su telescopio a los astros y revolucionó la cosmología renacentista, los ojos fueron la interfaz entre nuestro cerebro y el universo, que cada vez se expandía ante la mirada de hombres que sentarían los fundamentos de la física moderna.

En la actualidad, la astronomía y astrología se encuentran muy diferenciadas. La primera tiene como objeto de estudio el universo, el cual es abordado desde sus distintas y diversas ramas, las cuales dan respuesta a preguntas como: ¿cómo nacen las estrellas?, ¿qué edad tiene el universo?, ¿cuál es la química de los planetas?, ¿cuándo ocurrirá es siguiente eclipse solar?, entre otras. Los medios para abordar a estos cuestionamientos siguen la ruta de las matemáticas, física, química, geología, biología, computación, etc., y desarrollo instrumentos como los radiotelescopios, los cuales permiten recepcionar

longitudes de onda provenientes del espacio, para las que el ojo humano es completamente ciego.

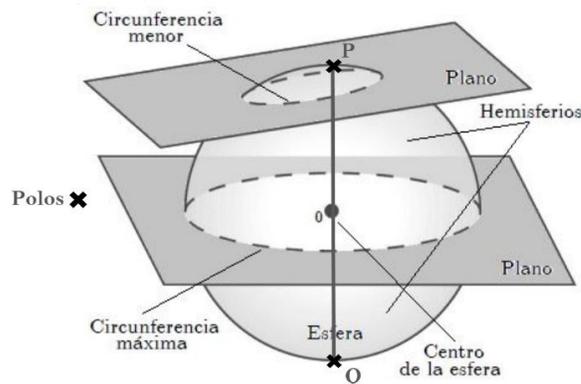
La segunda, no obedece a las leyes científicas para su desarrollo. Aunque en algún momento le interese la posición relativa de un astro en particular, el cual puede observar también un astrónomo, no lo hace para estudiar una magnitud física en particular, sólo le interesa armar suposiciones de cómo el estado actual del cielo afectará el futuro de cualquier incauto usuario que solicite sus servicios.

A pesar de parecer diametralmente opuestos, la astronomía y la astrología tienen algunos elementos en común. Tal es el caso de las constelaciones. Su conocimiento permitió a las antiguas culturas establecer la época del año en que era óptimo realizar las actividades agrícolas, considerando la posición relativa del sol, con respecto a las estrellas de fondo. El conocimiento de las constelaciones sigue vigente hoy en el saber de la astronomía.

1.1.2 Trigonometría Esférica

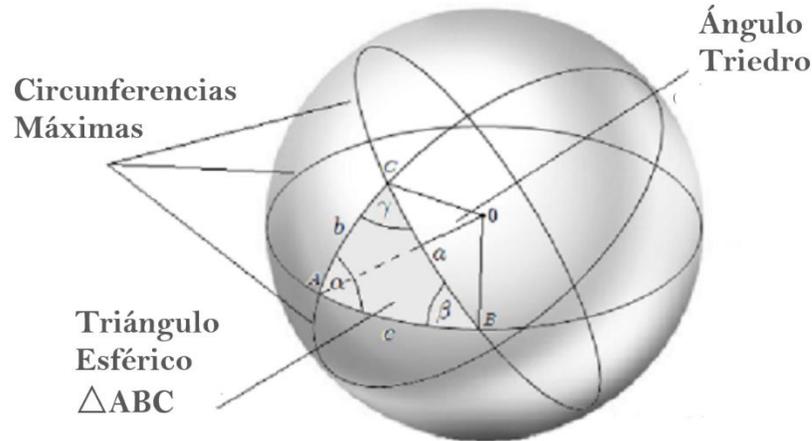
Se conoce como ***circunferencia máxima***, a la superficie que queda del corte del plano que divide la esfera en dos partes llamadas hemisferios (Figura 1). En cada hemisferio hay un ***polo***, el cual resulta de la intersección de la línea perpendicular PQ a la circunferencia máxima y que pasa por el centro. Si el plano corta la circunferencia sin pasar por el centro, se forma una superficie que se conoce como ***circunferencia menor***. (Karttunen, 1996)

Figura 1. Elementos de la esfera.



La superficie de la esfera limitada por los arcos de tres circunferencias máximas se conoce como **triángulo esférico** (Figura 2). Es importante notar que los lados a , b , c de dicho triángulo son las líneas más cortas entre los puntos A, B, C, que corresponden a los vértices. A este camino de menor longitud sobre la superficie, se conoce como **geodésica u ortodroma**.

Figura 2. Triángulo esférico



Fuente: https://www.researchgate.net/figure/Figura-118-a-Triangulo-esferico-b-Alturas-esfericas-h-a-h-b-y-h-c-de-un_fig7_304149470

Para cualquier triángulo esférico de lados a , b , c y ángulos α , β , γ , cuyas medidas son mayores que 0° y menores que 180° , se cumple que: (Portilla, 2012)

- Un tercer lado cualquiera es mayor que la suma de los otros dos.
- La suma de los tres lados es menor que 360°
- Si dos ángulos son iguales, sus lados opuesto también lo son, y viceversa.
- La suma de los tres ángulos es mayor que 180° y menor que 540°

Es posible calcular la superficie de un triángulo esférico (S) observando que, en la Figura 1-3, la suma de los triángulos ABC, BCA', ACB' y CA'B' corresponden a la mitad de la superficie de la esfera, de modo que,

$$S + S' + S'' + S''' = 2r^2\pi. \quad (1)$$

Al sumar $2S$ a cada lado de (1.1), queda que: (Berrero, 2008)

$$(S+S) + (S'+S) + (S''+S) + (S''' + S) = 2r^2\pi + 2S \quad (2)$$

Cada uno de los paréntesis corresponde a un huso esférico. Así que, las superficies de los husos

de los ángulos α , β , γ son respectivamente:

$$\frac{r^2\pi}{90^\circ}\alpha, \frac{r^2\pi}{90^\circ}\beta, \frac{r^2\pi}{90^\circ}\gamma. \quad (3)$$

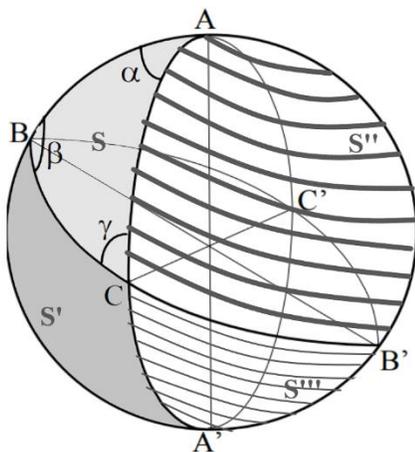
Por lo tanto,

$$\frac{r^2\pi}{90^\circ}\alpha + \frac{r^2\pi}{90^\circ}\beta + \frac{r^2\pi}{90^\circ}\gamma = 2r^2\pi + 2S \quad (4)$$

Despejando S en (4), queda que, la superficie del triángulo esférico es:

$$S = \frac{r^2\pi}{180^\circ}(\alpha + \beta + \gamma - 180^\circ) \quad (5)$$

Figura 3. Superficie del triángulo esférico



Fuente: <https://steemit.com/spanish/@tsoldovieri/el-angulo-solido-parte-4-conocimientos-basicos-continuacion>

1.1.3 La Tierra

La Tierra es el tercer planeta del sistema solar. Hasta ahora, se sabe que es el único habitable. Se encuentra a una distancia media al Sol, de 149,6 millones de km, en una órbita casi circular, cuya excentricidad es de $0,0167^2$, de modo que la distancia al Sol varía

² La excentricidad es un parámetro que determina el grado de desviación cónica con respecto a una circunferencia. La excentricidad de una elipse es cercana a uno. La de una circunferencia es de cero.

entre 147 y 152 millones de km, aproximadamente. De acuerdo con las medidas que han sido adoptadas por la Unión Astronómica Internacional desde 1979, la Tierra tiene un radio ecuatorial de 6 378,140 m y un radio polar de 6 356,755 m, y se ha aceptado un radio medio de 6 371 m. Su único satélite – la Luna – gira en una órbita aproximadamente elíptica con una excentricidad de 0,055, lo que hace que la distancia entre la Luna y el centro de la Tierra esté entre 356 400 km y 406 700 km. (Karttunen, 1996)

Sobre su propio eje, la Tierra realiza un giro que se conoce como **rotación**, cuya duración es de 24 horas si se tiene como referencia el sol (día solar) y de 23 horas, 56 minutos y 4,1 segundo, si se tienen como referencia las estrellas (día sidéreo). Además, el planeta hace un movimiento alrededor del Sol, llamado **traslación**, el cual determina el año. Hay 3 definiciones de año: 1) **año trópico**, el cual tiene un periodo de 365,2422 días y va del equinoccio de marzo al siguiente equinoccio de marzo, 2) **año sidéreo**, de 365,2564 días, está asociado a una revolución completa de Sol a lo largo de la eclíptica y, 3) **año anómalo**, que tiene una duración de 365,2596 y está medido entre dos pasos por el perihelio. La Tierra se encuentra inclinada $23^{\circ}26'$ respecto al **plano de la eclíptica**, el cual es definido como el plano medio de la órbita terrestre alrededor del Sol. A partir de este plano, se puede definir un **polo de la eclíptica (Pe)**, la cual puede ser cualquier recta normal al plano de la eclíptica. (Karttunen, 1996)

La inclinación terrestre es causada por las fuerzas gravitatorias del Sol y la Luna y, como consecuencia se producen las estaciones. Cuando la eclíptica se interseca con el plano del ecuador terrestre, se producen los **Equinoccios**. Esto significa que la duración del periodo de luz y oscuridad sobre toda la superficie terrestre es el mismo, lo cual ocurre el 21 de marzo (equinoccio de primavera) y el 23 de septiembre (equinoccio de otoño). Y, cuando la eclíptica se encuentre a mayor distancia del plano del ecuador, se dan los **solsticios**, los cuales indican que en los hemisferios la duración del día y la noche son máximos, dependiendo de la época: el 21 de diciembre es solsticio de invierno para el hemisferio norte, cuando la noche es la más larga del año y, el 21 de junio se da el solsticio de verano para este mismo hemisferio, cuando se da el día o periodo de sol más largo del año (Figura 4).

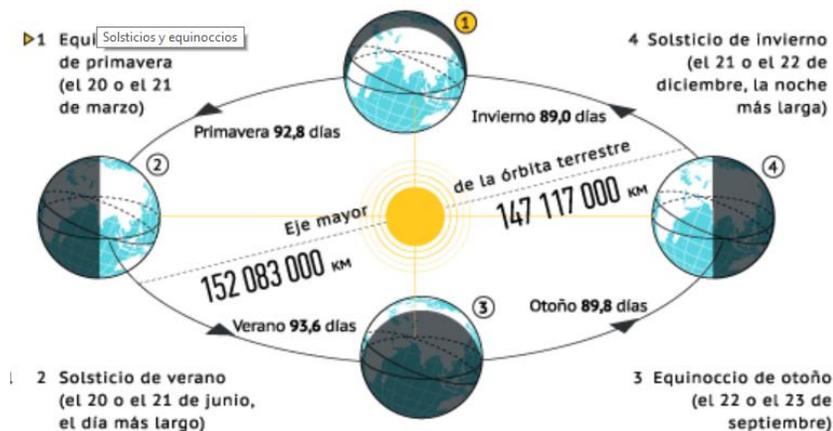
Además de los movimientos terrestre ya mencionados, existen otros conocidos como **precesión** y **nutación**. El primero, debido a la forma elipsoide del planeta Tierra y, bajo la influencia gravitatoria del Sol, la Luna y los demás planetas, se produce una lento, pero

constante balanceo del eje terrestre, el cual describe un cono de 47° de abertura en un periodo 25 772 años. (Berger, 1976)

Este movimiento tiene algunas consecuencias:

- La posición del polo celeste va cambiando.
- El punto Aries y las coordenadas de las estrellas va cambiando continuamente a través de los siglos. Esto quiere decir que los puntos equinocciales van cambiando año a año. En el año 0 el equinoccio de primavera ocurría cuando el sol estaba en la constelación de Aries, ahora en el año 2018, este se da cuando el sol está en la constelación de Piscis, tal como se muestra en la Figura 5.
- Las constelaciones zodiacales se van moviendo. En las noches en que se ven las constelaciones de Tauro y Géminis, y el Sol se encuentra en las constelaciones de Escorpión y Sagitario, dentro de 13 000 años, en las noches se verán las constelaciones de Escorpión y sagitario, y el Sol estará en las constelaciones de Tauro y Géminis.

Figura 4. Equinoccios y solsticios



Fuente: <https://mundo.sputniknews.com/infografia/20140320159583056/>

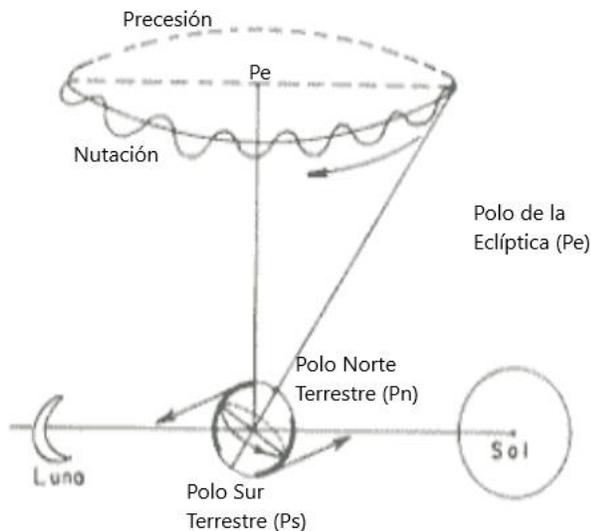
Figura 5. Sentido de la precesión del punto equinoccial



Fuente: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/65/Precesi%C3%B3n_punto_equinoccial_al_veral_constelaci%C3%B3n_Piscis.jpg

La **nutación** es un movimiento del eje terrestre que describe un bucle o elipse con un periodo de 18,6 años, mientras que ocurre la precesión. En la Figura 6 se muestra el movimiento de precesión junto con el de nutación.

Figura 6. Precesión y nutación terrestres



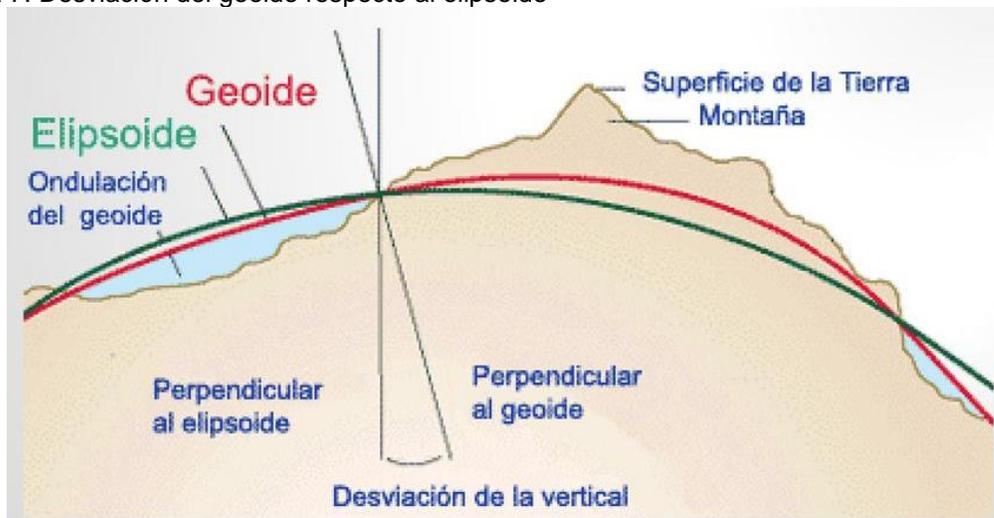
Fuente: <http://www.masmar.net/esl/Apuntes-N%C3%A1uticos/Astronom%C3%ADa-N%C3%A1utica/Idea-general-de-la-Precesi%C3%B3n-y-de-la-Nutaci%C3%B3n>.

Finalmente, el **movimiento polar**, el cual consiste en el movimiento oscilatorio del eje de la Tierra que hace que este se desplace hasta 8 m de su posición regular. Este movimiento tiene dos componentes: uno es el llamado componente de Chandler que tiene una duración de 14 meses y la otra es una oscilación libre que es el resultado de la forma compleja de la Tierra, la cual tiene una duración de 12 meses. Este movimiento presentó una pausa de 6 semanas durante el 2016. (Portilla, 2012)

1.1.4 Coordenadas de un observador sobre la superficie terrestre

Se sabe que, debido al movimiento de rotación, se ha producido una leve acumulación de masa en la zona ecuatorial, esto hace que la diferencia entre el radio ecuatorial y en los polos sea de aproximadamente 0,3%, o sea 21,3 km que debe ser considerado en la construcción de mapas, y otros cálculos astronómicos. Además, la forma de la superficie terrestre es bastante irregular ya que, aproximadamente, el 70% de esta es agua y en la parte continental hay un complejo relieve. Para esto se elabora una figura geométrica imaginaria que representa de la mejor forma posible la verdadera superficie del planeta, la cual es conocida como **geoide**, que es una superficie equipotencial dentro del campo gravitatorio terrestre y cualquier punto sobre ella es perpendicular a la dirección del vector de fuerza gravitatoria; sin embargo, esta figura sigue siendo bastante irregular y difícil de representar. Entonces, una válida aproximación a la forma de la superficie terrestre es el **elipsoide** de revolución, que resulta de una elipse que rota sobre el eje mayor. Como muestra la Figura 7, el geoide y el elipsoide diferencianse en promedio unos 100 metros, ya que el geoide puede estar por encima o por debajo del elipsoide. (Karttunen, 1996)

Figura 7. Desviación del geoide respecto al elipsoide



Fuente: https://docplayer.es/docs-images/42/16134385/images/page_10.jpg

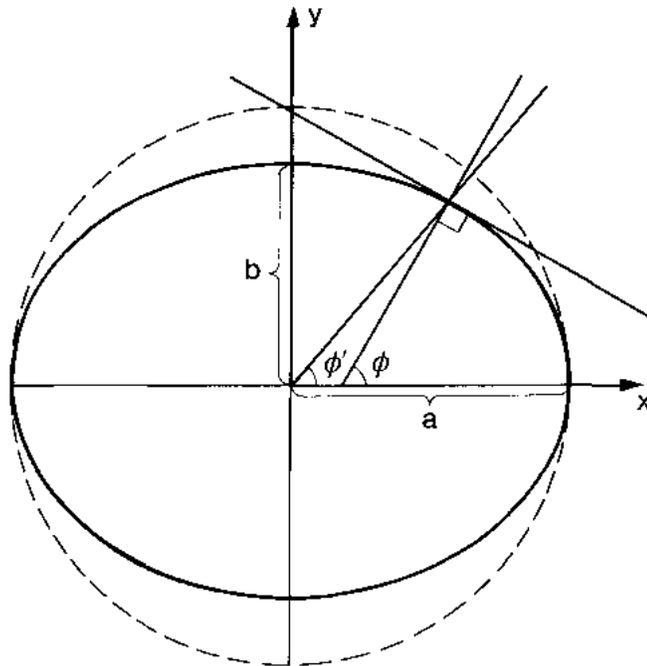
Para describir la posición de un lugar sobre la superficie de la Tierra se usan fundamentalmente dos coordenadas esféricas las cuales son: latitud y longitud, las cuales corresponden a cada uno de los tres sistemas de coordenadas que son: (Portilla, 2012)

- Coordenadas geocéntricas
- Coordenadas geodésicas
- Coordenadas geográficas

Para los tres sistemas, el plano de referencia es el **plano del ecuador**, el cual es perpendicular al **eje de rotación**. Los puntos en los que dicho eje se corta con la superficie terrestre se conocen como **polos**. Los círculos menores paralelos al plano del ecuador son los **paralelos de latitud**, y los círculos mayores que van de polo a polo son los **meridianos**.

Se muestra en la Figura 8, la **latitud geocéntrica** es el ángulo Φ' entre la línea que une el centro y un punto en la superficie, y el ecuador. Y, la **latitud geodésica**, es el ángulo Φ comprendido entre el ecuador y la normal del punto en el elipsoide. Como se puede ver, la latitud geocéntrica es menor que la latitud geodésica. La **latitud geográfica**, está definida por el ángulo entre la línea de la plomada y el plano del ecuador, y considera la forma de la Tierra como un esferoide achatado, por lo que la latitud geodésica y geográfica son prácticamente iguales. (Karttunen, 1996)

Figura 8. Diferencias entre la latitud geocéntrica Φ' y la latitud geodésica Φ



Fuente: Karttunen, H. P. (1996). *Fundamental Astronomy*. New York: Springer. P.14

Para los tres sistemas los valores en los que varía la latitud están comprendidos entre los 0° del plano del ecuador y -90° o 90° hacia el *Sur* y $+90^\circ$ o 90° en dirección *Norte*.

La **longitud**, es el ángulo entre el meridiano cero o de referencia, el cual se encuentra sobre el Observatorio Real de Greenwich, en Inglaterra, y el ángulo sobre el observador. Sus valores se encuentran entre los 0° y 180° hacia el Este y 180° hacia el Oeste.

Cuando se habla de latitud y longitud usualmente se hace referencia a la latitud y longitud geográficas.

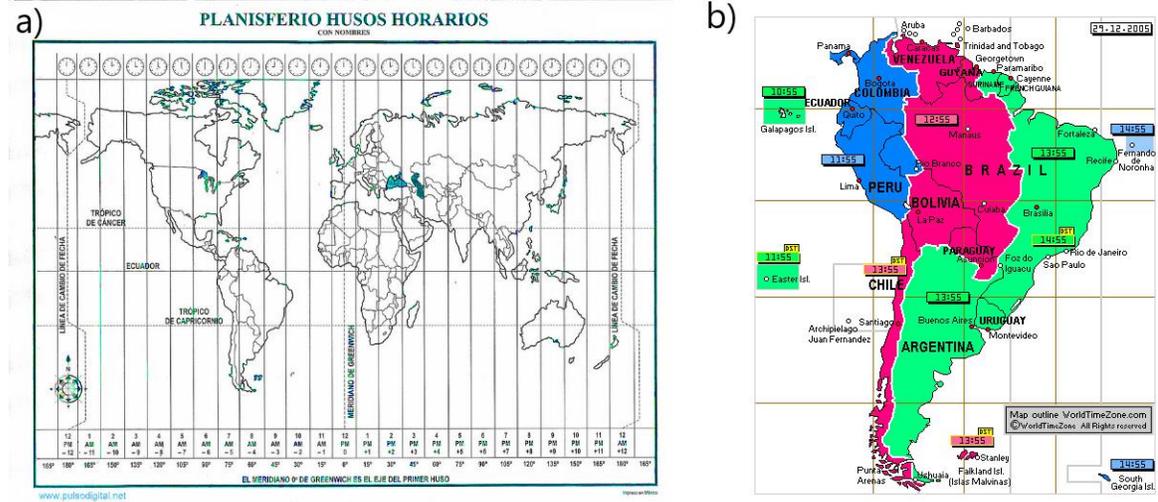
1.1.5 Tiempo terrestre

El día y la noche son efectos producidos por el movimiento rotacional de la Tierra. Este movimiento lo hace en sentido contrario a las manecillas del reloj, de manera que el Sol "sale" por el este (E), alcanza su máxima altura cuando pasa por el **meridiano del lugar**, y se "oculta" por el oeste (W). El meridiano del lugar es el círculo máximo que pasa por el cenit y llega perpendicularmente a los puntos cardinales norte y sur (Ver Figura 11a)

El medio día ocurre cuando el sol pasa por el meridiano del lugar, lo que implica que el medio día se va desplazando constantemente hacia el oeste u occidente. Para el territorio colombiano, el lugar que primero tiene el medio día es Isla San José, en Guainía y el último es cabo Manglares en el océano Pacífico, los cuales son los puntos continentales más oriental y occidental, respectivamente. Mientras en Isla San José, son las 12:00 m, en cabo Manglares el reloj está, aproximadamente, 75 minutos atrasado, debido a que, por cada kilómetro hacia el oeste, el tiempo sufre $3 \frac{1}{3}$ segundos de atraso (Flammarion, 2003). A este tiempo determinado estrictamente por la posición del sol u **hora solar**, sin embargo, implica dificultades para la población de un mismo país. Por ejemplo, si una transacción bancaria entre ciudades que se encuentran separadas, como el caso de Isla San José y cabo Magallanes, se hace en Isla San José – si hubiera un banco allí – a las 3 pm, el mismo evento estaría registrado a la 1:45 pm, lo cual generaría contradicciones al momento de una revisión por parte del usuario o de un ente de control. Para salvar esta y muchas otras dificultades, en la *International Meridian Conference* celebrada en octubre de 1884 en Washington, D.C, se aprobaron siete resoluciones que permitieron establecer un origen común para el tiempo y longitudes. Desde ese momento, el meridiano que pasa

por el centro del instrumento de tránsito en el observatorio de Greenwich se adoptó como el meridiano inicial para la longitud, así se dio el proceso de unificación **husos horarios y la línea de cambio de fecha**. Los husos horarios no siguen las líneas del meridiano, como se muestra en la figura 9 a, sino que estos son determinados a conveniencia por acuerdos nacionales e internacionales que responden necesidades políticas y económicas de cada país o región. (Ver Figura 9b) (Dolan, 2019)

Figura 9. a) Husos Horarios b) Particularidades de la hora de cada país de Sudamérica



Fuente: <https://es.slideshare.net/albertopalaciosjimenez/los-husos-horarios-y-el-establecimiento-de-la-hora-mundial>

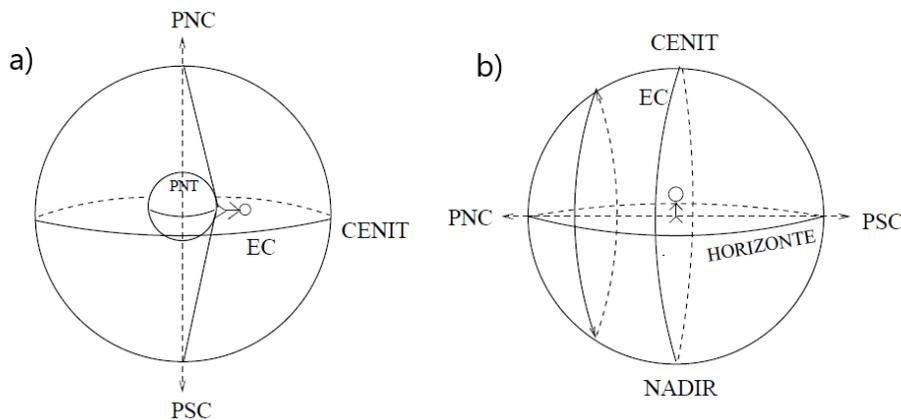
1.1.6 La esfera celeste

Cuando se observa el cielo, la apariencia es de una esfera alrededor sobre la cual se ubican todos los cuerpos celestes observables, y debido a que no podemos a simple vista reconocer las distancias por las enormes distancias entre los cuerpos celestes. La esfera celeste es el lugar donde se desarrolla distintas formas de describir la posición de un cuerpo sobre esta. A este conjunto de sistemas se les conoce como coordenadas celestes, las cuales son:

- Coordenadas horizontales
- Coordenadas ecuatoriales horarias
- Coordenadas absolutas
- Coordenadas eclípticas
- Coordenadas galácticas

A demás de esto, los elementos de las coordenadas geográficas (polos, meridianos, paralelos, ecuador terrestre, etc.) son desplazados a la esfera celeste, tal como se muestra en la Figura 10 a). El polo norte terrestre (PNT) se extiende y forma el polo norte celeste (PNC). Sobre el observador está el cenit. En este caso, este está sobre el ecuador terrestre.

Figura 10. a) Observador en el ecuador terrestre b) Elementos básicos de las coordenadas horizontales



Fuente: Portilla, J. (2012). *Elementos de Astronomía de Posición*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. P. 54.

Las **coordenadas horizontales**, las cuales fueron objeto de enseñanza en esta estrategia, tienen como plano de referencia el horizonte del lugar, y el observador como su origen. Siendo esto así, los polos celestes (PNC y PSC) estarán justo sobre el horizonte, cuando el individuo está en una latitud 0° , es decir, sobre el ecuador terrestre (Figura 10 b). Se definen otros puntos en la esfera celeste: al punto que se eleva sobre el observador en la bóveda celeste se le conoce como **cenit**, y a su punto diametralmente opuesto, como **nadir**. Por estos dos puntos pasan círculos máximos conocidos como verticales, los cuales son perpendiculares al horizonte

Las coordenadas horizontales son:

A: azimut

a: altura

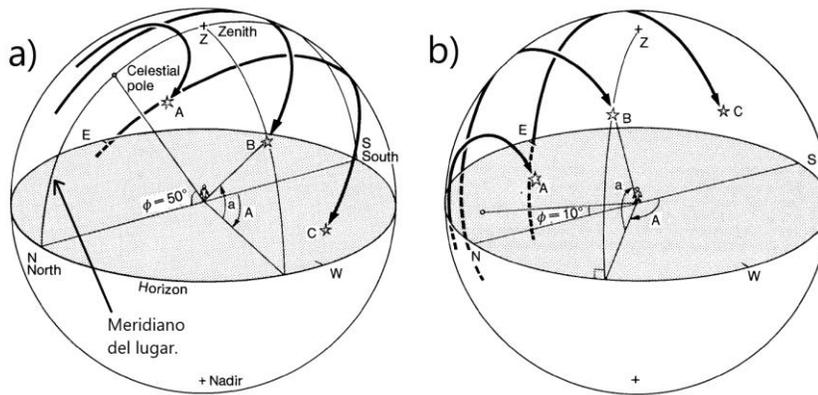
El **azimut (A)** es el ángulo medido sobre el horizonte, desde el punto cardinal sur (S) hasta la vertical que pasa por el zenit y el cuerpo celeste, en dirección al punto cardinal norte (N), en sentido horario. Este ángulo puede medirse entre 0° a 360° . Aunque en algunas ocasiones el azimut es medido en sentido horario partiendo del norte. La **altura o elevación (a)**, es el ángulo medido partiendo desde el horizonte a lo largo de la vertical hasta llegar al objeto. La altura va desde -90° hasta 90° . Si el ángulo es positivo, quiere decir que el objeto está sobre el horizonte y, si es negativo, el objeto está bajo el horizonte y no puede ser visto.

En la Figura 11a, se observan las coordenadas horizontales para un individuo que se encuentre en una latitud $\phi=50^\circ$. Los objetos observables en el cielo son las estrellas A, B y C, las cuales se mueven del Este (E) al Oeste (W) sobre la bóveda celeste. Para B, el azimut (A) es aproximadamente de 100° y la altura (a) de al menos 40° . En 11b, nuevamente las estrellas A, B y C desde una latitud de $\phi=10^\circ$. B tiene un azimut (A) y una altura o elevación (a) diferentes de la situación anterior. Como se puede ver, las coordenadas horizontales sólo son útiles para describir la posición de una estrella en un momento y espacio determinado, lo cual genera una limitante, debido a que todos los cuerpos celestes se mueven constantemente en la bóveda celeste.

El Sol hace casi el mismo recorrido sobre la esfera celeste que las demás estrellas, y cuando éste atraviesa por el **meridiano del lugar**, que ya fue descrito en la sección anterior, es el medio día de ese lugar.

Para los requerimientos de la propuesta didáctica de este trabajo de grado y las del proyecto en el cual está enmarcado, se abordarán sólo las coordenadas horizontales.

Figura 11. Estrellas A, B y C en coordenadas Horizontales, vistas en el mismo instante en latitudes de a) 50° y b) 10° .



Fuente: Karttuneng, H. P. (1996). Fundamental Astronomy. New York: Springer. P.16

1.2 Didáctica multisensorial de las ciencias

Como ya se ha mencionado, la astronomía ha gozado popularmente de una tradición que privilegia a la vista. Sin embargo, en ramas como la radioastronomía, los ojos son insuficientes, ya que las longitudes de onda recepcionadas del espacio no se puede ver a través de los órganos visuales. En este sentido todos los seres humanos somos completamente ciegos. Los instrumentos construidos por el hombre permiten recibir, por ejemplo, ondas de radio, rayos X etc., interpretar dicha radiación y convertirla en un formato perceptible para el hombre. La astronomía de posición puede desarrollarse en ausencia de instrumentos tan complejos como un radiotelescopio, de manera que, en un aula tradicional, la vista es el canal de información primordial.

Teniendo en cuenta lo anterior, y que la población en la que es aplicada la propuesta, en su gran mayoría tiene discapacidad visual, se hace necesaria una estrategia que haga una adaptación curricular suficiente para cubrir las necesidades especiales de aprendizaje. En este sentido se encuentra el **Enfoque Didáctico Multisensorial**, del cual Soler³ (1999) afirma que:

³ Miquel-Albert Soler, es doctor en Ciencias de la Educación de la Universidad de Barcelona y profesor diplomado en Ciencias. En su calidad de invidente, ha realizado investigaciones pedagógicas en el Centro de Recursos Educativos de la Organización Nacional de Ciegos Españoles (ONCE).

Es un método pedagógico de interés general para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias experimentales y de la naturaleza, que utiliza todos los sentidos humanos posibles para captar información del medio que nos rodea e interrelaciona estos datos a fin de formar conocimientos multisensoriales completos y significativos. (p. 45)

Según Soler (p. 30) por tener un aula con estudiantes con discapacidad visual solos o con otros alumnos con visión normal, el tipo de adaptación curricular concreta es la que corresponde a los ajustes que sólo afectan al tipo de actividades, las estrategias metodológicas o didácticas y los criterios de evaluación, por lo tanto, los niños o jóvenes ciegos, deficientes visuales y videntes que cursan el mismo nivel escolar siguen el mismo currículo, lo cual significa que los contenidos conceptuales no cambian.

Las adaptaciones curriculares consideran los siguientes elementos:

- La observación que es enriquecida cuando el mayor número posible de sentidos son usados para tal actividad.
- El razonamiento lógico multisensorial, que consiste en asociar y comparar la información percibida.
- La experimentación necesaria para complementar la información teórica.
- El proceso de análisis y síntesis dependiente de los sentidos empleados. El sentido analítico por excelencia es el tacto, ya que percibe un fenómeno mediante la suma de percepciones concretas.
- Curiosidad y descubrimiento necesarios para la actividad científica.
- La imaginación, creatividad e invención.
- La descripción verbal detallada de lo que se muestra: un dibujo, material tridimensional, un evento, etc. Cuando el profesor dice: “hay dos líneas paralelas”, en la mente del estudiante hay muchas posibilidades, de manera que es importante ser cada vez más específico en la descripción del material visual.
- El aprendizaje significativo, el cual considera que las dificultades psicológicas del aprendizaje de las personas con discapacidad visual son tan válidas como las que presenta la población vidente.
- La evaluación. Necesaria para poder expresar cuantitativa y cualitativamente la evolución o estancamiento de los estudiantes durante el proceso de aprendizaje.

Considerando los elementos anteriores, Soler (p. 215) indica que, para la Didáctica Multisensorial de las Ciencias, el procedimiento de investigación escogido es el de Investigación-Acción, esto lo expresa él mismo considerando las propias experiencias pedagógicas que ha tenido y que, por esta ruta, han permitido comprobar los efectos del aprendizaje. El procedimiento lo desarrolla en cuatro etapas:

- Planificación.
- Acción.
- Observación.
- Reflexión.

En lo que corresponde al material multisensorial que pueda ser diseñado y construido para la enseñanza de la ciencia, se debe tener en cuenta que estos deben obedecer a algunos criterios que corresponden a la educación propia del tacto:

- La discriminación de texturas.
- La distinción de formas y tamaños.
- La estética táctil.

Las recomendaciones anteriormente descritas fueron la base para el diseño y construcción del material usado en las sesiones de astronomía de posición, para el curso de Astronomía para Todos.

1.3 Proyecto “Sintiendo la Astronomía”

El trabajo de grado desarrollado en este documento se encuentra enmarcado en el proyecto de innovación académica “*Sintiendo la astronomía*”, *astronomía para la equidad y la inclusión de estudiantes con discapacidad visual*, el cual participó y fue aprobado en la Convocatoria Investigación sobre Innovación Pedagógica, ofrecida por la sede Bogotá de una Universidad Nacional de Colombia en el año 2016.

Proyecto fue presentado por la Profesora Yuly Edith Sánchez Mendoza, asociada al departamento de Física de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia, y registrado con el código HERMES 36630.

Las preguntas que orientaron el proyecto fueron planteadas para poder conocer de qué manera la astronomía podía ser enseñada a estudiantes con discapacidad visual y qué materiales serían necesarios para ellos pudieran acceder con éxito al conocimiento de esta disciplina.

Como resultado del proyecto:

- Se desarrollaron herramientas de aprendizaje autónomo que fueron accesibles a los estudiantes con discapacidad visual, que les permitió a estos hacer parte del proceso de enseñanza de las temáticas dispuestas para el curso “Astronomía para todos”.
- Se produjo material didáctico multisensorial y en formato Braille, con el que los estudiantes con discapacidad visual pudieron acceder a conceptos básicos de astronomía a partir de la exploración de otros sentidos distintos a la vista.
- Se elaboraron estrategias alternativas de la enseñanza de la astronomía para la equidad y la inclusión, que permitieron un aprendizaje de un modelo centrado en el estudiante.

Para la planeación del proyecto y su ejecución se tuvo un plazo de 10 meses, y se contó con el apoyo por profesor Santiago Vargas Domínguez, profesor asociado de la Universidad Nacional de Colombia, quien se encuentra trabajando en el Observatorio Astronómico de la Universidad Nacional.

El proyecto permitió la apertura de un curso en contexto “Astronomía para Todos – Grupo 2” al que fueron convocados los estudiantes con discapacidad visual que en el momento se encontraban activos. La inscripción fue hecha por 7 estudiantes, de los cuales 3 eran invidentes, 2 con baja visión y 2 con visión normal. Durante las clases, a los estudiantes con baja visión y visión normal les fueron tapados los ojos con unas gafas hechas manualmente con fomi y bandas elásticas para que el material fuera usado a plenitud por todos. El curso fue abierto para el segundo semestre de 2017, con una intensidad horaria semanal de 4 horas, dispuestas en dos sesiones de clase presencial los lunes y miércoles. (Ver Anexo A. Programa del curso “Astronomía para todos” Grupo-2)

2. Descripción de la estrategia didáctica

La estrategia didáctica buscó dar respuesta al ¿cómo enseñar los conceptos básicos astronomía de posición a población con discapacidad visual, aplicadas al curso de contexto "Astronomía para todos"? Para esto, fue pertinente hacer uso de una metodológica cualitativa, ya que esta intenta hacer una aproximación global de las situaciones en el aula para explorarlas, descubrirlas y comprenderlas de manera inductiva (Bonilla C., 1997).

Enmarcado en lo cualitativo, la Investigación – Acción Participativa (IAP) permitió una secuencia de desarrollo de actividades, orientadas por las cuatro etapas principales de método, las cuales son: 1) el desarrollo de un plan de acción para mejorar lo observado ,2) las acciones para ejecutar el plan, 3) observación de los efectos de la ejecución del plan y 4) la reflexión en torno a estos efectos, que serán el insumo para futuras planeaciones y acciones. (Cárdenas, 2006)

La planificación comenzó con la revisión bibliográfica, en la que se buscaron referentes de trabajos en la enseñanza de la Astronomía de Posición para población con discapacidad visual en las temáticas planteadas, los cuales no fueron hallados, en Colombia y fuera del país. El proceso continuó con la asesoría del profesor José Gregorio Portilla, director del Observatorio Astronómico Nacional de Colombia, quien dio orientaciones del hilo temático que era conveniente que siguiera el módulo, y se concretó con el diseño del material multisensorial, las sesiones y la evaluación. En segundo lugar, en la acción se elaboró el material multisensorial y se concretó la estructura de las sesiones. Para la observación de los efectos del plan, se hizo registro en video de las sesiones y actividades prácticas al final de cada una, que permitieron ver la manera en que material multisensorial construido fue un facilitador en el aprendizaje de los conceptos propuestos, también se aplicó la prueba escrita de entrada y salida, además de una entrevista de percepción a los estudiantes. Finalmente, para la reflexión, se elaboraron las conclusiones y recomendaciones, las cuales son pertinentes para el perfeccionamiento de la práctica.

La secuencia didáctica fue diseñada para abordar los conceptos básicos de la Astronomía de Posición en cinco sesiones organizadas de la siguiente manera:

Tabla 1. Sesiones de la Estrategia Didáctica

| Sesión | Nombre y contenidos | Fecha |
|---------------|--|-----------------------|
| 1 | Recordando la geometría - Prueba de entrada - Introducción a la geometría esférica | 02 de octubre de 2017 |
| 2 | ¿Cómo me oriento en la Tierra? - Coordenadas Geográficas - Los husos horarios | 04 de octubre de 2017 |
| 3 | La Tierra se Mueve - Movimientos de la Tierra - Las estaciones y constelaciones del zodiaco | 09 de octubre de 2017 |
| 4 | Estrellita, ¿dónde estás? - Coordenadas Horizontales | 11 de octubre de 2017 |
| 5 | Cierre y evaluación - Prueba de salida - Entrevistas de percepción | 18 de octubre de 2017 |

2.1 Sesiones de clase

Cada sesión estuvo dirigida por el docente y contó con el apoyo del respectivo material multisensorial. Este material consiste en 12 objetos que, a excepción del objeto 2, es producción original para la estrategia. Para la aplicación de la estrategia los estudiantes tuvieron cubiertos los ojos con unas gafas hechas con fomi y elástico, excepto aquellos que son invidentes, de manera que se garantice un uso adecuado del material en igualdad de condiciones.

A los estudiantes se les aplicó una prueba escrita, al inicio y al final de las sesiones como instrumento para evaluar el aprendizaje. Esta consistió en 11 preguntas abiertas, las cuales se valoraron cuantitativa y cualitativamente, teniendo en cuenta indicadores de aprendizaje, los cuales tienen correspondencia con los objetivos de las sesiones. Además,

una entrevista de percepción de la estrategia y un test tipo Likert para valorar el material multisensorial usado.⁴

2.1.1 Sesión 1: Recordando la geometría

Tiempo: 120 min

Objetivos:

- Identificar los conocimientos que tienen los estudiantes acerca de los aspectos básicos de la Astronomía de Posición
- Abordar algunos aspectos necesarios de la geometría esférica para las temáticas de la Astronomía de Posición

Conceptos importantes: segmentos de recta, ángulo, arco, círculo máximo, círculo menor.

Ayudas didácticas: Fotocopias, octavos de cartón paja con rectas (objeto1), transportador braille (objeto 2), ángulos en balsa (objeto 3), circunferencia de icopor seccionada en sectores circulares (objeto 4), esfera de icopor segmentada (objeto 5), gafas para tapar la visión hechas en fomi y elástico.

Objeto 1. Rectas paralelas, perpendiculares y oblicuas.

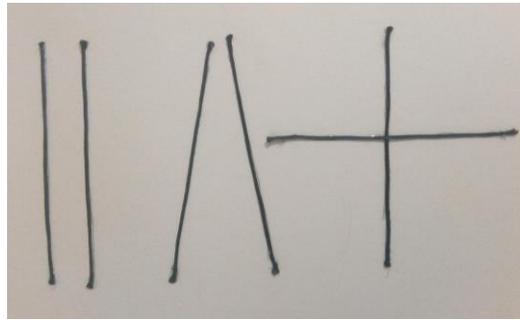
Objetivo de aprendizaje: Reconocer las características que tienen las rectas paralelas, perpendiculares y oblicuas

Descripción: Sobre 1/8 de cartón paja se pegaron cuerdas gruesas en las que se representaban las rectas paralelas, perpendiculares y oblicuas. (Ver Figura 12)

Modo de uso: se da el material a los estudiantes para que inicialmente lo exploren y mencionen lo que pueden identificar. Posteriormente, con el aporte dado, se hace la identificación de los tipos de rectas.

Figura 12. Objeto 1: rectas paralelas, oblicuas y perpendiculares

⁴ Todas las fotografías que se presentan a continuación fueron autorizadas a través del formato de uso de imágenes.



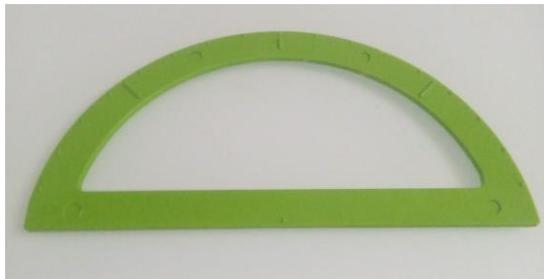
Objeto 2. Transportador Braille (Comprado en el INCI)

Objetivo de aprendizaje: Medir distintos tipos de ángulos.

Descripción: Tal como se muestra en la imagen el transportador braille tiene una estructura igual a la de un transportador común, sólo que en vez de números aparecen puntos en alto relieve en divisiones de cada 10° . (Ver Figura 13)

Modo de uso: El vértice del ángulo se coloca en el centro del transportador y uno de los segmentos de recta del ángulo alineado con el 0° . Luego se identifica al valor en grados al que apunta el otro segmento.

Figura 13. Objeto2: Transportador Braille.



Objeto 3. Ángulos de balsa

Objetivo de aprendizaje: Construcción de ángulos de hasta 180°

Descripción: El objeto consiste en dos palos de balsa de 15 cm unidos por un pedazo de cartulina, lo cual permite construir ángulos de 0° a 180° . (Ver Figura 14)

Modo de uso: Se usa junto con el transportador Braille para construir y medir ángulos.

Figura 14. Objeto3: ángulos de balsa



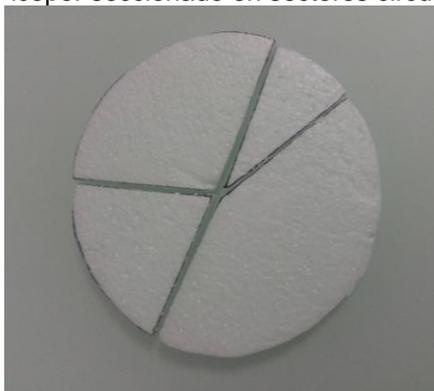
Objeto 4. Círculo de icopor seccionado en sectores circulares.

Objetivo de aprendizaje: Medir y clasificar los ángulos de diferentes sectores circulares.

Descripción: Consiste en un círculo de icopor de 10 cm de radio y 1 cm de grosor, seccionado en varios sectores circulares de diferente ángulo. (Ver Figura 15)

Modo de uso: Se usa junto con el transportador Braille para su medición.

Figura 15. Objeto 4: Círculo de icopor seccionado en sectores circulares



Objeto 5. Esfera seccionada

Objetivo de aprendizaje: Identificar los círculos menores y máximos en una esfera.

Descripción: Es una esfera de icopor seccionada en diferentes cortes, en los que se reconocen un círculo máximo y varios círculos menores. (Ver Figura 16)

Modo de uso: Se muestra la esfera para ser separada en sus partes. Se guía a los estudiantes a que reconozcan lo que es un círculo máximo y un círculo menor, los cuales se diferencian básicamente en el área de su superficie. Además, se guía a los estudiantes a que consideren que pueden la esfera ser dividida en infinitos círculos máximos.

Figura 16. Objeto 5: esfera seccionada.



Descripción de las actividades:

1. Se inicia con la aplicación de la prueba de entrada, la cual consiste en 11 preguntas abiertas las cuales intentan abordar los aspectos básicos de la astronomía de posición tales como:
 - Coordenadas geográficas
 - Husos horarios
 - Movimientos de la Tierra: rotación, traslación, precesión y nutación
 - Las estaciones
 - Coordenadas horizontales

La prueba fue hecha impresa en español. Para los dos estudiantes con visión normal la impresión se hizo en fuente Arial 12, y para los dos estudiantes con baja visión en Arial 48. Para los 3 estudiantes invidentes, la prueba se aplicó con lectura del documento y el lector escribía la respuesta que expresaba el estudiante (Ver Figura 17). La prueba puede ser revisada en los anexos.

Figura 17. Una de las estudiantes aplicando la prueba de entrada con ayuda de un lector.



2. Se hace una revisión de los conceptos fundamentales de la geometría esférica, iniciando con el reconocimiento de los segmentos de recta paralelos, perpendiculares y oblicuos, además, el uso del transportador braille para medir ángulos hechos con palos de balsa y circunferencias de icopor seccionadas en sectores circulares (Ver figura 18).

Figura 18. Estudiantes haciendo la medición de ángulos.



3. Finalmente, se tomaron esferas de icopor seccionadas en partes, en los que se distinguen los círculos máximos y menores (Ver Figura 19). Con este material se buscó que los estudiantes reconocieran estas partes en la esfera.

Figura 19. Uso de la esfera seccionada.



4. Se realizó un ejercicio práctico en el que los estudiantes debían medir y clasificar ángulos, además de identificar los elementos geométricos en la esfera. Se realizaron los siguientes ejercicios:
 - a. Describa ¿qué son rectas paralelas, perpendiculares y oblicuas?
 - b. Construya con el uso del transportador y los dos palos de balsa, un ángulo de 10° , 25° , 45° , 60° , 90° , 110° , 145° , 160° y 180° .
 - c. Describa las características de un círculo mayor y un círculo menor.

2.1.2 Sesión 2: ¿Cómo me oriento en la Tierra?

Tiempo: 120 min

Objetivos:

- Poder describir la posición de un observador sobre la “esfera” terrestre haciendo uso de las coordenadas geográficas.
- Comprender los husos horarios en la determinación de la hora en un lugar específico de la Tierra.

Conceptos importantes: Coordenadas geográficas, husos horarios

Ayudas didácticas: Esfera terrestre 1 con meridianos y paralelos (objeto 6), esfera terrestre 2 con los husos horarios (objeto 7), chinchas.

Objeto 6. Esfera Terrestre 1. Coordenadas Geográficas

Objetivo de aprendizaje: Aprender a describir la ubicación un punto sobre la esfera a partir de las coordenadas geográficas.

Descripción: Es una esfera de icopor de 10 cm de radio, sobre la que se están colocados dos alfileres, uno opuesto al otro, representando los polos. Se han colocado cuerdas de hilo que van de polo a polo, para representar los meridianos en secciones de cada 20°. Una de las cuerdas es más gruesa para representar el meridiano 0° (Greenwich). Se colocaron hilos perpendiculares a los meridianos, para representar los paralelos. Se representaron los meridianos 22.5°, 45° y 67.5° de latitud norte y sur. El paralelo del Ecuador con mayor grosor. (Ver Figura 20)

Modo de uso: Se inicia con la exploración del objeto por parte de los estudiantes, para que identifiquen y nombren las partes. Teniendo en cuenta las ideas previas de los estudiantes, se abordan las coordenadas Geográficas.

Se trabajan ejercicios aplicativos que consisten en colocar un chinche en cualquier lugar de la esfera, y que el estudiante dé la Latitud y Longitud de ese punto o, que dada la coordenada geocéntrica el estudiante coloque el chinche.

Figura 20. Objeto 6: Esfera terrestre 1 de coordenadas geográficas.



Objeto 7. Esfera Terrestre 2. Husos Horarios

Objetivo de aprendizaje: Conocer la manera en que el tiempo terrestre ha sido designado de manera convencional.

Descripción: Una esfera de icopor de 10 cm de radio a la que se le ha colocado dos alfileres puestos a manera de polos norte y sur. Se colocaron hilos de polo a polo, en total 24, para representar todos los husos horarios. Entre una sección cualquiera hay un cordón un poco

más grueso, representando el meridiano de Greenwich, lo cual correspondería al huso horario 0. Para el paralelo del ecuador se colocó sólo un delgado camino de silicona, aprovechando el relieve que tiene la esfera de icopor cuando fue fabricada. Además de esto se colocaron los paralelos que delimitan los trópicos y los círculos polares. (Ver Figura 21)

Modo de uso: La esfera cuenta con los elementos necesarios para conceptualizar adecuadamente los husos horarios. La esfera no permite el manejo de las particularidades de los husos horarios de los países.

Figura 21. Objeto 7: esfera terrestre 2 de husos horarios



Descripción de las actividades:

1. Exploración de los elementos de la esfera terrestre 1 diseñada para este propósito (ver figura 22). Se guio a los estudiantes a que sintieran las divisiones hechas en relieve sobre la esfera para identificar el Ecuador terrestre, los trópicos, los círculos polares, el meridiano de Greenwich y los demás meridianos separados entre sí cada 20° . Con esto se llegó a que se pudiera determinar la posición aproximada de diferentes lugares con el uso de las coordenadas geográficas, por ejemplo, la ubicación de Bogotá (4° Latitud Norte, 74° longitud Oeste), Santiago de Chile (33° Latitud Sur, 71° longitud Oeste), París (49° Latitud Norte, 2° Longitud Oeste), Sídney (34° Latitud Sur, 151° Longitud Este). Los valores dados son enteros, debido a que por el tamaño de la esfera de icopor (Esfera terrestre 1), los valores decimales de Latitud y Longitud pueden ser despreciados.

Figura 22. Esfera terrestre 1. Coordenadas geográficas.



2. Ya determinada la manera en que puede ser descrita la posición de un lugar sobre la esfera terrestre, se procedió a mostrar la Esfera terrestre 2, la cual está dividida cada 15° de longitud. Con este material se mostró la forma en que se determina la hora de un lugar. Cada franja de la esfera corresponde a un huso horario, el cual establece una misma hora sin importar la latitud. Se hizo aclaración de las situaciones de cambio de hora por el verano e invierno para los países fuera de la zona intertropical. Además, de aquellos lugares en los que el huso horario tiene alteraciones de tipo político y económico por la extensión del país. Se realizaron ejercicios como, si estoy en Bogotá, Colombia, el domingo a las 6 pm y realizo una llamada a Sídney, Australia, ¿a qué hora se recibe esa llamada? (Ver figura 23)

Figura 23. Esfera terrestre 2. Husos horarios



3. Al final de la sesión, a manera de práctica evaluativa, se solicitó a los estudiantes que ubicaran 2 ciudades en la Esfera terrestre 1, a partir de las coordenadas

geográficas y que, colocando al azar 2 chinchas sobre la esfera, indicaran las coordenadas geográficas respectivas.

En la Esfera terrestre 2, se realizó un ejercicio parecido al numeral 2 de esta sesión, en el que se ubicaran dos ciudades distintas en distintos husos horarios a partir de sus coordenadas geográficas y establecieran la hora en un lugar, conociendo la hora del otro punto.

2.1.3 Sesión 3: La Tierra se Mueve

Tiempo: 120 min

Objetivos:

- Reconocer los movimientos terrestres, rotación, translación y precesión.
- Identificar algunos efectos de los movimientos terrestres en la Tierra y en la observación del cielo.
- Comprender la Tierra como el centro de la observación de la bóveda celeste.

Conceptos importantes: Rotación, translación, precesión, equinoccio, solsticio, eclíptica,

Ayudas didácticas: Maqueta 1 (objeto 8), maqueta 2 (objeto 9), constelaciones en braille (objeto 10), láminas de aluminio de la esfera celeste (objeto 11).

Objeto 8. Maqueta 1. Movimientos de la Tierra I

Objetivo de aprendizaje: Conocer los movimientos rotación, translación y precesión de la Tierra y sus efectos sobre el planeta y la observación del cielo.

Descripción: La maqueta fue hecha con una base cuadrada de trípex de 1 m de lado y 0,4 cm de grosor. Se colocaron 12 bases cuadradas de MDF al repartidas equidistantemente sobre una circunferencia de 40 cm de radio, dibujada sobre el trípex. Las bases cuadradas fueron taladradas con un orificio de 3 mm de diámetro a 23° de inclinación respecto a la horizontal. La circunferencia fue demarcada con silicona, al igual que los radios que parten desde las bases.

En el orificio taladrado en cada base fue colocado un palo de pincho que atraviesa una esfera de icopor de 5 cm de radio. Sobre la esfera icopor fueron demarcadas con silicona: el ecuador terrestre, los trópicos y los círculos polares. (Ver Figura 24)

Modo de uso: Inicialmente se usa la esfera atravesada para que los estudiantes den sus ideas sobre los movimientos de rotación, translación y precesión. Luego se contrasta estas ideas con la explicación del profesor.

Se colocan los 12 modelos de la esfera terrestre dentro de las bases cuadradas, con el objeto de representar la posición de la Tierra en cada uno de los meses del año. Es importante hacer referencia a la posición de las esferas en considerado la manera en que cada hemisferio hacia el Sol, para hablar de los solsticios y los equinoccios.

Figura 24. Objeto 8: maqueta 1 de movimientos de la Tierra (I).



Objeto 9. Maqueta 2. Movimientos de la Tierra II

Objetivo de aprendizaje: Enfatizar en la eclíptica como un elemento importante en la descripción del movimiento terrestre.

Descripción: es una tabla cuadrada de triplex de 1m de lado y 0.4 cm de grosor, con 12 medias esferas de 10 cm de radio, colocadas equidistantes una de la otra, sobre una circunferencia dibujada, de 35 cm de radio. La circunferencia fue demarcada con silicona, además de los 12 radios, uno de cada esfera. En cada esfera fue delineada con silicona, el paralelo Ecuador, el trópico y el círculo polar ártico. Cada una de las marcas se encuentra hecha formando un ángulo de aproximadamente 23° con la tabla, la cual representa el plano de la eclíptica. (Ver Figura 25)

Modo de uso: se debe mostrar, principalmente, la manera en que cada mes va cambiando la distancia entre el plano de la eclíptica y los meridianos, de esta manera se pueden reconocer los momentos importantes en la translación terrestre como lo son: los equinoccios y solsticios y su relación con las estaciones.

Esta maqueta de usa junto con las constelaciones, las cuales se colocan frente a cada semiesfera, por fuera de la circunferencia de la tabla, esto para indicar la posición relativa del Sol en el cielo, respecto a las estrellas.

Figura 25. Objeto 9: maqueta 2 de movimientos de la Tierra (II).



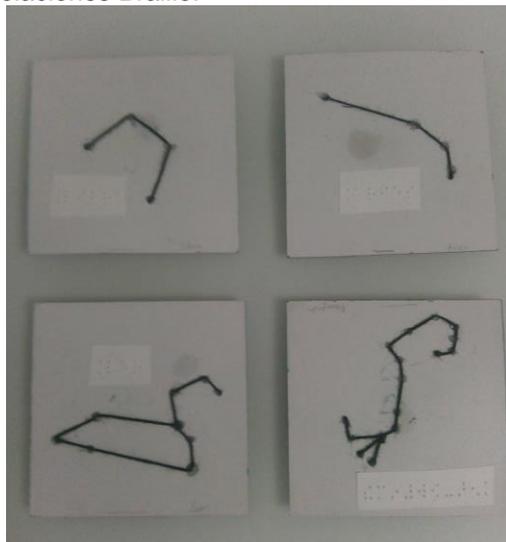
Objeto 10. Constelaciones en Braille

Objetivo de aprendizaje: Mostrar las 12 constelaciones zodiacales y su observación en los diferentes momentos del año.

Descripción: Son 12 rectángulos de cartón cartulina de 7 cm x 5 cm. Cada una con una constelación del zodiaco. Las estrellas son puntos de silicona y los caminos que las unen están hechos con hilo. Cada constelación tiene un rótulo con su respectivo nombre en braille. (Ver Figura 26)

Modo de uso: se muestran a los estudiantes cada una de las constelaciones para que hagan el reconocimiento de los relieves y nombres. Las constelaciones se colocan una con cada una de las esferas que representan a cada mes de la maqueta 2. Se debe hacer la aclaración de la manera en que el movimiento de precesión de la Tierra afecta, en el tiempo, la observación de las estrellas.

Figura 26. Objeto 10: constelaciones Braille.



Objeto 11. Láminas de aluminio.

Objetivo de aprendizaje: Mostrar el modelo de observación celeste en el que la Tierra es el centro.

Descripción: es una lámina de aluminio de 3 por cm x 50 cm, en la que ha sido repujada una circunferencia de 10 cm de radio, que representa la esfera celeste; en esta, también se hizo el alto relieve de los elementos de las coordenadas Geográficas desplazadas a la esfera celeste.

También se elaboró medio círculo hecho con cartón paja, el cual representó el horizonte. (Ver Figura 27)

Modo de uso: en la circunferencia están representados los polos celestes, que corresponden a puntos en el cielo. Se coloca el medio círculo de cartón paja - horizonte - dentro de la circunferencia y alineado con el Ecuador celeste, para mostrar que esa sería la observación del cielo para una persona que se encuentra de pie sobre uno de los polos. Justo sobre la cabeza del observador estaría el cenit. El mismo ejercicio se hace para diferentes posiciones del horizonte, preguntando desde que latitud terrestre se está haciendo la observación.

Figura 27. Objeto 11: Láminas de aluminio y semicírculo de icopor.



Descripción de las actividades:

1. Con la maqueta 1 se hizo una exploración de los elementos sensoriales que estuvieron en los objetos anteriores y que están presentes en esta ocasión, tales como los polos y el ecuador terrestre, entre otros. Inicialmente se mostraron los movimientos traslación, rotación y precesión de la Tierra haciendo uso de los modelos pequeños de la Tierra, tal como se muestra en la Figura 28.

Después de esto, se mostró que la posición de cada de las doce Tierras, correspondían al primer día de cada mes, con su respectiva inclinación relativa al Sol. En esta maqueta se hizo énfasis en los movimientos terrestres de rotación y translación.

Figura 28. Movimientos terrestres en Maqueta 1



2. En la maqueta 2, se continúan con elementos de la maqueta 1, pero destacando el plano de la eclíptica. Con esto se pueden reconocer con mayor facilidad los equinoccios y solsticios, además de los momentos en el año en que se dan las estaciones.

En la Figura 29 se muestra que los estudiantes hicieron uso de la maqueta 2, la cual se giró en repetidas ocasiones para que ellos pudieran contrastar la variación de los elementos en las distintas medias esferas. También se hizo uso de las constelaciones en Braille para aprender la posición aparente del Sol respecto a las constelaciones del zodiaco.

3. La tercera actividad se apoyó en las láminas de aluminio que mostraban a la Tierra como centro de la observación de esfera celeste. Los elementos como los paralelos y los polos se desplazaron a esa esfera, junto con la eclíptica. Los estudiantes fueron guiados a identificar los conceptos de equinoccio y solsticio en este modelo. (ver Figura 30)

4. Como actividad práctica se les indicó a los estudiantes a que:
 - a) Mostraran los 3 movimientos terrestres vistos en la sesión
 - b) Explicar los equinoccios, solsticios y las estaciones
 - c) Describir lo que significa que el sol esté en una determinada constelación.
 - d) Explicar qué es la esfera celeste y cuáles son sus elementos.

Figura 29. Estudiantes trabajan sobre la Maqueta 2



Figura 30. Láminas de aluminio con un modelo de la esfera celeste



2.1.4 Sesión 4: Estrellita, ¿dónde estás?

Tiempo: 120 min

Objetivos:

- Determinar la posición de una estrella en la esfera celeste con el uso de las Coordenadas Horizontales

Conceptos importantes: Cenit, horizonte, altura y azimut.

Ayudas didácticas: Láminas de aluminio con la esfera celeste (objeto 11) y esfera celeste para coordenadas horizontales (objeto 12).

Objeto 12. Esfera Celeste. Coordenadas Horizontales

Objetivo de aprendizaje: Describir la posición de un objeto celeste a través de las coordenadas horizontales.

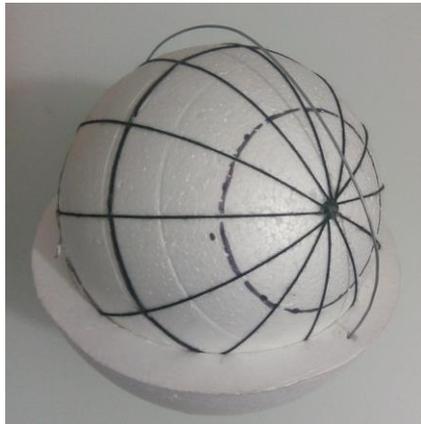
Descripción: Es una semiesfera hueca de icopor, con una esfera sólida del mismo material dentro de ella, la cual se mueve cerca, pero libremente dentro de la semiesfera. La semiesfera representa el horizonte y la esfera, la bóveda celeste. En la semiesfera se encuentra sujeto un alambre de acero, el cual representa el meridiano del observador. Los extremos del dicho alambre representan los puntos cardinales Norte y Sur en el horizonte.

En la esfera sólida están indicados con relieve, los polos Norte y Sur celeste, el Ecuador celeste, meridianos con una separación de 45° y las imágenes de los trópicos y los círculos polares. (Ver Figura 31)

Modo de uso: Se inicia con las indicaciones del lugar en el que el observador se encuentra observando el cielo, esto hace que la esfera celeste se mueva dentro de la semiesfera hueca. En el movimiento de la esfera celeste, se debe tener en cuenta, que su movimiento siempre debe ser alineando los polos con el meridiano del observador.

Finalmente, se les da a los estudiantes un chinche, para que, con unas coordenadas Horizontales cualesquiera (Azimut y altura), coloquen el chinche.

Figura 31. Objeto 12: Esfera 3 de coordenadas Horizontales.



Descripción de las actividades:

1. Se retomaron los conceptos aprendidos en la última parte de la sesión anterior con las láminas de aluminio. Con este objeto, en esta ocasión se hace énfasis en el horizonte y el cenit, los cuales son conceptos importantes en el manejo de las Coordenadas Horizontales. Tal como se muestra en la Figura 32, los estudiantes manipulan el material para reconocer la manera en que el horizonte es importante en la observación de la esfera celeste.

La actividad avanzó en colocar el horizonte, representado por medio círculo en cartón paja, el cual era colocado teniendo en cuenta la latitud en que se encontraba el observador. Además, se preguntaba por los elementos de la esfera celeste que podían ser vistos y cuales eran ocultados por el horizonte.

2. Luego de reconocer el horizonte y el cenit se procedió a explorar la esfera celeste diseñada para ser una herramienta de aprendizaje de las coordenadas Horizontales, tal como se muestra en la Figura 33.

Como ejercicio práctico, se orientó a los estudiantes a realizar ejercicios como: *Un observador que vive a los 60° de latitud Sur, en la época de navidad observa una estrella que se encuentra a 90° de azimut y 50° de altura. Ubique dicha estrella.*

Figura 32. Láminas de aluminio con el horizonte.



Figura 33. Esfera celeste para coordenadas horizontales



2.1.5 Sesión 5: Cierre y Evaluación

Tiempo: 120 min

Objetivos:

- Evaluar el aprendizaje de los estudiantes
- Identificar la percepción de los estudiantes frente a la estrategia.

- Valorar por parte de los estudiantes el material multisensorial presentado en las sesiones.

Ayudas didácticas: Fotocopias y grabadora

Descripción de la actividad:

1. Se aplicó la prueba de salida a los estudiantes en la que se preguntaron por los aspectos más importantes del módulo de Astronomía de Posición. Los estudiantes invidentes contaron con lector y aquellos con visión baja usaron sus dispositivos móviles como apoyo. (Ver Figura 34)

Figura 34. Estudiante presentando la prueba de salida



2. Se realizó la entrevista grupal con el propósito de registrar la percepción que los estudiantes tuvieron del curso en lo referente a los materiales usados y cómo estos fueron útiles y pertinentes en el aprendizaje de los conceptos de la Astronomía de Posición.
3. Finalmente, se entregó a cada estudiante un test Likert para que valoraran el material multisensorial.

3. Resultados

Para conocer el impacto que tuvo la estrategia en el aprendizaje de los estudiantes, se realizaron algunas pruebas de tipo cuantitativo y cualitativo.

3.1 Instrumentos de recolección de datos

En la primera y última sesión de clase se realizó una prueba que consistió en 11 preguntas abiertas. Estas fueron agrupadas en 5 ejes temáticos: Coordenadas Geográficas, husos horarios, movimientos terrestres, las estaciones y coordenadas horizontales. Para la valoración de cada concepto se elaboró una rúbrica de evaluación, que permite asignar una calificación de 0 a 5. Tanto la prueba como la rúbrica se encuentran en los anexos.

Además, se hizo un Test de Likert y una breve entrevista de percepción. Con estos instrumentos se indagó a los estudiantes sobre su opinión del material usado para las sesiones y la implementación de la estrategia.

3.2 Análisis cuantitativo.

Con base en las pruebas de entrada y de salida, las cuales fueron contrastadas, se obtuvieron los resultados que se describen en la tabla. Cada concepto fue valorado con una puntuación entre 0 y 5, se calculó la media aritmética (\bar{x}) para la prueba de cada estudiante y, finalmente, se realizó un diagrama de cajas y bigotes para las pruebas de entrada y salida. Y, los resultados del test de Likert se representaron en un diagrama de barras.

La Tabla 2 muestra las valoraciones de cada uno de los estudiantes en cada eje temático para cada una de las pruebas. Además, los valores promedio general de sus respectivas pruebas.

Tabla 2. Valoración de las pruebas de entrada y salida de cada estudiante por eje temático de la astronomía de posición

58 Estrategia didáctica para la enseñanza de la Astronomía de Posición, dentro del marco del proyecto "Sintiendo la Astronomía", para estudiantes con discapacidad visual en el curso de astronomía.

| Estudiante | Concepto de Astronomía de Posición | Prueba de Entrada | | Prueba de salida | |
|------------|------------------------------------|-------------------|-------------|------------------|-------------|
| | | Valoración | Media Arit. | Valoración | Media Arit. |
| 1 | Coord. Geocéntricas | 1 | 0,6 | 5 | 4,2 |
| | Husos Horarios | 0 | | 5 | |
| | Movimientos Terrestres | 2 | | 4 | |
| | Estaciones | 0 | | 4 | |
| | Coord. Horizontales | 0 | | 3 | |
| 2 | Coord. Geocéntricas | 2 | 1,6 | 5 | 4 |
| | Husos Horarios | 1 | | 4 | |
| | Movimientos Terrestres | 3 | | 5 | |
| | Estaciones | 2 | | 4 | |
| | Coord. Horizontales | 0 | | 2 | |
| 3 | Coord. Geocéntricas | 5 | 2,6 | 5 | 4 |
| | Husos Horarios | 2 | | 4 | |
| | Movimientos Terrestres | 3 | | 5 | |
| | Estaciones | 2 | | 4 | |
| | Coord. Horizontales | 1 | | 2 | |
| 4 | Coord. Geocéntricas | 4 | 1,8 | 5 | 3,4 |
| | Husos Horarios | 2 | | 3 | |
| | Movimientos Terrestres | 2 | | 4 | |
| | Estaciones | 1 | | 3 | |
| | Coord. Horizontales | 0 | | 2 | |
| 5 | Coord. Geocéntricas | 1 | 0,6 | 5 | 4,4 |
| | Husos Horarios | 0 | | 5 | |
| | Movimientos Terrestres | 1 | | 5 | |
| | Estaciones | 1 | | 4 | |
| | Coord. Horizontales | 0 | | 3 | |
| 6 | Coord. Geocéntricas | 1 | 0,6 | 4 | 4 |
| | Husos Horarios | 0 | | 3 | |
| | Movimientos Terrestres | 1 | | 4 | |
| | Estaciones | 1 | | 5 | |
| | Coord. Horizontales | 0 | | 4 | |
| 7 | Coord. Geocéntricas | 3 | 1,6 | 5 | 4,6 |
| | Husos Horarios | 0 | | 5 | |
| | Movimientos Terrestres | 3 | | 5 | |
| | Estaciones | 2 | | 4 | |
| | Coord. Horizontales | 0 | | 4 | |

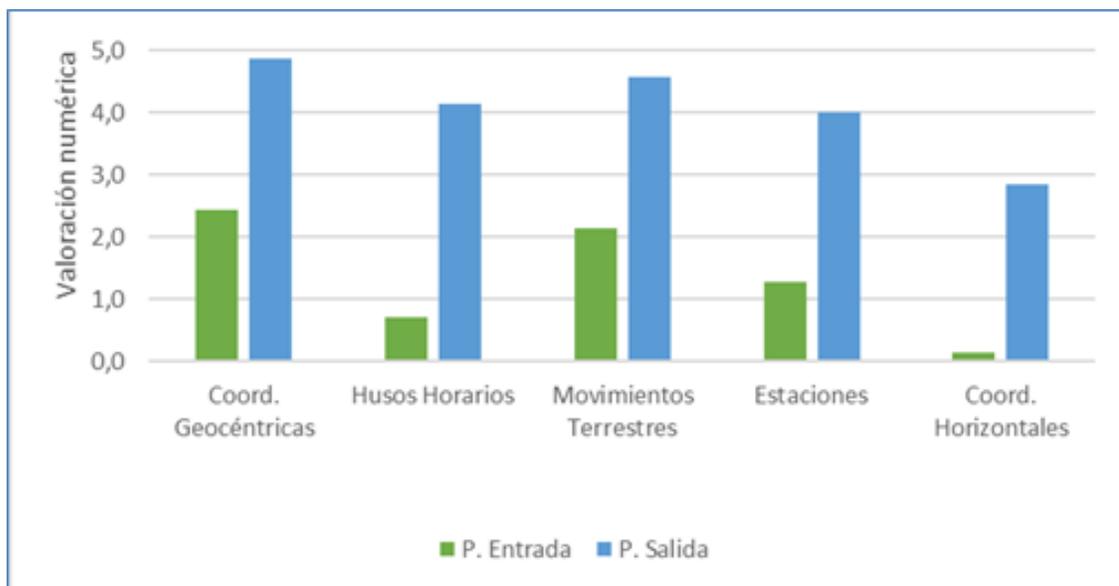
En la Tabla 3 se muestran los valores promedio generales de las pruebas de Entrada y Salida por cada uno de los ejes temáticos, en los que se evidencia un mejoramiento significativo (entre 2,4 y 2,7 puntos) en el desempeño de los estudiantes. Estos resultados se observan mejor en el diagrama de barras de la figura 35, en el que todos los resultados

generales de cada estudiante en la prueba de entrada son superados por sus propios resultados en la prueba de salida.

Tabla 3. Valoración media general de las pruebas de Entrada y Salida por eje temático

| | MEDIA | |
|------------------------|------------|-----------|
| | P. Entrada | P. Salida |
| Coord. Geocéntricas | 2,4 | 4,9 |
| Husos Horarios | 0,7 | 4,1 |
| Movimientos Terrestres | 2,1 | 4,6 |
| Estaciones | 1,3 | 4,0 |
| Coord. Horizontales | 0,1 | 2,9 |

Figura 35. Comparación entre las valoraciones de cada eje temático para las pruebas de Entrada y Salida



Para comparar los resultados generales obtenidos en los en las pruebas de entrada y salida se hace el cálculo de los estadísticos descriptivos como máximos, mínimos, media y desviación típica que se muestra en la Tabla 4. Los números muestran un aumento en el desempeño (entre 2 y 2,8 puntos) en los tres valores iniciales. La valoración mínima aumenta de 0,6 a 3,4 y la máxima de 2,6 a 4,6. Hay una reducción a poco menos de la mitad de la desviación típica, lo cual significa que los resultados de los estudiantes fueron menos dispersos.

Tabla 4. Estadísticos descriptivos

| | N | Máximo | Mínimo | Media | Desv. Típica |
|------------------------|---|--------|--------|-------|--------------|
| Total P. Entrada | 7 | 2,6 | 0,6 | 1,3 | 0,715 |
| Total P. Salida | 7 | 4,6 | 3,4 | 4,1 | 0,352 |
| N Válido (según lista) | 7 | | | | |

En la Tabla 5 se hace un comparativo por estudiante de las valoraciones generales obtenidas en las pruebas de Entrada y Salida, en la cual se puede ver que el desempeño mejoró entre 1,4 y 3,8 puntos.

Tabla 5. Comparativo de los valores promedio de las pruebas de Entrada y Salida de cada estudiante

| Estudiante | Prueba de Entrada | Prueba de Salida |
|------------|-------------------|------------------|
| 1 | 0,6 | 4,2 |
| 2 | 1,6 | 4 |
| 3 | 2,6 | 4 |
| 4 | 1,8 | 3,4 |
| 5 | 0,6 | 4,4 |
| 6 | 0,6 | 4 |
| 7 | 1,6 | 4,6 |

Con los datos de la tabla 5 se elaboró la tabla 6, en la que se puede observar, nuevamente, que el valor mínimo de la prueba de salida supera en 0,8 al valor máximo de la prueba de entrada. También, que ninguna valoración obtenida se considera atípica.

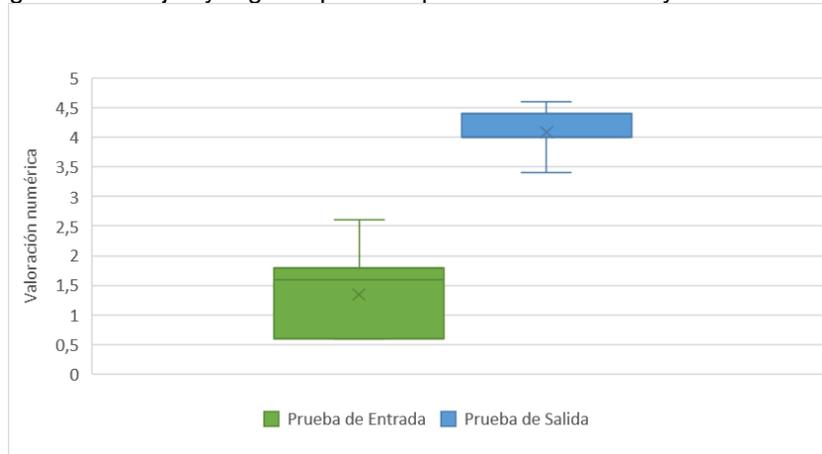
Tabla 6. Análisis de datos para la construcción del diagrama de cajas y bigotes

| Prueba de entrada | | Prueba de salida | |
|--------------------|---------|--------------------|---------|
| | Valores | | Valores |
| Valor mínimo | 0,6 | Valor mínimo | 3,4 |
| Valor máximo | 2,6 | Valor máximo | 4,6 |
| Q1 | 0,6 | Q1 | 4 |
| Q2= mediana | 1,6 | Q2= mediana | 4 |
| Q3 | 1,7 | Q3 | 4,6 |
| Rango intercuartil | 1,1 | Rango intercuartil | 0,6 |
| Valor Atípicos L1 | -1,05 | Valor Atípicos L1 | 3,1 |
| Valor Atípicos L3 | 3,35 | Valor Atípicos L3 | 5,5 |

La tabla 6 fue el insumo para realizar el diagrama de Cajas y Bigotes de la figura 37. En esta se muestra menor dispersión en los valores de la prueba de salida que en los de la prueba de entrada. Además, en la prueba de entrada el valor medio de los resultados

está por debajo de la mediana, mientras que, en la prueba de salida, la media supera a la mediana.

Figura 36. Diagrama de Cajas y Bigotes para las pruebas de Entrada y Salida



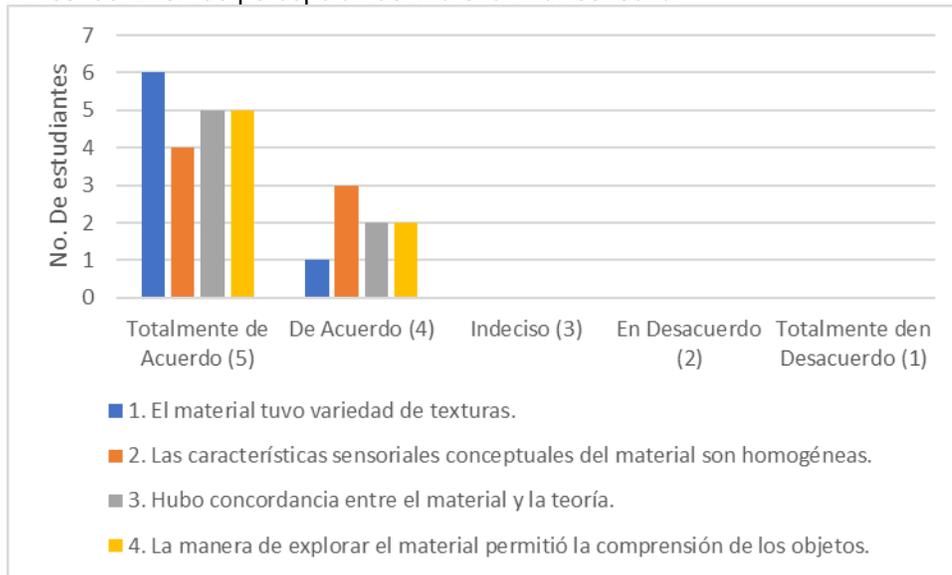
3.3 Análisis cualitativo

En la figura 37 están los resultados de test de Likert que se aplicó a los estudiantes en la última sesión de clase, el cual tuvo como objetivo registrar la percepción de los estudiantes con respecto al material multisensorial elaborado para las sesiones. Las primeras dos afirmaciones (1 y 2) estuvieron enfocadas a las características físicas del material y, las últimas dos (3 y 4) apuntaron coherencia teórica y didáctica. Los resultados fueron los siguientes:

- En la afirmación 1, los estudiantes estuvieron 6 “Totalmente de Acuerdo” y 1 “De Acuerdo”.
- En la afirmación 2, 4 estudiantes estuvieron “Totalmente de Acuerdo” y 2 “De Acuerdo”
- Y, en las afirmaciones 3 y 4, estuvieron “Totalmente de Acuerdo” 5 estudiantes y los demás “De Acuerdo”.

Esto muestra que el diseño y elaboración de los objetos fue acertado y pertinente para los objetivos de aprendizaje para los cuales fueron hechos.

Figura 37. Test de Likert de percepción del material multisensorial



Basado en la entrevista grupal hecha en la última sesión, la cual se encuentra registrada en los anexos, se realizó el siguiente análisis.

La secuencia didáctica mostró tener efectos muy positivos en la disposición de los estudiantes para el aprendizaje y en la comprensión de los conceptos que se enseñaron. Los estudiantes manifestaron que el material fue muy bien elaborado y adecuado para las necesidades multisensoriales del aprendizaje. Además, expresaron haber adquirido conceptos que, durante muchos años desde la primaria o secundaria, les habían sido incomprensibles, debido a que en ese entonces la forma en que la Astronomía les fue mostrada se basó en metodologías tradicionales que no consideraron sus estilos y necesidades de aprendizaje.

Los estudiantes con visión normal, que tuvieron a seguir la secuencia y explorar el material con los ojos tapados, expresaron que el material ayudó a acercarlos al conocimiento de una manera poco usual e interesante y que les permitió fortalecer sus conocimientos en Astronomía de Posición.

Todos los estudiantes mostraron en los resultados obtenidos en la prueba de salida, un incremento en el desempeño para cada uno de los ejes temáticos. El hecho de que la dispersión se haya reducido a un poco más de la mitad, en comparación con la prueba de entrada, significa que aumentó la homogeneidad en el nivel de comprensión, además de que no se presentó ningún resultado atípico. Finalmente, en el diagrama de cajas y bigotes,

para la prueba de entrada, la mayor parte de la caja está por debajo del cuartil dos (Q2), que es el 50% de los datos, mientras que en la prueba de salida la caja está por encima de este, lo cual significa que se refuerza la idea de que la comprensión de los estudiantes, respecto a las temáticas presentadas, aumentó más homogéneamente hacia resultados más destacadas.

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

En enseñanza de la astronomía de posición dirigida a estudiantes con discapacidad visual o baja visión, el material disponible en el comercio es insuficiente, de modo que fue necesario el diseño y elaboración de material original que apoyara las necesidades particulares de la estrategia didáctica. El material aportó significativamente en la comprensión de los conceptos tratados, tal como se puede verificar en los mejores resultados obtenidos por los estudiantes en la prueba de salida en comparación con los resultados de la prueba de salida.

La didáctica multisensorial de las ciencias fue un soporte importante en la enseñanza de los conceptos visto. Sus orientaciones dirigidas a considerar el seguimiento, observación y continua evaluación del trabajo en el aula, la correcta selección y elaboración del material multisensorial y el diálogo continuo con el aprendiz, hicieron que la estrategia didáctica alcanzara los objetivos propuestos y se abriera una posibilidad de seguir explorando en la enseñanza de la astronomía en general.

El hilo temático que se desarrolló en la estrategia didáctica apoyada en material multisensorial mostró ser útil y eficaz en el aprendizaje de la astronomía de posición a los estudiantes con algún tipo de discapacidad visual. Esto, porque cada concepto visto aportó, y fue requisito indispensable para el concepto que sería abordado más adelante.

Desde el repaso introductorio a la geometría esférica que se hizo en la primera sesión, hasta alcanzar la meta trazada, la cual era que los estudiantes usaran un sistema de coordenada para describir la posición de un cuerpo celeste en el cielo, en la última sesión, hubo coherencia entre los objetivos de los objetos elaborados y el propósito de cada sesión. Esto se logró, primero, porque el material se elaboró teniendo en consideración los criterios sugeridos por la didáctica multisensorial de las ciencias y segundo, porque se tuvo atento cuidado a que cada objeto representara el concepto del cual era apoyo.

El test de Likert de percepción que los estudiantes tuvieron hacia el material multisensorial, mostró que este fue acertado para la apropiación de los conceptos de Astronomía de

posición, ya que cumplió con los criterios de discriminación de texturas, la distinción de formas y tamaños, y la estética táctil, que corresponden a la educación propia del tacto, favoreciendo el propósito específico con que cada objeto fue diseñado y construido.

De acuerdo con la entrevista oral de percepción de los estudiantes, material multisensorial diseñado para la enseñanza de la Astronomía de Posición les permitió acercarse a conceptos que hasta el momento les habían sido incomprensibles o confusos. Además, la misma temática generó, por si sola, un interés general, que llevó a los estudiantes a motivarse por conocer temas científicos que son ajenos a su formación académica.

4.2 Recomendaciones

El curso de Astronomía para Todos – Grupo 2, se inició en la primera semana de agosto, y la estrategia didáctica comenzó a aplicarse en la primera semana del mes de octubre, lo cual permitió un reconocimiento de las dificultades conceptuales que los estudiantes tenían para introducirse apropiadamente a la Astronomía de Posición. Por tal razón, las nociones básicas de geometría debieron ser abordadas. Es importante que estos aspectos se tengan presentes en el diseño de una estrategia didáctica. Los requisitos conceptuales mínimos deben ya tenerlos los estudiantes, y si no es así, deben ser abordados al inicio de las sesiones. Estos pasos iniciales sólo pueden ser posibles con una adecuada planificación, la cual hace parte de la Didáctica Multisensorial de las Ciencias.

El material multisensorial diseñado como apoyo en el aprendizaje de la astronomía, debe ser coherente con la secuencia diseñada, debe tener los elementos táctiles claros, necesarios y suficientes para que acompañen el recorrido conceptual en el que se llevar a los estudiantes.

El lenguaje Braille es una herramienta útil para que la población invidente tenga acceso a la información, indiferentemente del área de conocimiento. No todos los individuos de esta población dominan este tipo de lenguaje, de modo que los texto densos o extensos pueden ser presentados a través de software que realice la lectura del documento. Aunque, si se insiste en presentar información en Braille, esta debe cumplir con los parámetros necesarios para que el estudiante no tenga ningún problema con lectura en este formato.

Las personas con baja visión superan la dificultad de la lectura en Braille, aumentando el tamaño y el contraste de la letra.

5.Productos

Como productos de la aplicación de la estrategia didáctica en la Astronomía de Posición, la cual se desarrolló en el marco del proyecto “Sintiendo la Astronomía” en el curso Astronomía para Todos, se hicieron algunas presentaciones internas y externas a la Universidad Nacional, en las que se mostraron los resultados alcanzados con el aprendizaje de los estudiantes. Estos fueron:

- Publicación N° 573 de la Agencia de Noticias UN, el 5 de octubre de 2017, titulada: Astronomía para personas invidentes en las aulas de la U.N. (http://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/astronomia-para-personas-invidentes-desde-las-aulas-de-la-un.html?fbclid=IwAR3sHLBHKLA8FjtxEmHIHjAlte8UVoQ6lq_FXddl4mKgWqCxiq_OTHsC_A#.WdwIDC-wWY.facebook)
- Video “Astronomía con todos los sentidos” de la Agencia de Noticias UN, el 11 de octubre de 2017. Este se hace registro del primer curso con un pensum dedicado a la Astronomía para personas con discapacidad visual. (<http://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/astronomia-con-todos-los-sentidos.html>)
- Presentación del proyecto “Sintiendo la astronomía” en el evento Semana de las Inclusión que se realizó en el Planetario de Bogotá, los días 10, 15 y 16 de noviembre de 2017. En la figura 38 están en la parte de atrás y en medio, cinco estudiantes del curso Astronomía para Todos. Sentados al frente, de izquierda a derecha, los profesores César Acosta, Yuly Sánchez y Nayibe Rodríguez. Y, atrás en los extremos y al frente a la derecha, funcionarios del Planetario de Bogotá y de Medellín.

Figura 38. Semana de Inclusión. Universo de Sentidos. Planetario de Bogotá. Noviembre 15 de 2017.



- Presentación del proyecto en la *30th General Assembly of the International Astronomical Union*, realizada en Viena entre el 20 y 31 de Agosto de 2018.
- Exhibición del material diseñado para el curso Astronomía para Todos en el planetario de Bogotá, el día 31 de octubre de 2018 en el 2º Encuentro Universo de los Sentidos.

Figura 39. Publicidad en la página web del Planetario de Bogotá, en la que se muestra la programación de la exhibición del material

Logo of the Planetario de Bogotá and the Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. with the slogan "BOGOTÁ MEJOR PARA TODOS".

Navigation menu: INICIO PLANETARIO PROGRAMATE RESERVAS ASTROTECA NOTICIAS GALERÍA BOLETERÍA Buscar

EVENTOS DEL PLANETARIO

UNIVERSO DE SENTIDOS - Sintiendo el Universo

LUGAR: AUDITORIO

DE 04:00 PM A 05:00 PM ★ ★ ★ ★ ★
No votes yet

Exhibición de materiales adecuados para la enseñanza de la astronomía para discapacitados visuales. Experiencia de profesores y estudiantes del curso de "Astronomía para todos" de la Universidad Nacional de Colombia.

Por: Santiago Vargas, Yuly Sánchez, Nayibe Rodríguez, César Acosta y estudiantes del curso de "Astronomía para todos" de la Universidad Nacional de Colombia

Lugar: Auditorio del Planetario de Bogotá

Hora: 4:00 pm

Duración: 1 hora

Fuente: <http://www.planetariodebogota.gov.co/evento/universo-de-sentidos-sintiendo-el-universo>

Otro producto de este trabajo es el diseño y elaboración del material multisensorial en impresión 3D, el cual será utilizado para futuros estudiantes que necesiten aprender conceptos fundamentales de la astronomía de posición. A continuación, se presentan algunos que ya han sido hechos en este formato.

En la figura 40 está la esfera terrestre de 15 cm de diámetro con los meridianos cada 45° y los paralelos del ecuador, los paralelos 45° de latitud Norte y Sur, los trópicos y los círculos polares. Además, está inclinada en un soporte 23° , aproximadamente, respecto a la vertical.

Figura 40. Esfera terrestre inclinada con meridianos y paralelos cada 45° .



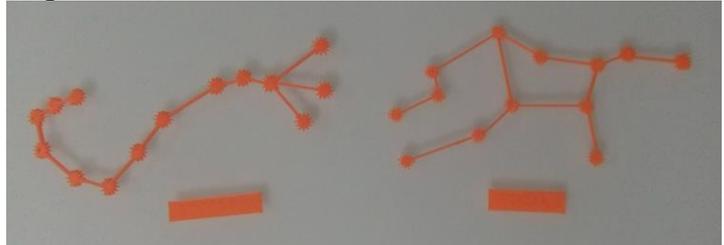
La figura 41 es el modelo impreso en 3D correspondiente a las medias esferas de la maqueta 2 (objeto 9). Esta esfera tiene el polo norte geográfico, el círculo polar ártico, el trópico de cáncer y el ecuador terrestre.

Figura 41. Media esfera terrestre cortada por el plano de la eclíptica. En relieve están: el ecuador, el trópico de Cáncer, el círculo polar Ártico y el polo Norte.



Las constelaciones en Braille de la figura 42, son algunas de las 12 del zodiaco que han sido producidas en la impresora 3D y cuentan con su nombre en Braille.

Figura 42. Constelaciones de Escorpión y Virgo con sus nombres en Braille



6. Referencias Bibliográficas

- AstroRed. (21 de Junio de 2013). *Curso de Astronomía*. Recuperado el 21 de Mayo de 2017, de https://likedoc.org/the-philosophy-of-money.html?utm_source=curso-astronomia-pdf
- Berger, A. L. (1976). Obliquity and precession for the last 5 000 000 years. *Astronomy and Astrophysics*, 51(1), 127-135.
- Berrero, M. (2008). *Trigonometría Esférica Fundamentos*. Madrid: Universida Politécnica de Madrid. Recuperado el 22 de 07 de 2017, de <http://asignaturas.topografia.upm.es/matematicas/primero/Apuntes/Trigonometria/Trigonometria%20Esferica.pdf>
- Bonilla C., R. S. (1997). *Más allá del dilema de los métodos* (3ª edición ed.). Bogotá: Norma.
- Cárdenas, M. L. (Noviembre de 2006). Orientaciones Metodológicas para la Investigación-Acción en el aula. *Lenguaje*(34), 187-216.
- Chile, E. (10 de 02 de 2014). *EducarChile*. Obtenido de <http://www.educarchile.cl/ech/pro/app/detalle?id=224737>
- Congreso de la Republica de Colombia. (2013). *Ley Estatutaria 1618*.
- Dolan, G. (2019). *The Greenwich Meridian*. Recuperado el 02 de Abril de 2019, de <http://www.thegreenwichmeridian.org/tgm/articles.php?article=10>
- Flammarion, C. (2003). *Astronomía popular*. Valladolid: Maxtor.
- Gaitano, M. (2017). *Astrored*. Recuperado el 20 de 04 de 2017, de www.astrored.org
- González E., W. J. (1 de Octubre de 2013). *Ciencia Puerto Rico*. Recuperado el 17 de Marzo de 2017, de <https://www.cienciapr.org/es/monthly-story/escuchando-el-susurro-de-las-estrellas>
- Karttunen, H. P. (1996). *Fundamental Astronomy*. New York: Springer.
- Mati, J. (s.f.). *La Investigación - Acción Participativa. Estructura y Fases*. Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- MINSALUD. (2017). www.minsalud.gov.co. Recuperado el 05 de Abril de 2017, de <http://ondiscapacidad.minsalud.gov.co/observatorio/>
- Pérez, M. (Agosto de 2014). *Instituto de Astrofísica de Andalucía*. Recuperado el 14 de 05 de 2017, de <http://www.iaa.es/~epm/>
- Portilla, J. (2012). *Elementos de Astronomía de Posición*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

- Ramírez G., J. (27 de Enero de 2017). *www.planetariodemedellín.org*. Recuperado el 23 de Marzo de 2017, de <http://www.planetariomedellin.org/noticias/astronomia-con-todos-los-sentidos-en-el-planetario/>
- Sánchez M., Y. E. (2017). *Sintiendo la astronomía: Astronomía para la equidad y la inclusión de estudiantes con discapacidad visual*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Soler, M. (1999). *Didáctica multisensorial de las ciencias. Un nuevo método para alumnos ciegos, deficientes visuales y también sin problemas de visión*. Buenos Aires, Argentina: Paidós.
- UNAL. (16 de Septiembre de 2016). Recuperado el 05 de Abril de 2017, de www.unimedios.unal.edu.co
- UNAL. (2017). *Universidad Nacional de Colombia*. Recuperado el 20 de 03 de 2017, de Unal: <http://unal.edu.co/menu-principal/la-universidad/mision-y-vision/>

7. Anexos

A. Programa del curso "Astronomía para todos" Grupo 2

Universidad Nacional de Colombia
Observatorio Astronómico- Departamento de Física
ASTRONOMIA PARA TODOS
SINTIENDO EL UNIVERSO
 Programación para el II-2017
 Lunes y Miércoles de 4-6 pm Salón de Juntas OAN

Docentes: Giovanni Pinzon PhD, Santiago Vargas Dominguez PhD y Yuly Edith Sánchez M. MSc. PhD.

| Fecha | Tema | Encargados |
|----------------------|--|-----------------|
| Julio 31 | Sesión 1. | |
| Agosto 2 | Sesión 2. Inicio de clases- <u>Sesión</u> Introdutoria | Todos |
| <u>Agosto 7</u> | FESTIVO | |
| Agosto 9 | <u>Sesión 3.</u> Modulo 1 El Sistema Solar: Lección 1 SISTEMA SOLAR DISTANCIAS Y TAMANOS | GIOVANNY |
| Agosto 14 | Sesión 4. Modulo 1 El Sistema Solar: Lección 2 FASES DE LA LUNA Y ECLIPSES Modulo 2 El Sol: Lección 1 PROMINENCIAS SOLARES Y MANCHAS SOLARES | SANTIAGO |
| Agosto 16 | Sesión 5. Modulo 2 El Sol: Lección 2 Capas Interiores del Sol, Eyecciones Coronales de Masa y el Viento Solar | SANTIAGO |
| <u>Agosto 21</u> | FESTIVO ECLIPSE AL PARQUE EN CIUDAD MONTES | TODOS |
| Agosto 23 | Sesión 6. ECLIPSE SOLAR Y TALLER | GIOVANNY |
| Agosto 28 | Sesión 7. JAVIER <u>SANTAOLALLA LEON DE GREIFF</u> | CONFERENCIA |
| Agosto 30 | Sesión 8. <u>Primera Evaluación Parcial MODULOS 1 Y 2</u> | TODOS |
| Septiembre 4 | Sesión 9. Modulo 3 Constelaciones, Estrellas y Evolución Estelar: Lección 1 CONSTELACIONES | NAYIBE |
| Septiembre 6 | Sesión 10. Modulo 3 Constelaciones, Estrellas y Evolución Estelar: Lección 2 <u>El Año de la luz</u> y la revisión retrospectiva Tiempo | NAYIBE |
| Septiembre 11 | Sesión 11. Modulo 3 Constelaciones, Estrellas y Evolución Estelar: Lección 3 <u>Tipos de estrellas</u> y los ciclos de vida estelares | GIOVANNY |
| Septiembre 13 | Sesión 12. Modulo 3 Constelaciones, Estrellas y Evolución Estelar: Lección 4 <u>Formación de Planetas</u> | SANTIAGO |
| <u>Septiembre 18</u> | SEMANA UNIVERSITARIA - SESQUICENTENARIO | |
| <u>Septiembre 20</u> | SEMANA UNIVERSITARIA - SESQUICENTENARIO | |
| Septiembre 25 | Sesión 13. TALLER | |
| Septiembre 27 | Sesión 14. <u>Segunda Evaluación Parcial MODULO 3</u> | |
| <u>Octubre 2</u> | <u>Sesión 16. Astronomía de posición y Esfera celeste</u> | CESAR A. |
| <u>Octubre 4</u> | <u>Sesión 16. Astronomía de posición y Esfera celeste</u> | CESAR A. |
| <u>Octubre 9</u> | <u>Sesión 17. Astronomía de posición y Esfera celeste</u> | CESAR A. |
| <u>Octubre 11</u> | <u>Sesión 18. Astronomía de posición y Esfera celeste</u> | CESAR A. |
| <u>Octubre 16</u> | FESTIVO | |
| <u>Octubre 18</u> | <u>Sesión 19. Tercera Evaluación Parcial ASTRONOMIA DE POSICION</u> | CESAR |
| <u>Octubre 23</u> | Sesión 20. Modulo 4 La vía Láctea y Materia Oscura: Lección 1 La vía Láctea | LEONARDO |
| <u>Octubre 25</u> | Sesión 21. Modulo 4 La vía Láctea y Materia Oscura: Lección 2 <u>Materia Oscura</u> | EDUARD |
| <u>Octubre 30</u> | Sesión 22. <u>Modulo 5 Galaxias y más allá!</u> Lección 1 Sintonizador de Hubble | ROBEL |
| <u>Noviembre 1</u> | Sesión 23. <u>Modulo 5 Galaxias y más allá!</u> Lección 2: Escala universal y el campo ultra profundo de Hubble | ROBEL |
| <u>Noviembre 6</u> | FESTIVO – SALIDA ¿? | |
| Noviembre 8 | Sesión 24. Partículas elementales y la <u>Astronomía</u> | ANDRES C. |
| <u>Noviembre 13</u> | FESTIVO | |
| Noviembre 15 | Sesión 25 Exposiciones | |
| Noviembre 20 | Sesión 26. Examen Final – TALLER FINAL | |

EVALUACION

4 Evaluaciones Parciales 60%, Talleres y Salida Astronómica 20%, Exposición 20%

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTARIA Y LECTURAS RECOMENDADAS

<http://depts.washington.edu/astron/outreach/astronomy-for-the-sight-impaired/>

B. Prueba de entrada y salida

Universidad Nacional de Colombia
Observatorio Astronómico- Departamento de Física
ASTRONOMIA PARA TODOS

NOMBRE: _____ **FECHA:** _____

1. Para una ciudad como Nueva York, cuya coordenada geográfica es: 40° Latitud Norte y 73° Longitud Oeste, describa la manera en que la ubicaría sobre la superficie terrestre.
2. Cuando se dice que dos ciudades se encuentran en la misma latitud ¿Qué significa?

Responda las preguntas 3 y 4 con la siguiente información: Moscú es una ciudad que se encuentra a 55° Latitud Norte y 37° Longitud Este, aproximadamente.

3. Explique la manera de establecer el huso horario en que está la ciudad de Moscú.
4. En Moscú es lunes, 6 pm. En Bogotá, que está en el huso horario +5, ¿qué hora y qué día es? Explique su respuesta
5. Explique ampliamente el movimiento de rotación y translación terrestres.
6. ¿Qué es el movimiento de precesión y cuáles son sus efectos sobre la observación del cielo?
7. La Tierra se encuentra inclinada $23^\circ 43'$ respecto al plano de la Eclíptica. ¿Qué consecuencias tiene esto sobre el planeta?
8. El Aeropuerto de Longstaff Bluff de Canadá está a casi $+69^\circ$ de latitud. ¿Cómo se dan las estaciones en ese lugar?
9. Supongamos que, en la ciudad de Bogotá, el Sol se oculta a las 6 pm. En ese preciso momento comienza a salir en el horizonte una estrella muy brillante por el Suroriente. ¿cuáles son las coordenadas horizontales de esa estrella? Explique.
10. Cuando una estrella se encuentra en el cenit, ¿Cuáles son sus coordenadas horizontales?

11. Un lugar como la Isla Grande de Tierra del Fuego está en una latitud de 54° Sur. Hay una estrella justo en el polo sur celeste. ¿Cómo son las Coordenadas Horizontales de dicha estrella?

C. Rubrica de Evaluación para la prueba de Entrada y Salida

Rubrica de Evaluación para las pruebas de entrada y salida.

| Concepto | Preguntas relacionadas | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|--|------------------------|--|--|---|---|--|--|
| Coordenadas geográficas | 1, 2 | Evidencia el uso de las Coordenadas Geográficas para describir la posición de un lugar en la superficie la Tierra. | Conoce las coordenadas geográficas y hace uso de argumentos básicos. | Conoce las coordenadas geográficas con poca argumentación. | Menciona parcialmente aspectos de las coordenadas geográficas, pero parcialmente acertados. | Aunque menciona algunos términos, desconoce el uso de las Coordenadas Geográficas. | No responde o lo hace equivocadamente. |
| Husos horarios | 3, 4 | Reconoce la utilidad del huso horario para establecer el tiempo en un lugar. | Reconoce la utilidad del huso horario para establecer el tiempo en un lugar, pero hace falta un poco de argumentación. | Conoce los husos horarios con poca argumentación. | Menciona algunos aspectos de los husos horarios, pero parcialmente acertados. | Menciona pocas ideas, pero desconoce los husos horarios. | No responde o lo hace equivocadamente. |
| Movimientos terrestres de Rotación, Traslación y Precesión | 5, 6 | Describe los movimientos de rotación, translación y precesión, relacionando todos los elementos. | Describe los movimientos de rotación, translación y precesión, relacionando la mayoría de los elementos. | Conoce los aspectos básicos de los movimientos terrestres con poca argumentación. | Menciona algunos aspectos de los movimientos terrestres, pero parcialmente acertados. | Enuncia pocas ideas, pero desconoce los movimientos terrestres de rotación, translación y precesión. | No responde o lo hace equivocadamente. |
| Las estaciones. | 7, 8 | Relaciona los elementos Geográficos y celestes (Eje terrestre, Ecuador, trópicos y círculos polares Eclíptica) | Relaciona la mayoría de los elementos geográficos y celestes en la explicación de las estaciones y a | Conoce aspectos básicos de las estaciones, pero le falta vincular varios elementos. | Menciona aspectos de las estaciones, pero parcialmente acertados. | Menciona pocas ideas, pero no relaciona los elementos geográficos y celestes para la | No responde o lo hace equivocadamente. |

| | | | | | | | |
|---------------------------------|----------|---|---|--|---|---|--|
| | | en la explicación de las estaciones y la observación del cielo. | observación del cielo. | | | explicación de | |
| Coordenadas Horizontales | 9,10, 11 | Explica completamente la manera de establecer las Coordenadas Horizontales para una estrella. | Tiene la mayoría de los argumentos necesarios para establecer la coordenada horizontal de una estrella. | Conoce las generalidades de las coordenadas horizontales con poca precisión. | Menciona aspectos de las coordenadas horizontales, pero parcialmente acertados. | Menciona algún aspecto de las Coordenadas Horizontales, pero no las conoce. | No responde o lo hace equivocadamente. |

D. Test de Likert sobre el material multisensorial

Universidad Nacional de Colombia
Observatorio Astronómico- Departamento de Física
ASTRONOMIA PARA TODOS – G2

Teniendo en cuenta todo el material utilizado para las sesiones de Astronomía de Posición, ¿en qué medida está de acuerdo con cada una de las siguientes afirmaciones?

| Enunciado | Totalmente de acuerdo (5) | De acuerdo (4) | Indeciso (3) | En desacuerdo (2) | Totalmente en desacuerdo (1) |
|--|----------------------------------|-----------------------|---------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| 1. El material tuvo variedad de texturas | | | | | |
| 2. Hubo concordancia entre el material y la teoría. | | | | | |
| 3. La manera de explorar el material permitió la comprensión de los objetos. | | | | | |
| 4. Las características sensoriales conceptuales del material son homogéneas. | | | | | |

Marque sólo una casilla de cada fila.

E. Entrevista de percepción a estudiantes

La entrevista, la cual consistió en una pregunta de percepción personal, fue realizada de manera grupal, con la asistencia de los 7 estudiantes del curso. Casi todos los estudiantes opinaron y quien no lo hizo, mostraba su acuerdo con las intervenciones. La entrevista tomo un tiempo de aproximadamente 11 min, al final de la última sesión.

Pregunta: Describa su experiencia de aprendizaje en el módulo de Astronomía de Posición, y la manera en que el material multisensorial ayudó en la comprensión de las temáticas.

Estudiante 1 (Jeimy): Retomamos los conceptos que en la primaria o el bachillerato no nos quedaron claros, algunos ni siquiera los vimos, ya que no había material y el lenguaje no fue incluyente. No sabíamos cómo medir ángulos y los tipos de rectas, tampoco conocíamos el uso de los meridianos y los paralelos, porque el aprendizaje en ese entonces era más teórico y no táctil como lo fue en este módulo. Eso me gustó, porque se adaptó el material a nuestras necesidades.

Estudiante 2 (Lorena): Complementando lo dicho por Jeimy, el hecho de que el material permitiera que entendiéramos todos los conceptos desde el principio, hizo que comprendiéramos la parte final que era más compleja. El material fue muy bueno, claro y preciso, porque permitió comprender todos los conceptos vistos, debido a que se vio que tenía un fin muy claro en para su elaboración.

Estudiante 3 (Antonia): En cuanto a los temas, reconozco en la clase de Sociales en mi colegio me la pasaba molestando, no entendía y los exámenes los perdía. La forma de explicación fue visual y no táctil. Desde ese entonces no sabía mucho de astronomía y geometría.

El material se notó que tuvo mucha dedicación en su elaboración y estuvo muy bien diseñado y construido.

Estudiante 4 (Henry): Para aportar a lo que ya se ha dicho, el lenguaje usado en las explicaciones fue claro y adecuado. Aunque se usó terminología propia de la Astronomía, los conceptos quedaron claros.

Estudiante 5 (David): El material táctil fue diseñado de tal manera que, aunque estuve con los ojos vendados y no estoy acostumbrado a usar este tipo de material, se pudieron comprender los temas del módulo.

Estudiante 6 (Alejandro): La experiencia fue interesante. Fue un poco difícil tener los ojos cubiertos, ya que tuve que recibir mucha ayuda para que mis manos fueran guiadas. Los temas quedaron claros y el material permitió esto. Fue una forma diferente de aprender.

Estudiante 1 (Jeimy): Para quienes hemos tenido una discapacidad visual progresiva, hemos tenido que explorar otros sentidos como el tacto y el oído, lo cual ha requerido un mayor grado de concentración para aprender.