

# Eco-planetario: Un Planetario Astronómico Educativo Multienergético

**Rodney Delgado-Serrano**

Universidad Tecnológica de Panamá, Penonomé, Coclé, Panamá, rodney.delgado@utp.ac.pa

**Manuel Chacón**

Universidad Tecnológica de Panamá, Penonomé, Coclé, Panamá, manuel.chacon@utp.ac.pa

## RESUMEN

La enseñanza de la Astronomía, y de las ciencias en general, en Panamá, es muy limitada en cuanto a proyectos didácticos destinados a estudiantes y público general. De forma similar, la enseñanza y la aplicación de proyectos para la utilización de las energías renovables son escasas. El siguiente trabajo tiene como meta presentar la propuesta de un Planetario Astronómico que funcione alimentado por una gran variedad de Energías Renovables. Uno de los objetivos fundamentales del proyecto se basa principalmente en la *enseñanza-aplicación* de las distintas fuentes de energía renovables. El otro objetivo es dar seguimiento, y alimentar, al proyecto educativo denominado "Enseñanza de las Ciencias a través de la Astronomía", en coordinación con Escuelas y Universidades. El Planetario desarrollará una base, sin igual, en el escenario nacional para la aplicación, divulgación y educación científica.

**Palabras claves:** Planetario, Energía Renovable, Enseñanza, Didáctica, Astronomía

## ABSTRACT

The teaching of astronomy and science in general, in Panama, is very limited in educational projects for students and general public. Similarly, education and implementation of projects for the use of renewable energy are, as well, limited. The following paper aims to present the proposal of an Astronomical Planetarium which use different kinds of renewable energies. One of the fundamental objectives of the project relies on the education and implementation of different renewable energy sources. The other objective is to support the educational project called "Science Education through Astronomy", in coordination with Schools and Colleges. The Planetarium will develop a unique base on the national scenario for the implementation, popularization and education of sciences.

**Keywords:** Planetarium, Renewable Energy, Education, Art of Teaching, Astronomy

## 1. INTRODUCCIÓN

En un sitio lejos de la iluminación de la ciudad y con una noche despejada es posible ver el cielo estrellado en todo su esplendor. Es muy escasa la población que dedica parte de su tiempo a observar el cielo nocturno, ya que la mayoría se encuentra en las ciudades donde hay mucha iluminación y no resalta la belleza de la noche.

La solución está en un lugar dedicado a la presentación de espectáculos astronómicos, en el cual sea posible observar recreaciones del cielo nocturno, visto desde diversos lugares de la Tierra y en diferentes momentos del año. Hablamos de un planetario; instrumento mecánico donde la óptica, la mecánica y la electrónica se unen para producir una verdadera simulación del cielo nocturno. Mezcla la rigurosidad de la ciencia con lo recreativo, estimulando a niños, jóvenes y adultos por el estudio de la Astronomía y el conocimiento de las maravillas del Universo.

En el mundo existen gran cantidad de planetarios. En Centroamérica, sólo Costa Rica tiene planetario (Worldwide Planetariums Database, 2010); Panamá no debe quedarse atrás y debemos tomar la iniciativa de construir un Planetario. Existen planetarios grandes, modernos y tecnológicos por todo el planeta, pero en Panamá nuestro

propósito es construir el Primer Planetario Astronómico en el mundo que funcione con Energía Renovable (Delgado-Serrano, 2011).

El aprovechamiento de las fuentes de energía renovable proviene de tiempos remotos. Su utilidad continuó durante toda la historia hasta la llegada de la Revolución Industrial cuando, por el conveniente bajo precio del petróleo, fueron abandonadas. Debido al incremento del coste de los combustibles fósiles y los problemas medioambientales procedentes de su explotación, estamos destinados a renacer las energías renovables. Sabemos que son *inagotables*, limpias y lo más importante se pueden utilizar de forma autogestionada, complementadas entre sí.

## 2. PROPÓSITO DEL PLANETARIO

La Astronomía en Panamá no está siendo ejecutada en el sistema educativo; sin embargo, hay personas de diferentes edades interesados en la Astronomía. Prueba de ello está que el Observatorio Astronómico de Panamá (OAP) fue visitado por más de 300 personas durante el último trimestre de 2011, aunque aún no está abierto al público general. Posteriormente, se realizaron algunas encuestas a grupos pilotos de estudiantes quienes respondieron a preguntas como ¿Qué te motivó a venir al OAP? Resultados preliminares de la encuesta muestra que el 90% de los encuestados desean aprender, conocer y descubrir la Astronomía; el otro 10% no respondió. Esto deja en evidencia que a los jóvenes les llama mucho la atención la Astronomía. Además se les preguntó ¿Le gustaría que se dictara clases de Astronomía en su escuela? El 92% de los encuestados dijo que sí, la otra parte no respondió. Cabe mencionar que en ninguna de las encuestas se contestó no, en lugar de eso los estudiantes las dejaban sin respuesta, lo cual queda abierto a múltiples posibilidades. Resultados más completos de este estudio serán publicados posteriormente.

La enseñanza de la Astronomía, y de las ciencias en general, presenta, en muchas ocasiones, una serie de dificultades para su correcta comprensión. Es competente construir un planetario considerando como objetivo principal un Proyecto de “Enseñanza de las Ciencias a través de la Astronomía” (Delgado-Serrano, 2011). Éste conlleva el aprovechamiento de estos recursos con miras a dar una información más didáctica, que esté de acuerdo con el avance científico, cultural y tecnológico. Igualmente, estos complejos presentan grandes aportes a las demás ciencias y al turismo.

Estadísticas a nivel mundial revelan que las visitas a los planetarios son muy numerosas. Un ejemplo es el caso del Manfred Olson Planetarium de la Universidad de Wiscosin en Milwaukee, USA. Un planetario con una cúpula de una capacidad de al menos 80 personas, recibió en el año 2011 alrededor de 10 000 visitantes (Figura 1) (UWM Manfred Olson Planetarium, 2012). El gráfico revela que la mayoría de los visitantes son grupos escolares evidenciando el gran interés que muestran los estudiantes por la Astronomía. Para muestra un comentario por parte de una estudiante después de sentir la experiencia de un planetario: “realmente me encantó el planetario y me gustó mirar las estrellas y aprender sobre los planetas, espero que pueda venir todos los años porque fue el mejor día de mi vida” Lacey (Austin Planetarium, 2011).

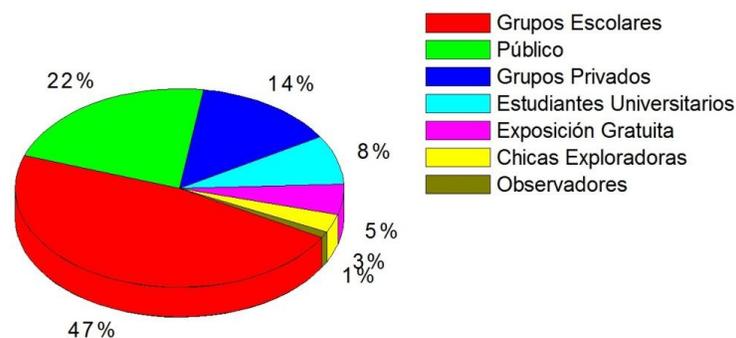


Figura 1. Visitas a planetario (datos tomados de UWM Manfred Olson Planetarium, 2012)

Si ahora estudiamos a un planetario más grande y moderno como el L'Hemisféric que está situado en la Ciudad de las Artes y las Ciencias en Valencia, España; donde la sala de proyección dispone de 321 butacas, el edificio posee una capacidad de alojar a 999 personas al mismo tiempo y el cual recibe diariamente a 3 000 visitantes (Calatrava, 2000). Esto visto desde un análisis de la razón de la cantidad de visitantes en un año 1 095 000 visitantes, entre la cantidad de habitantes que hay en Valencia 2 486 483 habitantes (Fundación BBVA, 2008), la estadística revela que el 44% de la población visita el planetario. Si bien, es cierto, los visitantes son de todas partes del mundo, pero la cifra es muy numerosa y no deja de asombrar.

El segundo propósito, tan importante como el primero, de este proyecto radica en la construcción de un complejo que pueda explotar la relación *enseñanza-aplicación* de las distintas fuentes de energía renovables, en pro del medio ambiente. Aportando esto al conocimiento de todos los visitantes, incluidos niños y jóvenes, ayudará a la concientización sobre la debida explotación de las futuras fuentes de energía (llamadas “limpias”) necesarias para la conservación del planeta. Esto podría significar un fuerte impacto para los hábitos y actitudes, al respecto, de las futuras generaciones de la región.

### **3. PLANETARIO COMO MEDIO DE ENSEÑANZA**

La Unión Astronómica Internacional (IAU) conserva 40 comisiones o grupos de internos. Una de estas comisiones es la Comisión 46. Es la única comisión que trata exclusivamente de la educación en astronomía, denominada “Educación y Desarrollo en Astronomía”. El mandato recibido por la Comisión es el de “Incrementar el Desarrollo y el Alcance de la Educación en Astronomía en todos los Niveles, a lo largo de todo el Mundo” (IAU- Commission 46, 2012). Recientemente recibimos la visita de la presidenta de dicha comisión quien nos mostró su interés por el desarrollo de la enseñanza de la Astronomía en Panamá.

Sin duda alguna el objetivo principal de tener un planetario es por su enorme potencial educativo, didáctico y lúdico; es una herramienta como medio de enseñanza para visualizar y dar solución a problemas astronómicos. Esto hace que cada vez su empleo sea mayor por la cantidad y calidad de información que puede ser suministrada mediante el uso racional y adecuado de cada uno de los equipos instalados. Las posibilidades que ofrece el Planetario al proyectar en la esfera celeste los elementos básicos que constituyen los distintos sistemas de coordenadas, llevan al aprovechamiento máximo de toda esta serie de recursos con miras a dar una información más amplia y precisa, que está de acuerdo con el avance científico, tecnológico y cultural (Salas, 2001).

Expertos describen que el movimiento celestial producido por un planetario es capaz de evocar imágenes claras en la mente de un niño, tales como la imagen del sol naciente y la apariencia cambiante de la luna. El planetario permite a los estudiantes ver el movimiento celestial, el cual es difícil de obtener por su propia cuenta. La característica clave del planetario es la forma en que se puede utilizar para ayudar a los estudiantes a visualizar las representaciones de los fenómenos celestes. Algunas investigaciones sobre la relación entre la información verbal y visual de las imágenes han demostrado la importancia del gran alcance de como los estudiantes hacen conexiones entre los conceptos e imágenes. La teoría de codificación dual (DCT) sugiere que el comportamiento humano y la experiencia se pueden explicar en términos de procesos asociativos dinámicos que operan en una amplia red específica de representaciones de modalidad verbal y no verbal (imágenes) (Clark ed al., 1991).

Existe un estudio realizado en un planetario donde se comparan las respuestas antes de la visita y después de la visita al planetario (Plummer, 2009). El mismo fue aplicado a participantes de clases distintas, conformado por estudiantes de primero y segundo grado (n = 63). Los resultados después de la visita mostraron que para cada pregunta hubo una mejora significativa. Los datos son mostrados en la Tabla 1. La primera columna indica las preguntas y las siguientes tres columnas muestran el número de estudiantes que han mejorado, retrocedido y los que se quedaron en el mismo nivel, respectivamente.

**Tabla 1. Resultados de los estudiantes después de la instrucción en el planetario (Plummer, 2009).**

Preguntas	Mejorado	Retrocedido	Sin Cambio
¿Es precisa la ruta del sol en el verano?	39 (61.9%)	1 (1.6%)	23 (36.5%)
¿Es el zenit el punto más alto del sol en el verano?	41 (65%)	3 (4.8%)	19 (30.2%)
¿Es precisa la ruta del sol en invierno?	42 (66.7%)	1 (1.6%)	20 (31.7%)
¿Es el zenit el punto más alto en el invierno?	42 (66.7%)	1 (1.6%)	20 (31.7%)
¿Es más corta la longitud de la ruta del sol en invierno en comparación con el verano?	34 (54.0%)	2 (3.2%)	27 (42.9%)
¿Es la altura del sol más baja en invierno que en comparación con el verano?	35 (55.6%)	4 (6.3%)	24 (38.1%)
¿La aparición de la luna cambia en el transcurso del día o en el transcurso de un mes un mes?	34 (54.0%)	5 (7.9%)	24 (38.1%)
¿La forma de la Luna parece cambiar en el transcurso de una noche?	26 (41.3%)	2 (3.2%)	35 (55.6%)
¿Es la luna siempre visible durante el día?	30 (47.6%)	2 (3.2%)	31 (49.2%)
¿Es preciso el camino de la luna?	18 (29%)	9 (16%)	35 (56%)
¿Las estrellas parecen moverse en la noche?	20 (32%)	2 (3%)	40 (65%)
¿Vemos las diferentes estrellas durante la noche?	15 (26%)	1 (2%)	42 (72%)
¿Dónde están las estrellas durante el día?	13 (20.6%)	3 (4.8%)	47 (74.6%)

#### 4. INFRAESTRUCTURAS DEL PLANETARIO PARA LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA

El planetario está modelado en un diseño que combina los tres métodos más utilizados hoy día en energías renovables para la producción de energía eléctrica: la solar, eólica e hidráulica. Para ello hemos investigados algunos de los métodos más eficientes.

Solar: el método más sencillo para la captación solar es el de la conversión fotovoltaica, que consiste en convertir la energía solar en energía eléctrica por medio de células solares.

Eólica: un dispositivo capaz de realizar esta conversión que se denomina aerogenerador o generador eólico, y consiste en un sistema mecánico de rotación, provisto de palas a modo de los antiguos molinos de viento, y de un generador eléctrico con el eje solidario al sistema motriz.

Hidráulica: una aplicación muy interesante son pequeñas instalaciones cerca de un salto de agua colocando una pequeña central hidroeléctrica.

Sin embargo, también estamos estudiando la posibilidad de utilizar los siguientes medios de producción de energía Eléctrica: Generación de Energía Eléctrica a partir de Biogás (Quesada ed al, 2007), Sistemas de Generación Eléctrica mediante Calderas de Vapor Energizadas por Radiación Solar Concentrada (Muñoz, 2008); y algunos sistemas que sean ahorradores de energía, tales como: Sistema de vibración energético, Sistemas de Ventilación de alto Rendimiento y bajo consumo, Sistemas de vitrales reflectores, Sistema de césped inteligente y Sistema de paredes aislante de calor (Roaf ed al, 2001), entre otros.

##### 4.1 ESTUDIO CLIMATOLÓGICO CON MIRAS A LA UTILIZACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE

Para tener una aproximación en cuanto al aprovechamiento de los recursos renovables en Coclé realizamos una investigación referente a algunos datos obtenidos por una estación meteorológica de la Empresa de Transmisión Eléctrica (ETESA, 2012) ubicada a 33 metros sobre el nivel del mar, en el distrito de Antón. Esta estación brinda servicio desde el año 1969 y se encuentra a 8° 23' 00" de latitud Norte y 80° 16' 00" de longitud Oeste. La misma está muy próxima a Penonomé la capital de Coclé, donde se encuentra el observatorio astronómico y se planea la construcción del planetario (8° 30' 36" latitud N y 80° 21' 36" de longitud O).

A continuación se presentan datos históricos mensuales, obtenidos por la estación meteorológica que tiene 43

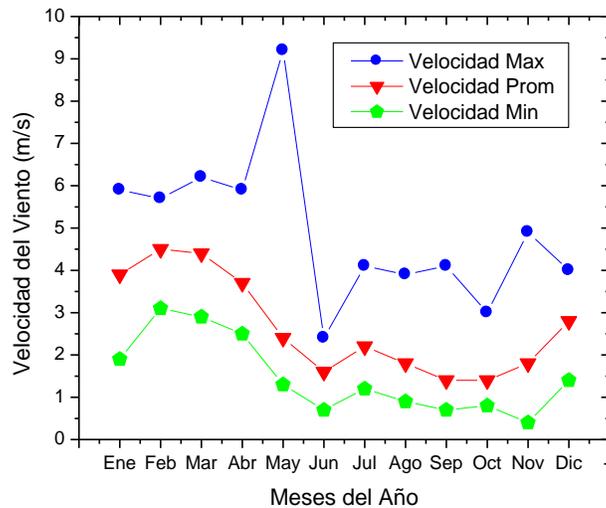
años de servicios, sobre los parámetros de Velocidad de Viento, Brillo Solar y cantidad de Lluvia, respectivamente.

#### 4.1.1 VELOCIDAD DEL VIENTO

La velocidad del viento disponible en la región es el factor determinante en la viabilidad del empleo del recurso eólico con fines energéticos prácticos. La Tabla 2 muestra los datos del promedio histórico mensual de viento a 10 metros de altura y la Figura 2 muestra la relación entre las variables.

**Tabla 2: Promedio histórico mensual de Velocidad del Viento a 10m de altura (ETESA, 2012).**

Velocidad del Viento	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>Máximo (m/s)</b>	5,9	5,7	6,2	5,9	9,2	2,4	4,1	3,9	4,1	3	4,9	4
<b>Promedio (m/s)</b>	3,9	4,5	4,4	3,7	2,4	1,6	2,2	1,8	1,4	1,4	1,8	2,8
<b>Mínimo (m/s)</b>	1,9	3,1	2,9	2,5	1,3	1,7	1,2	0,9	0,7	0,8	0,4	1,4



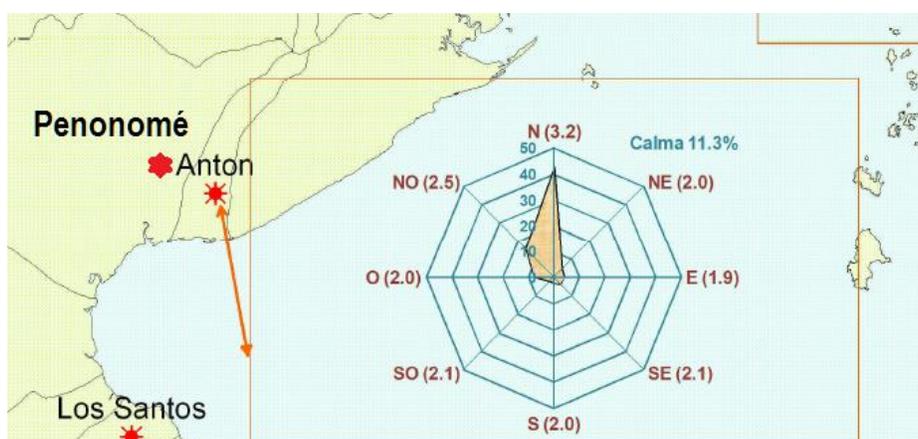
**Figura 2. Relación de la velocidad del viento en función del promedio anual (datos tomados de ETESA, 2012).**

La velocidad promedio, mostrada en la figura 2, muestra que en los meses de diciembre, enero, febrero, marzo y abril, dicha velocidad supera, generalmente, los 3 m/s. Superando incluso los 4 m/s en los meses de febrero y marzo. Tomando en cuenta la tabla 3, que muestra las características del viento que tiene la posibilidad para uso de energía eólica (Enzo Torquati, 2011), nos encontramos en un lugar muy prometedor para nuestros propósitos. La información revela que es viable utilizar el viento para uso de aerogeneración eléctrica. Resulta interesante el dato que la velocidad del viento en la región es de 6,5 m/s en promedio anual a 40 m de altura (ETESA, 2012).

Otra información fundamental es la dirección del viento a 10 m de altura como lo muestra la figura 3, la mayor parte del año el viento sopla en dirección norte. Queda por tabular la dirección precisa del viento para el caso específico de los meses donde el viento presenta mayor rapidez (diciembre, enero, febrero, marzo y abril). Sin embargo, la experiencia sobre el terreno nos indica que la misma es de norte-sur. Es también interesante el hecho que los datos obtenidos en la estación meteorológica de Los Santos (ver localización en la figura 3) son muy similares a los datos mostrados en este artículo (provenientes de la estación de Antón).

**Tabla 3. Evaluación de la calidad del recurso eólico (Enzo Torquati, 2011).**

Características del viento	
Promedio anual de Viento (10 m de altura)	Posibilidad de uso de energía eólica
Menor a 3m/s	Usualmente no es viable, a menos que existan circunstancias especiales para una mejor evaluación
3 - 4 m/s	Puede ser una buena opción para equipos de aerobombeo, algo viable para aerogeneración eléctrica
4 - 5 m/s	Aerobombas son competitivas económicamente a los equipos Diesel. Bombeo aerogeneración eléctrica es viable
Más de 5 m/s	Viable para aerobombeo y aerogeneración eléctrica.



**Figura 3 .Mapa de la Frecuencia de la Dirección del Viento en la Estación Meteorológica (ETESA, 2012).**

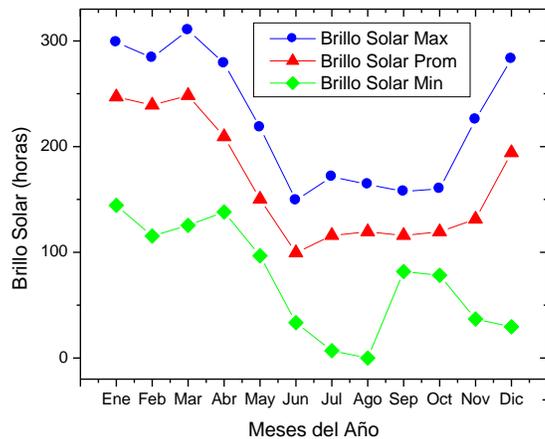
Es importante señalar que la velocidad del viento varía con la altura y depende fundamentalmente de la naturaleza del terreno sobre el cual se desplazan las masas de aire. La correcta utilización de la energía eólica exige tomar en cuenta velocidades medias, ráfagas, direcciones dominantes y eventuales obstáculos para seleccionar tanto los lugares de emplazamiento como las características constructivas (altura de la torre, velocidades máximas que soportan, velocidad de puesta en marcha) de las máquinas a instalar (Moragues et al., 2003). Todos los datos mostrados de velocidad del viento, en el presente artículo, fueron obtenidos a una altura de 10 m.

#### 4.1.2 BRILLO SOLAR

Continuando con el análisis de recursos renovables, nos enfocamos ahora en la energía solar donde la tabla 4 indica los datos del promedio histórico de total mensual del brillo solar y la figura 4 revela la relación entre las variables.

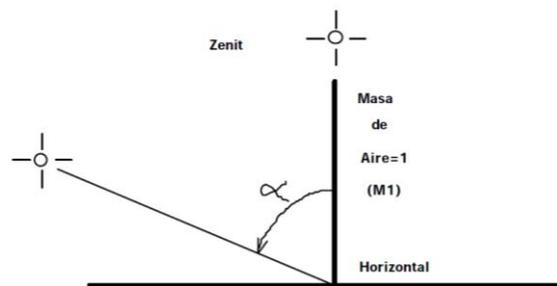
**Tabla 4: Promedio histórico del total mensual de Brillo Solar**

Brillo Solar	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>Máximo (horas)</b>	298,6	284	310,1	278,7	218,1	149,2	171,4	164,2	157,5	160,1	225,5	282,9
<b>Promedio (horas)</b>	247	239,3	248,3	209,3	150,2	99,5	115,9	119,4	115,9	119,4	131,3	194,2
<b>Mínimo (horas)</b>	144,4	115,4	125,5	138,1	96,7	33,4	6,91	0	81,8	78,3	36,8	29,5



**Figura 4. Relación del promedio mensual del Brillo Solar en función promedio anual (datos tomados de ETESA, 2012).**

Según la figura 4 el brillo solar total promedio en los meses de Diciembre, Enero, Febrero, Marzo y Abril, la cual coincide con los meses de mayor velocidad del viento, presentan los mayores datos registrados. El valor de la radiación varía al variar la masa de aire, la que cambia constantemente desde el amanecer hasta el anochecer. La posición relativa del sol respecto a la horizontal del lugar determina el valor de la masa de aire. Cuando los rayos solares caen formando un ángulo de  $90^\circ$  respecto a la horizontal se dice que el sol ha alcanzado el zenit. Para esta posición la radiación directa del sol atraviesa una distancia mínima a través de la atmósfera. Cuando el sol está más cercano al horizonte, esta distancia se incrementa, es decir la masa de aire es mayor. Esto se ilustra en la figura 5.



**Figura 5. Masa de Aire (Gasquet, 2004).**

En Penonomé, por estar cerca del ecuador, la posición del sol con respecto al zenit es  $0 \leq \alpha \leq 23^\circ$  durante 3 horas diarias durante todo el año. Esto permite calcular, la masa de aire, con la expresión  $Masa\ de\ Aire = \frac{1}{\cos \alpha}$  (Gasquet, 2004) e indica que hay una baja masa de aire durante las horas de mediodía. Por lo tanto la energía Solar, en la región es efectiva para la producción de energía eléctrica durante una buena cantidad de horas en el año ( $> 1095$ ). En este último cálculo no está tomando en cuenta las horas de nubosidad.

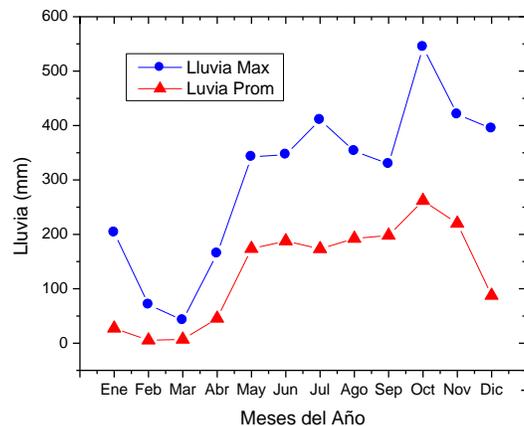
Finalmente, la utilización de la energía solar en la región, parece ser muy fiable. Cálculos más específicos y detallados deberán ser investigado y realizados.

#### 4.1.3 CANTIDAD DE LLUVIA

Con miras a utilizar energía hidráulica a través de una Pequeña Central Hidroeléctrica (PCHs) con saltos de agua provenientes de un pequeño lago dentro del las instalaciones del sitio escogido para la construcción del planetario. Los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos tienen además un impacto ambiental mucho menor que los grandes, que suelen inundar grandes extensiones aparte de exigir obras civiles de gran magnitud. (Hueso, 2007) Para determinar que tan fiable es una Pequeña Central Hidroeléctrica para uso de energía en el planetario se encontraron los datos mostrados en la tabla 5 y la figura 4 muestra la relación.

**Tabla 5: Datos históricos de total mensual de Lluvia en mm (ETESA, 2012).**

Cantidad de Lluvia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Máximo (mm)	203,5	70,9	42,1	164,7	342,4	346,5	410,3	353	329,5	544,4	420,6	394,5
Promedio (mm)	27,2	5,5	7	45,6	173,8	187,7	173,3	192,3	198,1	261,9	220,1	87,6



**Figura 4. Relación de Lluvia en función del promedio mensual (datos tomados de ETESA, 2012).**

Los resultados de la lluvia promedio revelan que los meses de mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre son muy favorables para la utilización de una PCHs. Es interesante ver que en esta temporada la velocidad del viento y el brillo solar (ver figuras anteriores) son bajos y es aquí donde la energía de la pequeña central hidroeléctrica produce energía eléctrica para el planetario. Es decir, se podrá alternar, con respecto al mes, las diferentes fuentes de energía.

#### 4.2 SECCIONES DEL PLANETARIO

Las secciones que debe haber en el planetario están vinculada directamente con las actividades que se planean realizar dentro del lugar. Siempre con el objetivo de que sean lo suficientemente atractivas para conquistar a los jóvenes hacia las ciencias del espacio.

Algunas de las propuestas que en general se están estudiando y desarrollando son:

- Salón de exhibiciones, Concursos y Ferias científica: pueden hacerse exposiciones de temas científicos y culturales.
- Sala de aula para Iniciación Científica: con Talleres de experimentación para jóvenes que sean estimulados a armar experimentos y construir instrumentos astronómicos simples.
- Café científico y mesas redondas: Se realizan reuniones para discutir temas científicos de interés general.

- Salón para producción y difusión de videos educativos: producción de videos documentales de contenido científico y astronómico.
- Una Tienda o Astroshop: ubicada dentro del Planetario, donde se pueda adquirir diverso material y artículos didácticos sobre Ciencia y Astronomía
- El túnel del tiempo: túnel semicircular donde el espectador podrá observar como el universo ha ido evolucionado hasta nuestros días y que es lo que se espera en el futuro.
- Un simulador espacial: en la parte superior del planetario un transbordador espacial que simule un viaje por el espacio con un grupo de tripulantes.

Finalmente, también tenemos un salón de conferencia y un coffee shop, entre otros.

Los programas que se desarrollarán para las diferentes actividades deben ser realizados por equipos multidisciplinarios integrados por personal científico, pedagógico y técnico. El equipo es variado pues las actividades comprenden las más diversas áreas del conocimiento humano, tales como la Física, Matemática, Geografía, Ingeniería y Enseñanza. Ellos son quienes redactan los guiones, realizan los efectos especiales, se encargan del diseño visual, de la producción de la banda sonora, de la programación y del montaje de la propuesta educativa.

## 5. CONCLUSIONES

Entre las conclusiones que podemos citar están las siguientes:

1. A la población en general, específicamente en Panamá, le resulta motivador, interesante y atractivo los temas astronómicos, razón por la cual construir un planetario astronómico multienergético resultará muy llamativo y productivo en el ámbito educacional, recreativo y turístico; apoyando el proyecto “Enseñanza de las Ciencias a través de la Astronomía” (Delgado-Serrano, 2011).
2. La conclusión anterior se basa también en el hecho que expertos describen que el movimiento celestial producido por un planetario es capaz de evocar imágenes claras en la mente de un niño. Además, otras investigaciones sobre la relación entre la información verbal y visual de las imágenes han demostrado la importancia del gran alcance de como los estudiantes hacen conexiones entre los conceptos e imágenes. La teoría de codificación dual (DCT) sugiere que el comportamiento humano y la experiencia se pueden explicar en términos de procesos asociativos dinámicos que operan en una amplia red específica de representaciones de modalidad verbal y no verbal (imágenes) (Clark ed al., 1991).
3. La construcción de un complejo llamativo que pueda, además, explotar la relación *enseñanza-aplicación* de las distintas fuentes de energía renovables, en pro del medio ambiente y aportando este conocimiento a todos los visitantes, incluidos niños y jóvenes, ayudará a la concientización sobre la debida explotación de las futuras fuentes de energía (llamadas “limpias”) necesarias para la conservación del planeta. Esto podría significar un fuerte impacto para los hábitos y actitudes, al respecto, de las futuras generaciones de la región.
4. La información obtenida por medio del estudio climatológico preliminar, que se ha realizado en el presente artículo, revela que la región posee condiciones fiables y viables para la utilización de las energías renovables involucradas en el proyecto. Sin embargo, cálculos más específicos y detallados deberán ser investigado y realizados.
5. Un estudio económico se hace necesario para establecer los costos de este proyecto.

*Nota: Para colaborar con el proyecto, formar parte del equipo u obtener mayor información, favor contactar al PI (Investigador Principal): RDS (rodney.delgado@utp.ac.pa).*

## REFERENCIAS

- Austin Planetarium (2011). Testimonials, [http://www.austinplanetarium.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=173&Itemid=154&lang=en](http://www.austinplanetarium.org/index.php?option=com_content&view=article&id=173&Itemid=154&lang=en), 10/02/12
- Calatrava, S. (2000). “L’Hemisferic: Una Ventana Al Mundo”. *Informes de la Construcción*, Vol 52, No 469-470, pp.27-33
- Clark, J.M., & Paivio, A. (1991). Dual coding theory and education. *Educational Psychology Review*, 3(3), 149–210.
- Delgado-Serrano, R. (2011), “Observatorio Astronómico de Panamá (UTP): un compromiso con la tecnología”. IV Congreso Nacional de Ingeniería, Ciencias y Tecnología, Panamá, 12-14/10/2011.
- Empresa de Transmisión Eléctrica (ETESA) (2012), Hidrometeorología, <http://www.hidromet.com.pa/index.php>, 05/02/12.
- Enzo, T. (2011), “Características Técnicas para la Implementación de Molinos de Viento para Bombeo de Agua”. Industrias Jober: Molinos de Viento para bombeo de agua, pp19.
- Gasquet, H. (2004). “Manual Técnico y Práctico sobre los Sistemas Fotovoltaicos”. *Conversión de la energía solar en energía eléctrica*, pp. 3.
- Hueso, A. (2007). “Estudio sobre el Impacto Social, Económico y Ambiental de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas implantadas en comunidades rurales de La Paz, Bolivia”. Proyecto de Grado. Universidad Politécnica de Valencia.
- International Astronomical Union (IAU) (2012), “Educational Programs”, *Commission 46*. <http://www.iaucomm46.org/> , 20/01/12.
- Moragues J., Rapallini A. (2003). “Energía Eólica”. Instituto Argentino de la Energía “General Mosconi”. pp. 3
- Muñoz, J. (2008) . “Sistemas de Generación Eléctrica mediante Calderas de Vapor Energizadas por Radiación Solar Concentrada”, Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. España
- Plummer, J. (2009). “Early Elementary Students’ Development of Astronomy Concepts in the Planetarium”. *Journal of Research in Science Teaching*. Vol. 46, no. 2, pp. 192–209
- Quesada, R.; Salas, N.; Arguedas, M; Botero, R. (2007). “Generación de Energía Eléctrica a partir de Biogás”. *Tierra Tropical* (2007) 3 (2): 139-147
- Roaf, S.; Fuentes, M.; Thomas S. (2001),“ Ecohouse a design guide”, Scribe Design, Gillingham, Kent
- Salas, J. (2001). “El planetario como medio de enseñanza”. *Sociedad Geográfica de Colombia*. pp 2.
- UWM Manfred Olson Planetarium. (2012).” Manfred Olson Planetarium welcomes over 10,000 visitors in 2011”. <http://www4.uwm.edu/planetarium/news/2011attendance.cfm> , 10/02/12
- Worldwide Planetariums Database (2010), America, <http://www.aplf-planetariums.org/en/index.php> , 14/01/12

### ***Authorization and Disclaimer***

*Authors authorize LACCEI to publish the paper in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.*