

Estudio de Velocidad y Dirección del Viento en el Complejo Astronómico Andrés Bello

Oliver Christopher López^{1,2,3,4,5}, Janeth Rivas Silva^{1,6,7}

¹ Complejo Astronómico Andrés Bello, www.olichris.jimdo.com

² Sociedad Venezolana de Aficionados a la Astronomía, www.sovafa.com

³ Planetario Humboldt, www.planetariohumboldt.com

⁴ Sociedad Astronómica de Venezuela

⁵ Asociación Americana de Observadores de Estrellas Variables, <http://www.aavso.org>

⁶ Universe Awareness

⁷ U.E.N Aguedo Felipe Alvarado

olichris26@gmail.com, janethrivas8@gmail.com

RESUMEN

En el presente trabajo se estudia la velocidad y dirección del viento en el Complejo Astronómico Andrés Bello, ubicado en la población de Bobare del estado Lara en Venezuela, se usaron instrumentos contruidos con material reciclado de fácil acceso.

Palabras clave: Astronomía Observacional – Meteorología – Climatología – Relieve – Topografía – Orografía.

1. INTRODUCCIÓN

El viento es un factor que entorpece las observaciones astronómicas debido al movimiento que produce en el telescopio. Su consecuencia son los trazos del movimiento de las estrellas en las imágenes y la pérdida de las estrellas menos brillantes, pudiéndose perder secuencias enteras de imágenes. La imagen 1a, muestra la región del reloj de arena en la nebulosa de la laguna M8 en Sagitario, se obtuvo con una webcam Celestron NexImage modificada para larga exposición¹ montada en un telescopio reflector Orión Skywatcher de 0.2 m desde el centro de la ciudad de Cabudare, la noche del 4 de agosto de 2016 a las 20:12 Hora Legal de Venezuela (HLV), el tiempo de exposición fue de 10.1 segundos, y se uso para la captura el software gratuito wxAstroCapture V 1.7-2. No tiene pre-tratamiento por esto se ven píxeles calientes debayerizados en verde y rojo. Con un ligero error de seguimiento, las estrellas son bastante puntuales.

Imagen 1a, 1b



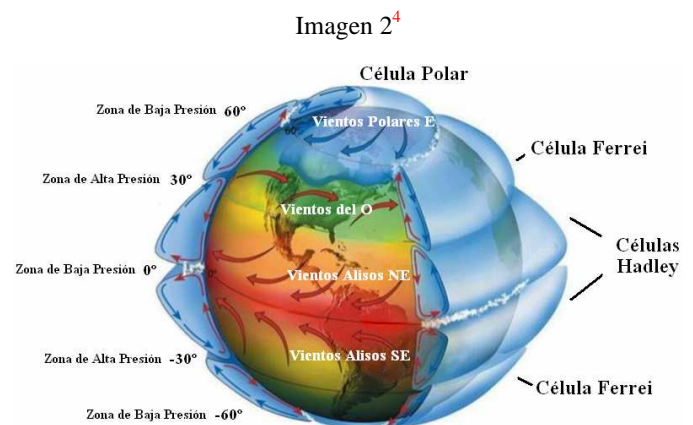
La imagen 1b es otro cuadro de la misma secuencia, donde el viento produjo vibraciones en el telescopio durante los 10.1 segundos que demora la captura, este molesto efecto aun por escasos segundos, podría hacer inservibles las imágenes.

Debido a las fuertes ráfagas de viento que se producen en el sitio

del Complejo Astronómico Andrés Bello, se decidió realizar un estudio de la velocidad y dirección del viento, para evaluar el diseño de la cúpula, y evaluar un modo de minimizar su efecto, cuando estas penetren dentro de la misma al realizarse observaciones que impliquen el apuntado de la ventana de la cúpula, hacia la región Sur-Este, que es de donde proviene el viento la mayor parte del tiempo. El estudio se realizó en el sector el Cujisal de la población de Bobare, Lat: 10° 16' 31,7" N, y Lon: 69g 27m 45,8s O, Altura: 655.3 msnm².

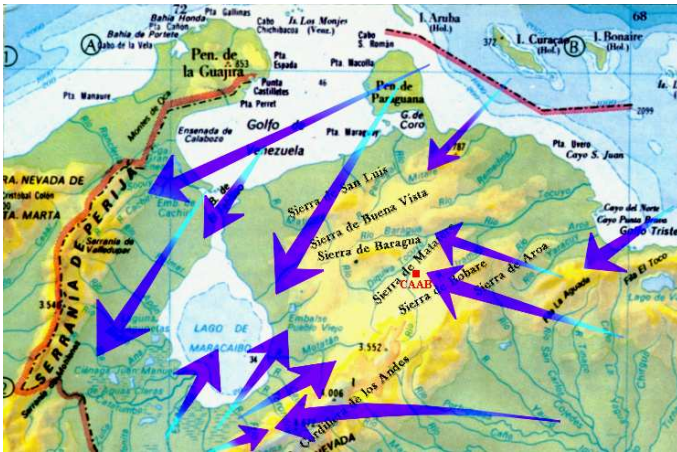
1.2 Dinámica de los Vientos

Los vientos son corrientes de aire horizontales que se producen por la diferencia en sus temperaturas, el aire más caliente por tener menos presión (ciclones), es más liviano, entonces tiende a ascender y a desplazarse sobre el aire más frío y denso (anticiclones)³. A nivel global, el aire caliente del ecuador se eleva y es sustituido por el aire frío procedente de las regiones polares, generándose una corriente global desde los polos hasta el ecuador a nivel de la superficie terrestre, y en sentido inverso



en las capas altas de la troposfera <15Km, estas corrientes son desviadas por la rotación terrestre produciendo los vientos polares del Este, a 60° los vientos del Oeste, y hacia el ecuador los vientos alisos del Noreste (NE) y Sureste (SE)⁵. Estos últimos se interceptan en la Zona Intertropical de Convergencia (ZITC) ubicada a 2° de latitud norte en Enero y se desplaza 4° mas al norte (6° norte) en Julio, esto ocasiona que en Diciembre-Enero predominen más los alisos del Noreste y el Junio-Julio los del Sureste⁶. Estos últimos son los que predominan en Bobare atravesando las sierras de Bobare y Aroa (ver imagen 3).

Imagen 3⁷



Adicionalmente los vientos quedan perturbados por ciertas configuraciones de relieve, en nuestro caso por el sistema coreano, un sistema de sierras alargadas y paralelas que emerge entre la Cordillera de los Andes y la Cordillera de la Costa en el periodo Plioceno⁸ del Cenozoico (entre 7 y 1.8 millones de años)⁹, y cuyo levantamiento fue consecuencia de los procesos tectógenos que dieron origen a estas otras dos cordilleras. Las alturas de este sistema oscilan entre 1000 y 1500 m, y lo conforman de Norte a Sur, las Sierras de San Luís, Buena Vista, Baragua, Matatere, Bobare y Aroa⁸.

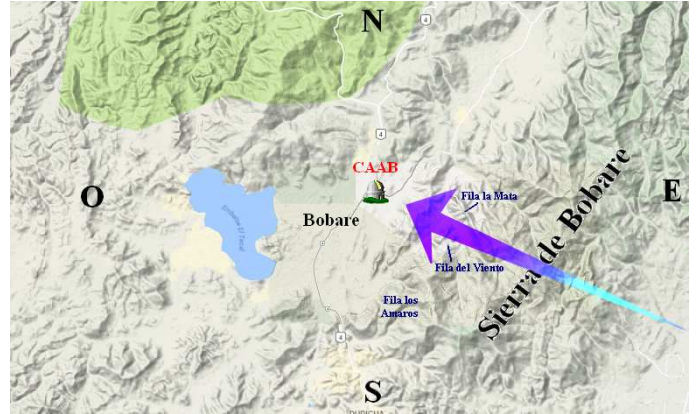
La geografía local modifica las corrientes de aire de tres modos distintos: vientos de pendiente, vientos costeros y vientos de montaña, la población de Bobare se encuentra en una depresión (ver imagen 4), lo que permite solo el primero y el último tipo.

Los vientos de pendiente, llamados también brisas del valle, se originan por la diferencia de temperatura que se produce entre las cumbres de las montañas y las depresiones del valle, luego de la irradiación solar diurna. Durante la noche las brisas soplan desde la cima hacia el valle, ya que este, al abrigo del descenso de temperatura nocturna, retiene durante más tiempo el calor acumulado por la irradiación solar, así el aire caliente se eleva permitiendo el descenso del aire frío. En el periodo diurno el flujo de los vientos de pendiente adopta sentido inverso “del valle a la montaña”^{5,3}.

Los vientos de montaña soplan a través de los huecos y hacia las

regiones bajas de las cadenas montañosas^{5,3}.

Imagen 4¹⁰



2. MÉTODO

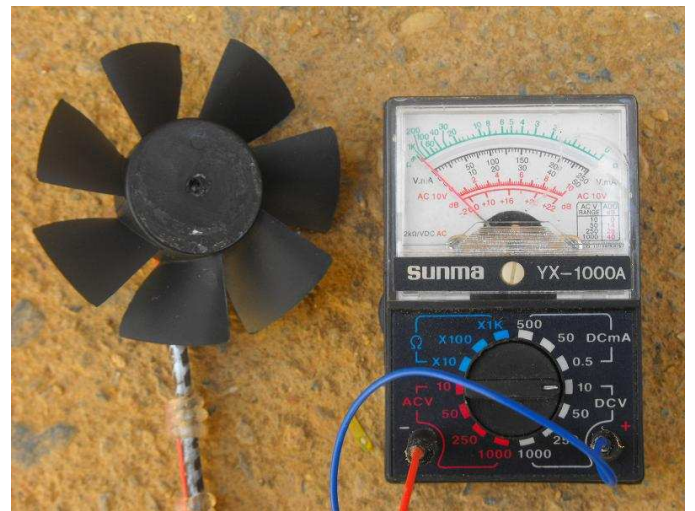
Para la medición se requería de un anemómetro, por no disponer de este se construyo uno con materiales de desecho, las herramientas y materiales se enumeran al la tabla 1.

Tabla 1

1	Hélice de Fan-Cooler de PC
2	Motor de unidad de DVD dañada de 3.4 V
3	Pistola de silicón y barra de silicón para derretir
4	Multímetro (en nuestro caso era de aguja “galvanómetro”)
5	Pegamento Instantáneo Extrafuerte (Pega Loca)
6	Trozos de Cable Reciclado
7	Trozo de Cabilla de 4 mm
8	Trozo de Mecatillo Sintético

El montaje final del instrumento se puede ver en la imagen 6.

Imagen 6



El Trozo de Mecatillo Sintético se sujeto al extremo de una cabilla de la construcción, para monitorear la dirección del viento. Con la constelación de Casiopea y el gran triangulo del norte se determino el norte, y con la estrella polar se trazó una marca con los puntos cardinales en la viga de carga.

2.1 Calibración del Anemómetro

Para elegir la escala adecuada para las medidas, y conocer el rango de valores generado por el viento en el sito del estudio, se comenzaron a tomar las medidas una semana antes de la calibración del instrumento, el día 11 de octubre de 2017 a las 10 de la mañana con 7 minutos, a la altura de la plataforma de observación, a 4.3 m del suelo. Todas las escalas en mA (Miliamperios) del multímetro: 0.5, 50 y 500 mA, fueron saturadas por la corriente producida por el motor movido por la hélice, por lo que se escogió para las medidas, la escala de voltaje en el rango de 0 a 10 V.

Como no se contaba con otro anemómetro profesional para corroborar los datos, se realizo un procedimiento basado en la Tercera Ley de Newton, que postula: *“Siempre que un cuerpo ejerce una fuerza sobre otro, este ejerce una fuerza igual y en sentido opuesto sobre el primero”*¹¹. Entonces, basado en esto, si viajamos en un automóvil a 50 Km/h, pero asumiéramos que el vehiculo esta en reposo, seria el aire el que incidiría sobre el vehiculo a 50 Km/h. De este modo con al anemómetro descrito, se midieron las lecturas en voltios y Km/h del velocímetro de un automóvil **FIAT Siena / ELX 1.4** en movimiento a diferentes velocidades, no se hizo un recorrido especial con tal finalidad, solo se usaron 4 itinerarios habituales de una familia, omitiendo valores que coincidieran con la dirección Este, para evitar brisa que no fuera ocasionada por el movimiento del vehiculo.

Tabla 2

V	Km/h	V	Km/h	V	Km/h	V	Km/h
0.8	10	3.0	40	3.5	64	4.1	50
1.0	12	3.0	40	4.0	36	4.2	60
1.0	20	3.0	40	4.0	38	4.5	40
1.0	20	3.0	40	4.0	38	4.5	52
1.0	30	3.0	40	4.0	42	4.5	54
1.5	30	3.0	40	4.0	42	4.5	70
1.5	35	3.0	42	4.0	50	4.5	75
1.8	20	3.0	45	4.0	50	5.0	58
2.0	18	3.0	45	4.0	50	5.0	60
2.0	25	3.0	50	4.0	50	5.0	60
2.0	30	3.0	60	4.0	50	5.0	60
2.0	35	3.0	64	4.0	52	5.0	62
2.0	37	3.0	65	4.0	52	5.0	70
2.0	40	3.0	66	4.0	55	5.0	72
2.0	43	3.0	68	4.0	55	5.0	85
2.0	45	3.1	40	4.0	55	5.0	89
2.5	30	3.1	40	4.0	58	6.0	65
2.5	45	3.5	36	4.0	60	6.0	75
3.0	28	3.5	42	4.0	60	6.0	80
3.0	32	3.5	50	4.0	60	6.0	80
3.0	39	3.5	55	4.0	65	6.0	80
3.0	40	3.5	56	4.0	90	6.0	80
3.0	40	3.5	60	4.1	48	8.0	95

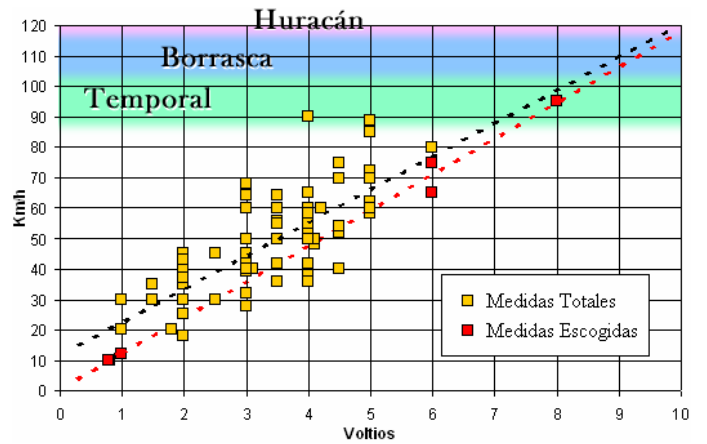
Estas se hicieron dentro, y en los alrededores de la ciudad de Cabudare, los días 17 y 18 de octubre de 2017. Se obtuvieron 92 medidas mostradas ordenadas de menor a mayor voltaje en la tabla 2.

El rango de lectura del velocímetro era de 0 a 220 Km/h, los itinerarios cubrieron el rango de 0 a 95 Km/h que equivale al rango de entre 0 y 8V en el multímetro, como se aprecia en la grafica 1, que se genero con los valores de la tabla 1. En esta se establece la línea de regresión que ajusta los valores entre voltios y Km/h cuya relación esta dada en la Eq 1. En la grafica también se indican los límites de velocidades a partir de cuando los vientos son un Temporal, una Borrasca y un Huracán¹².

Eq 1. Km/h = 10.872*Voltios + 11.314

El punto 0 de + 11.314, es el producto de la dispersión de los datos, lo que esta ocasionado por un error sistemático originado del hecho, que cuando se cambiaba de velocidad, la hélice y la aguja del multímetro respondían de modo gradual produciendo retardos el registrar el cambio de velocidad, y muchas medidas fueron afectadas por esto. Sin embargo, se aprecia un limite inferior en la nube de puntos, la cual concuerda con la convergencia natural de 0 V = 0 Km/h. Por lo tanto, en vez de omitir el punto 0 al aplicar la relación dada en la Eq 1, se prefirió establecer una segunda relación tomando en cuenta solo los 5 valores en negrita de la tabla 1, indicados con cuadros rojos en la grafica 1, ajustándose mejor el limite inferior Eq 2.

Grafica 1



Esta produce un punto 0 de + 0.2699, que se omitió en la transformación de los valores, por no comprometer el intervalo de confianza en los resultados finales. La diferencia en los resultados con respecto a la primera relación sin punto cero para 4.5 v, es de solo el 3.7 %, equivalente a un error de solo 2 Km/h.

Eq 2. Km/h = 11.727*Voltios + 0.2699

En la imagen 7 el automóvil usado, de izquierda a derecha: Juan Diego Peraza, Mercedes Jiménez, y el primer autor.

Imagen 7



Imagen 9



2.2 Toma de las Lecturas en el sitio del Estudio

Se realizaron medidas de las ráfagas más veloces durante periodos de entre 15 minutos y 1.8 horas a intervalos de cada 2 o 3 horas (Imagen 8), a la altura de la plataforma de observación a 4 mts 30 cm de altura con respecto al suelo (Imagen 9).

La medida GPS de la sección 1, se tomo a 1 m de altura del suelo, así que la altura de medición fue de:

$$652 - 1 + 4.3 = 655.3 \text{ msnm.}$$

Imagen 8



2.3 Tratamiento de los Datos

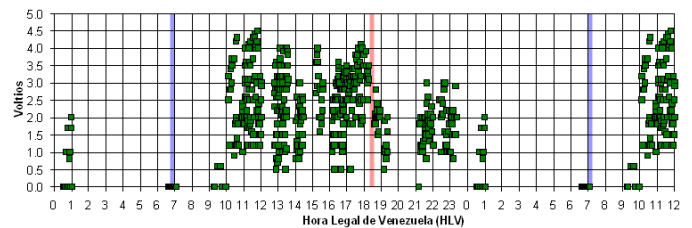
La hora fue convertida a hora decimal para su adecuada representación en las graficas, para esto los minutos se sumaron a la hora entera, luego de multiplicarse por la constante 0.016, que es el resultado de dividir una unidad entre 60 minutos: $1/60$.

Así por ejemplo: 30 minutos equivale a: $30 * 0.016 = 0.5$ horas.

3. RESULTADOS

La grafica 2 muestra las 511¹³ medidas obtenidas entre el 11 y 16 de octubre de 2017. Las líneas verticales azules y rojas indican el momento de salida y puesta de Sol respectivamente.

Grafica 2



Como se tomaron los máximos de velocidad consecutivos, y el intervalo entre estos es de alrededor de 1 minuto, esta fue la tasa de muestreo (1 medida por minuto aproximadamente).

3.1 Comportamiento Encontrado en el Viento

Según lo encontrado los vientos comienzan desde las 10 de la mañana alcanzando un máximo a las 11:45 y van decayendo a lo largo de la tarde. En la noche, llegan a ser nulos alrededor de las 12 de la noche, con subidas muy poco ocasionales cuya duración es de escasos segundos, y cuyos picos siguen la tendencia a valores menores vistos en las horas anteriores. La dirección del viento aunque sigue la tendencia diurna, muestra corrientes ocasionales de aire provenientes del Norte.

La grafica 3 muestra los valores convertidos a Km/h usando Eq2, y se puede ver que los vientos con velocidad máxima registrados en los días del estudio, ocurrieron a las 11:45 de la mañana, y fueron de 52.77 Km/h.

En la grafica 4 se presentan las horas de la noche. A las 23 horas el viento oscila entre 11 Km/h con picos de 30 Km/h haciéndose nulo para las 0.0 horas con ráfagas del Norte y NorEste muy suaves de 20 Km/h, y muy poco frecuentes, de escasos segundos (solo 6 en la sesión encerrada en rojo). En la madrugada no se registra actividad, lo que se mantiene hasta las 10 de la mañana.

En la grafica 5 se muestran los valores en colores diferentes para cada día del estudio. Allí se puede ver, como hay días con viento más alto y días con viento mas bajo, pero todos siguen la tendencia general a la caída en velocidades después del pico visto antes de mediodía, incluso se aprecia que para los diferentes días la pendiente de esta caída, es la misma.

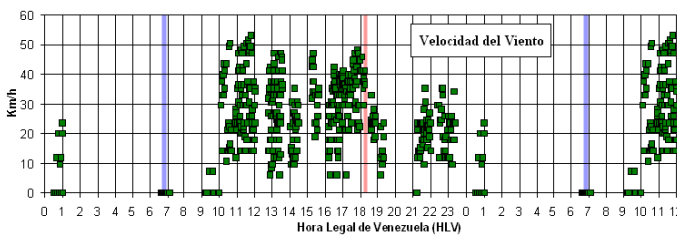
La grafica 6 se ha producido para esclarecer si había alguna tendencia entre la velocidad del viento y su orientación. Aquí se ve que para todos los días del estudio, el viento con mayor velocidad provino del SurEste (SE) y del Este-SurEste (ESE), siendo los vientos provenientes del Sur (S) y Sur-SurEste (SSE), mucho mas lentos. Los vientos provenientes del Norte (N) y Nor-NorEste (NNE) son aun más lentos, y solo se presentan en raras ocasiones en las horas de la noche. Sin embargo esta grafica no nos permite conocer cuanta cantidad de viento provino de cada orientación, por lo que se ha generado una grafica más (grafica 7), donde se muestra la cantidad de medidas, en función de la orientación.

Como en los días 11 y 12 no se registro la dirección del viento, se usaron solo 338 medidas del total mostrado de 511.

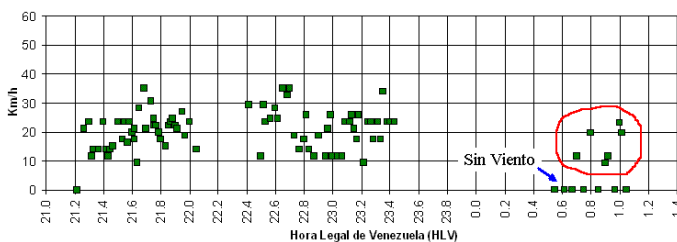
El 43.49 % del viento se presenta desde el SurEste SE, el 34.02 % del Este-SurEste ESE, 12.13 % del Sur-SurEste SSE, 7.69 % del Este E, el 1.18 % del Sur S, el 0.88 del Nor-NorEste NNE y otro 0.29 del Norte N.

Una grafica más con los vientos para las horas de entre 11 y 12 de la mañana a lo largo del año, -que es momento donde se presenta las máximas velocidades-, podría indicarnos la velocidad máxima en el año de los vientos en el sitio. Sin embargo, dado que en condiciones de tormenta o huracán no se recomienda realizar observaciones astronómicas, no sería significativo para el estudio, ya que no se realizarían observaciones a estas horas del día en estas condiciones.

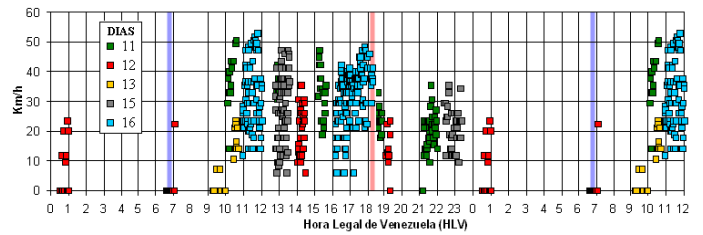
Grafica 3



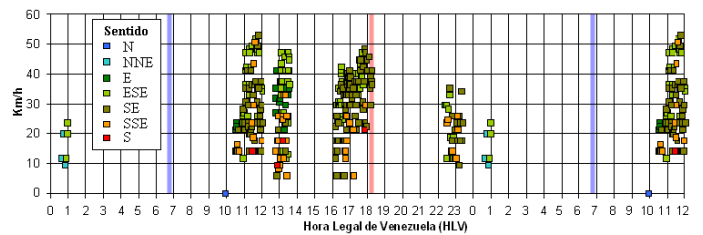
Grafica 4



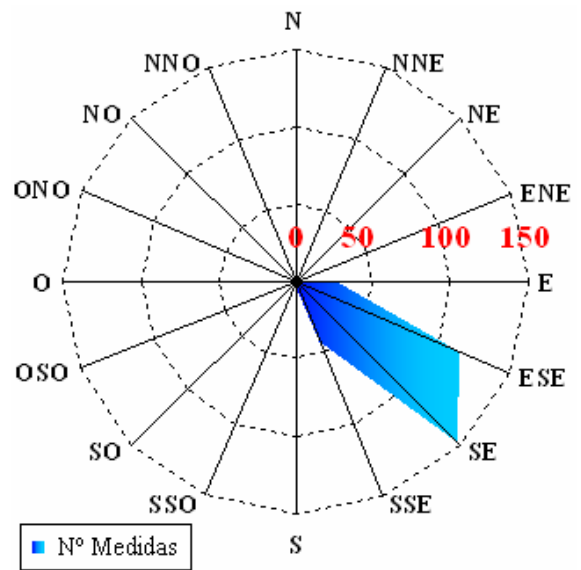
Grafica 5



Grafica 6



Grafica 7



La dirección del viento corresponde a las ciudades de Tamaca y Yaritagua, como se puede ver en la imagen 4 de la sección 1.

3.2 Conversión a Otras Escalas

La conversión de Km/h a Millas por hora y a Yardas/h se puede realizar usando los valores de la tabla 3^{14, 15}.

Tabla 3

Unidad	Valor en Km	Multiplicar Km por
Milla Náutica Internacional	1.852	0.540
Milla Terrestre (EEUU / UK)	1.609	0.621
Yarda (EEUU / UK)	0.914	1.093

Así el viento máximo registrado de 52.77 Km/h, equivale a 28.08 Millas Náuticas por hora, 32.29 Millas terrestres por hora, 56.84 yardas por hora, o si se quiere en términos de navegación: 28 Nudos, ya que un Nudo es una Milla náutica por hora¹⁶.

4. DISCUSIÓN

Los valores máximos y la dirección registrada en este estudio, son consistentes con los valores en un día típico en la ciudad de Barquisimeto, vientos del Este que pueden llegar a 75 Km/h o incluso 80 Km/h¹⁷. En Bobare es muy frecuente ver en el día, corrientes de aire levantando el polvo, según la escala de Francis Beaufort, esto ocurre a partir de 21 Km/h¹². Esto origina una buena cantidad de polvo en suspensión. Los vientos de más de 88 Km/h se denominan Temporales y rara vez se sienten en tierra firme, a partir de 102 Km/h es una Borrasca y a partir de 117 Km/h es un Huracán¹².

En cuanto a la dirección del viento, la grafica 7 revela que el relieve local no influye en la modificación de su dirección, ya que el viento para esta zona proviene del Sureste, como se vio en la sección 1.2. La turbulencia característica de los vientos de montaña viento abajo, al romperse en remolinos después de cruzar la cumbre de la ultima fila de la sierra de Bobare, que en el caso de no ser homogéneo el terreno, empeora por la turbulencia producida de la absorción desigual de calor solar en su superficie¹⁸, no fue vista, seguramente por estar el sitio relativamente alejado del pie del borde de la sierra. La travesía de este viento por la sierra de Bobare, es lo que hace este lugar el más seco de la región, un aspecto estudiado en otro documento¹⁹.

4.1 El Viento y las Observaciones

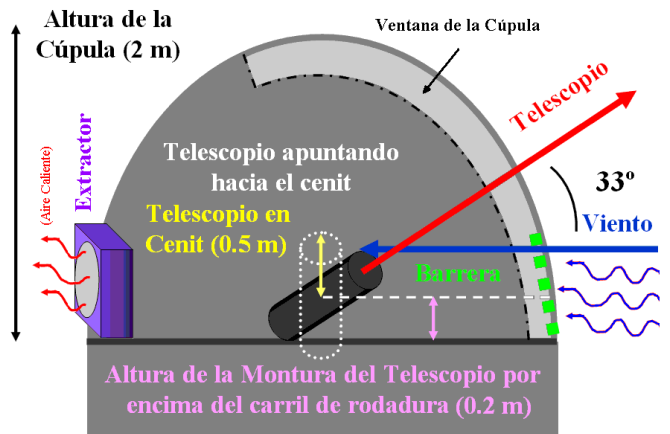
Aunque el viento se desplaza con fuerza en el sitio, lo estable de su dirección y de su comportamiento, permite una planificación confiable. Así que el lugar puede ser tan bueno como las cumbres montañosas que dan hacia los vientos dominantes que ha cruzado miles de kilómetros de océano plano y frío.

Teniendo en cuenta los resultados, y que el viento adicionalmente al empuje, produce por el lado opuesto (Sotavento) un efecto de succión por el vacío que se produce¹⁷.²⁰. Es conveniente la construcción para el complejo, de cúpulas lo mas aerodinámicas posibles, y de poca altura.

Como entre la 1 y 9 de la mañana HLV, el viento del Este es Nulo en el complejo, se puede observar sin problemas hacia esta región, esto coincide con la posición de los cometas después del perihelio, que se muestran antes del amanecer. Fuera de este intervalo de tiempo, es también posible observar si la fuente astronómica se encuentra por encima de los 33° de altura sobre el horizonte, ya que a esta altura, el uso de una barrera para el viento en la ventana de la cúpula, no obstaculiza la visión del telescopio, considerando las medidas de la cúpula y la disposición del instrumental (ver figura 1). Para alturas menores, el viento entorpece la observación 26° hacia los lados con respecto a la dirección del viento (ver figura 2).

Como se determino en la sección 3 y 4, la región de donde proviene el viento es entre el Este (E) y el Sur-SurEste (SSE),

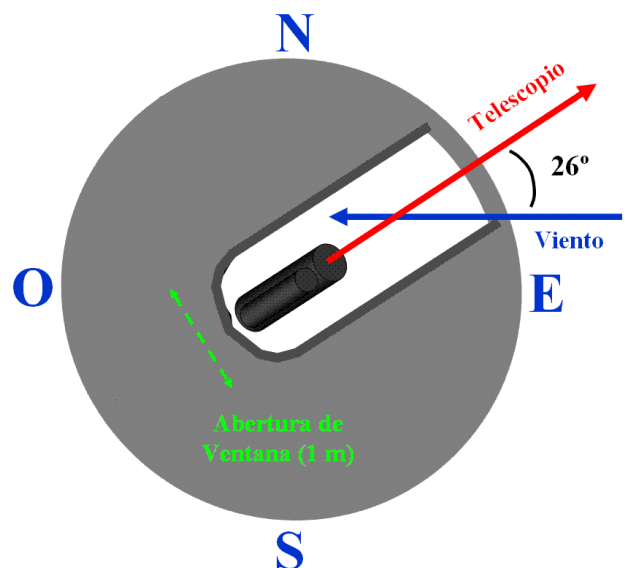
Figura 1



estos dos puntos distan 67.5°. Cuando se apunta hacia el SSE, el rango de acción del viento hacia el sur es también de 26°, lo que produce un rango total de perturbación por el viento de: $26 + 52 + 26 = 119.5^\circ$. El área completa del cielo esta representada por 64800° cuadrados, pero solo podemos ver la mitad de la esfera desde la tierra, es decir la mitad de este valor 32400°, entonces el área limitada por el viento en los momentos de actividad (antes de la medianoche) es de: $119.5 * 33 = 3943.5^\circ$ cuadrados, lo que llevado a porcentaje del cielo observable desde el complejo usando (Eq 3) representa aproximadamente el 12.17 %.

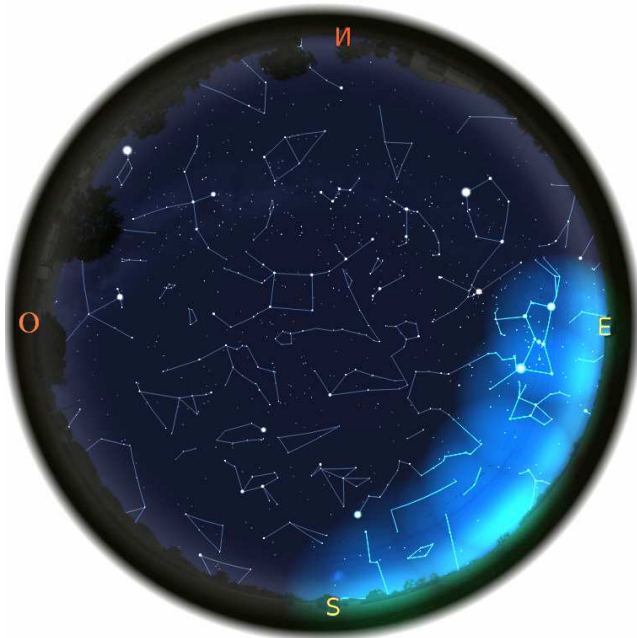
$$\text{Eq 3. Porcentaje del Cielo} = (100 / 32400) * 3943.5 = 12.17$$

Figura 2



La imagen 10²¹, nos da una idea de la parte del cielo limitada por el viento. Corresponde a la vista desde el sitio del estudio para la noche del 16 de octubre de 2017 a las 23:36 de la noche.

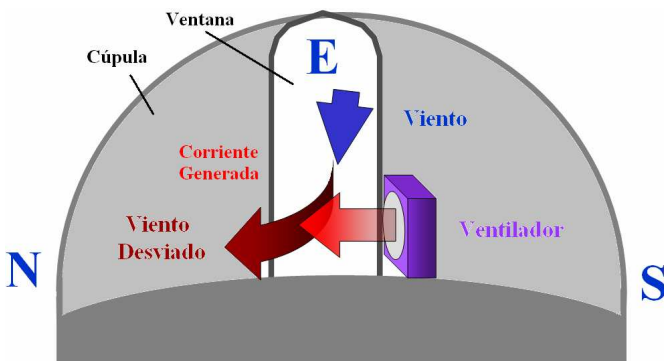
Imagen 10



4.2 Evasión del Viento

En los telescopios modernos como por ejemplo el GTC (Gran Telescopio de Canarias), se usa un sistema de ventanas que permiten que el viento atravesase el interior de la cúpula, lo que permite que pase a través del telescopio, por ser este de tipo armazón, pero para telescopios convencionales con tubo, es necesario el encendido de un dispositivo que se esta evaluando su diseño, para desviar el viento en los casos de la observación de eventos donde no halla modo de evitar el apuntado en sentido E, ESE. Este se basa en un principio básico, como lo es la Primera Ley de Newton, que enuncia: *“Todo cuerpo continua en su estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme, a*

Figura 3



menos que se le obligue a cambiar ese estado por medio de fuerzas que actúen sobre el”¹, según esto, necesitamos un viento de igual velocidad para neutralizar o desviar la corriente de aire. El dispositivo se basa fundamentalmente en un ventilador potente que desvía el viento entrante por la ventana, generando una corriente circular por en interior de la cúpula (ver figura 3), aunque también puede desviarlo de abajo hacia arriba saliendo el viento por la parte superior de la ventana de la cúpula.

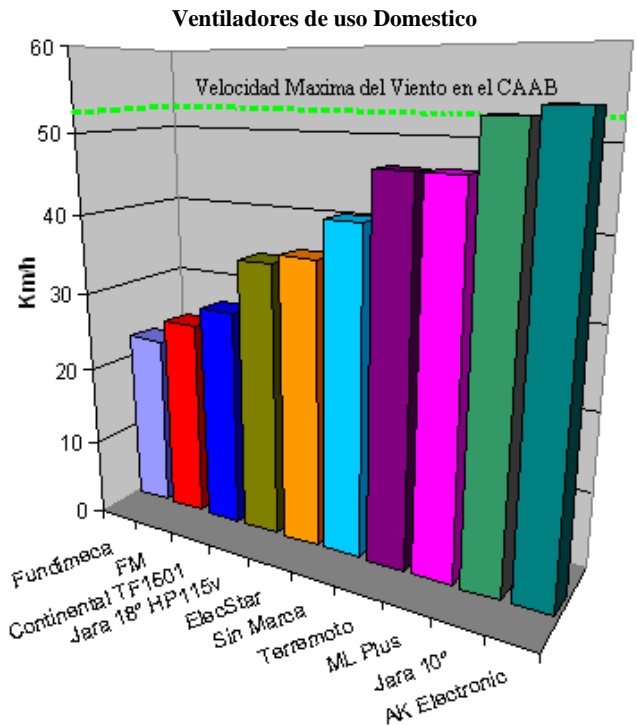
Para tener una idea de los ventiladores adecuados para el dispositivo, se midió la velocidad del viento producido por 10 ventiladores de uso domestico a su máxima velocidad, y sorprendentemente, como se aprecia en la tabla 4 y en la grafica 8

Tabla 4

Marca/Modelo	Voltios	Km/h
Fundimeca	1.95	22.87
FM	2.20	25.80
Continental TF1601	2.40	28.14
Jara 18" HP115v	3.00	35.18
ElecStar	3.10	36.35
Sin Marca	3.50	41.04
Terremoto	4.00	46.91
ML Plus	4.00	46.91
Jara 10"	4.50	52.77
AK Electronic	4.60	53.94

la velocidad de viento máxima producida por algunos de ellos, llena los requerimientos de 52.77 Km/h para el desvío adecuado del viento. Su construcción será publicada en un trabajo futuro.

Grafica 8



4.3 Minimización de la Turbulencia en la Cúpula

Adicionalmente al dispositivo mencionado, un segundo ventilador a modo de extractor, será instalado en la cúpula diametralmente opuesto a la ventana de observación (Figura 1). Su función es no permitir que salga el aire caliente por la ventana de la cúpula para así evitar que produzca turbulencia que perturbe las imágenes, sino que mas bien por esta se mantenga entrando aire frío. La idea fue experimentada en 1992 por David y Carroll Rawn²² luego de obtener excelentes imágenes planetarias desde dentro de una casa en invierno, evacuando el aire por otra ventana de la misma habitación. Tal idea se ha incorporado en los observatorios profesionales¹⁸.

Para minimizar las corrientes de aire dentro del tubo del telescopio, se recomienda extraer el mismo fuera de este, un extractor (fan-cooler de PC) sería una opción, cuidando que no genere micro-vibraciones, esto permitiría también acelerar la aclimatación del espejo a la temperatura ambiente para eliminar la envoltura de aire ondulante circundante. Una alfombra gruesa también se recomienda tener en la plataforma de observación para evitar turbulencia por el calor.

Debido a que la cúpula estará contigua a una casa (ver Imagen 9), los materiales del techo deben ser ligeros para que puedan enfriarse rápidamente, hojas de zinc sin pintar para lograr la reflexión del calor solar¹⁸, el viento estudiado en este trabajo acelerara el proceso, ya que en las horas de la tarde, todavía llega a soplar hasta 47 Km/h.

5. CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos en la sección 3.0 nos llevan a concluir que las condiciones de viento del sitio del complejo son excelentes en todo momento para el rango Norte, Oeste y Sur, pero bastante desfavorables para la estabilidad del telescopio cuando la ventana de la cúpula se encuentra orientada hacia la posición Sur-Este, esto obliga a un diseño lo mas eficiente posible de la cúpula, y al diseño de un sistema para desviar la corriente de aire fuera de la dirección del tubo del telescopio, a modo de evitar vibraciones cuando se observen objetos en este sentido.

Con el conocimiento del comportamiento del viento en el complejo, también se mejora la planificación de las observaciones de objetos que pueden ser estudiados en horas que no coincidan con la orientación del viento, para evitar en la medida de los posible, el uso del dispositivo de desvío.

Al anemómetro se le sujeto en la parte trasera, una veleta elaborada con la lamina de poliestireno (anime), y ha sido incorporado a otros instrumentos¹⁹ dentro de una pequeña estación meteorológica dentro del CAAB, para el monitoreo del viento y otros proyectos con la U.E.N Aguedo Felipe Alvarado, en las asignaciones de Geografía, Ciencias de la Tierra, y el Grupo Estable de Astronomía.

6. AGRADECIMIENTOS

Agradezco especialmente la participación de Gesini Cabrera y Janeliver López por las anotaciones en las lecturas del voltaje, dirección del viento y hora, realizadas en el sitio del observatorio, a Mercedes Jiménez y Luis Eduardo Peraza por la conducción de su automóvil en la calibración del anemómetro, a Juan Diego Peraza por las anotaciones de los valores de voltaje y Km en la calibración, a Marbella Camacaro por prestarme un reloj en día 13 para completar la toma de las medidas de esa sesión, a Julio Veloso por servirme de intermediario para la compra de los equipos usados para obtener las imágenes 1a y b, a Salomón Gómez, Jesús Piñeiro y Rómulo Liporacci por su ayuda en el esclarecimiento del problema de la distorsión ocasionada por la presión que ocasionaban los tornillos de sujeción en el espejo primario del telescopio y el colimado general, ya realizado para el momento de las imágenes 1a y b, a Enrique Torres por la venta del Escáner BENQ Scanner 5000 usado para digitalizar los mapas de las imágenes 2 y 3, y por facilitarme el sitio de observación adecuado para realizar las imágenes 2 y 3, a Iván Acosta Araujo por obsequiarme en 2011 en atlas del nacional y la colección completa de la enciclopedia británica, usados a lo largo del trabajo, a Félix Colmenares por hacer una parada en el sitio del complejo para la medida con su GPS y Sergio Radaelli y Rafael Hernández por su ayuda en la toma de las coordenadas, a Nelson Cumare por informaciones útiles acerca de sitios en Internet con la data de los vientos, a Alfirio Mendoza por facilitarme el programa CorelDRAW y Corel PHOTO-PAINT (TM) Versión 8.232, a Dariana Peraza por sus consejos como ingeniería civil a la hora de los materiales para la cúpula y el posible diseño, a Rut Sánchez por tomar las imágenes el segundo día de la calibración del anemómetro, y finalmente a Humberto Carrillo por aconsejarme siempre la mejor manera de presentar mis trabajos.

7. REFERENCIAS²³

- [1] López, Oliver Christopher (2012). "Modificación Para Larga Exposición (SC1.5) y Modo RAW de la Cámara Celestron NexImage". Los Teques: Complejo Astronómico Andrés Bello. <https://olichris.jimdo.com/app/download/1967035218/Modificacion+de+Camara+NexImage+SC+1.5+y+RAW.pdf?t=1475859252>
- [2] López, Oliver Christopher, Félix Colmenares, Sergio Radaelli y Rafael Hernández 10 de Octubre del año 2012. Medición de coordenadas usando un GPS, y verificadas luego desde Google Map. <http://www.mapcoordinates.net/es>
- [3] Cultural S.A (2004) "Curso de orientación Escolar, Aula siglo XXI, Ciencias de la naturaleza y el Medio Ambiente". (Pág. 35). Madrid. Alfonso Dorado / Ma Luisa Méndez.
- [4] Imagen de las corrientes de viento a nivel global <https://image.slidesharecdn.com/laatmosferaun31213-121202190201-phpapp01/95/la-atmosfera-un-3-1213-75-638.jpg?cb=1354475338>

- [5] Enciclopèdia Britànica Publisher. Inc. (1989 – 1980). Tomo 14 (1ra ed.). (Pág. 286). Barcelona: España.
- [6] Venezuela Mía. “Mapa de los Vientos Alisios de Noreste en Venezuela”.
<http://www.venemia.com/Vzla/VzlaClima/VeneClima6.php>
- [7] Mapa Físico de Venezuela. Empresas Polar (1993), Atlas El Universal Aguilar. (Pág. 182). Guarenas: – Venezuela: Litho-Mundo, S.A. Adaptado y editado usando el mapa de vientos^{a,b,d}
<http://www.venemia.com/Vzla/VzlaClima/VzlaClimaAlisios.jpg>
- [8] José Vargas Ponce & Pablo Emilio García Álvarez (1984). “Geografía de Venezuela 9no Grado Educación Básica”. (Pág. 25, 29). Editorial Romor C.A.
- [9] Vivas Leonel (1992). “El Cuaternario”. (Pág. 5). Mérida – Venezuela: Talleres Gráficos de la Universidad de los Andes.
- [10] Imagen adaptada por el autor de Google Maps 2017.
<http://www.mapcoordinates.net/es>
- [11] Hewitt Paul G. (2008). “Conceptos de Física”. (Págs 67 – 78). México: Editorial Limusa.
- [12] Gilbert A. Sánchez T. “Guía Didáctica Programa Escolar Meteorología en el Aula”.
- [13] El documento Excel con todas las medidas se puede descargar desde esta dirección:
<https://olichris.jimdo.com/investigaciones-realizadas/>
- [14] Ediciones Larousse (1987). “Gran diccionario de las ciencias en color”. Tomo 4 (Pag 718). Barcelona – España.
- [15] Ediciones Larousse (1987). “Gran diccionario de las ciencias en color”. Tomo 6 (Pag 1193, 1198). Barcelona – España.
- [16] Ediciones Larousse (1987). “Gran diccionario de las ciencias en color”. Tomo 4 (Pag 776). Barcelona – España.
- [17] Ing. Darianna Peraza, Comunicación Privada.
- [18] Alan MacRobert (1996). “Derrotando al Seeing” Traducción de Francisco Javier Mandujano Ortiz
<http://www.astronomia.sabanalarga.org/sky/seeing.htm>
- [19] López, Oliver Christopher (en preparación). “Estudio del Clima en el Complejo Astronómico Andrés Bello”. Bobare - Venezuela: Complejo Astronómico Andrés Bello.
- [20] Ediciones Larousse (1986). “Larousse nuevo diccionario manual Ilustrado”. (Pag 824). Barcelona.
- [21] Imagen realizada con el software gratuito Stellarium 0.10.4, de Matthew Gates, y capturada y editada con^{a,b,c y d}.
- [22] ¿Se puede observar desde dentro de una casa? (1992). Revista UNIVERSO, Vol. 12. Nº 36. (Pág. 15). Artículo original publicado en la revista “Astronomy Magazine”.
- [23] Patricio Andino Sosa (2012). “Guía para elaborar citas y referencias bibliográficas”.
https://www.uisek.edu.ec/media/1088/guia_apa_6.pdf
- Recursos usados:
- a) Corel PHOTO-PAINT (™) Versión 8.232 1988 – 1997. 1997 Corel Corporation y Corel Corporation Limited. CorelDRAW - Versión 8.0
- b) Iris 5.59, Christian Buil.
- c) RapiCapWin 1.0.2 de Andrés Carriza
- d) Paint, Microsoft 2003.
- Las figuras 1, 2, 3 y 4 fueron diseñadas por el autor en Powerpoint Microsoft 2003, y capturadas en BMP con RapiCapWin 1.0.2 de Andrés Carriza.
- Las graficas 1 a la 8 fueron realizadas por el autor usando Excel Microsoft 2003 (11.6355.6360) SP1, y editado con Paint, Microsoft 2003.
- La imagen 9 fue obtenida el 23 de Octubre de 2017, a las 7 AM.