

Estudio de Velocidad y Dirección del Viento en el CAAB “Nuevos Resultados”

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

El presente trabajo expone resultados complementarios del comportamiento del viento en el Complejo Astronómico Andrés Bello, y se evalúa la factibilidad de un dispositivo para el desvío del mismo en la ventana de la cúpula del observatorio.

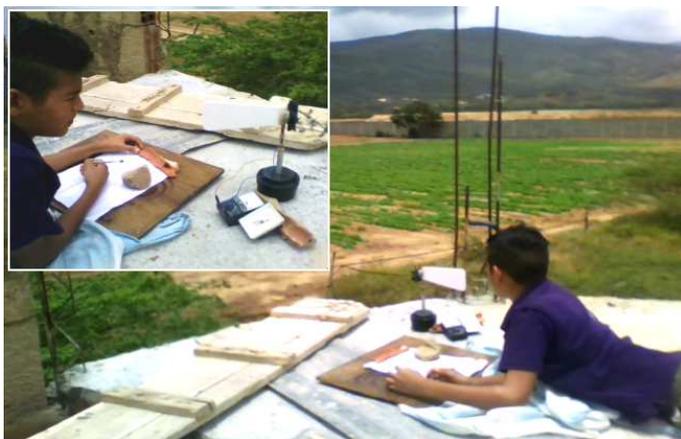
Palabras clave: Astronomía Observacional – Meteorología – Climatología – Relieve – Topografía – Orografía.

1. INTRODUCCIÓN

En un estudio anterior¹ en lo sucesivo (L&R17) se presentaron los resultados del comportamiento del viento en el Complejo Astronómico Andrés Bello “CAAB” en Bobare. Sin embargo, se cubrió un intervalo de solo 3 semanas, periodo que estuvo exento de ventarrones. Aquí se presenta el comportamiento en una cobertura más amplia de tiempo y la velocidad encontrada para varios ventarrones ocurridos en el año 2018.

Adicionalmente se realizan pruebas para evaluar la efectividad del desvío del viento en los momentos donde es inevitable realizar observaciones con la presencia del mismo debido a la orientación de la ventana de la cúpula.

Imágenes 1, 2



Imágenes 1, 2: Oswald Mangarre tomando lecturas de velocidad y dirección del viento desde la plataforma de observación de la cúpula Andrés Bello, estas se obtuvieron entre las 11:22 y 13:28 HLV del 19 de Abril de 2018.

2. MÉTODO

Para la medición se usó el mismo equipo y método descrito en (L&R17), pero para las ráfagas de viento fuerte, se cambió la escala de multímetro a entre 0 y 50 V, ya que se sobrepasaba la lectura de 10 V en la escala de 0 a 10 V (ver sección 3.0).

Conociendo el comportamiento a lo largo del día¹ sabemos que debemos tomar medidas por lo menos en dos periodos del día para tener una pendiente por día. Esto también se ha considerado en este nuevo estudio.

2.1 Re-calibración del Anemómetro

Debido a que se cambió la pila del multímetro, los valores de voltaje para la velocidad del viento variaron, por esto se recalibró el anemómetro con el mismo vehículo usando el método descrito en L&R17. Las medidas se realizaron dentro de la ciudad de Cabudare, el día 6 de julio de 2018. Se obtuvieron 11 medidas mostradas ordenadas de menor a mayor voltaje en la tabla 1. Las medidas mostradas en negrita fueron las que se escogieron para el ajuste.

Tabla 1

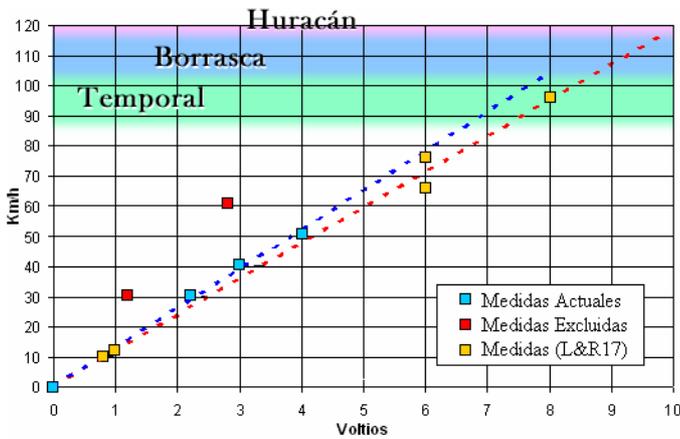
V	Km/h	V	Km/h	V	Km/h	V	Km/h
0.0	0	1.2	30	3.0	40	6.0	65
0.8	10	2.2	30	4.0	50	8.0	95
1.0	12	2.8	60	6.0	75		

La gráfica 1 muestra la relación encontrada Eq1, mientras que la relación obtenida en L&R17 se muestra con Eq2.

$$\text{Eq 1} \quad y = 12.924x + 0.0394$$

$$\text{Eq 2} \quad y = 11.727x + 0.2699$$

Grafica 1



2.3 Dispositivo para el Desvío del Viento

Las pruebas para este dispositivo se realizaron usando un modelo a escala de la cúpula, y dos ventiladores (fan-cooler) de PC, para simular el viento entrante por la ventana y el ventilador que ejerce la fuerza de desvío. El modelo se construyó con materiales de desecho, los telescopios con anime, la cúpula con cartón, que por falta de pegamento fue cocido con hilo (imágenes 3 a 9), y para percibir el movimiento del telescopio se sujetó este a un contrapeso por medio de un hilo de acero muy elástico de guaya de freno de bicicleta (ver imagen 3).

Imágenes 3 y 4



Imágenes 5 y 6



Los fan-cooler eran ambos del mismo modelo: Intel 12 V, pero fueron alimentados con 18 V y 3.5 Amp usando un adaptador de Laptop HP, por lo que la intensidad del viento generado por ambos era la misma, de modo que la variación en intensidad dependería del alejamiento que tuviera el uno del otro.

Las pruebas se realizaron con la mitad de la cúpula abierta para observar la vibración del telescopio de anime y para evitar turbulencia en el interior, estas condiciones simularían el efecto del segundo ventilador interior funcionando como extractor (imagen 7 y 8).

Imágenes 7, 8

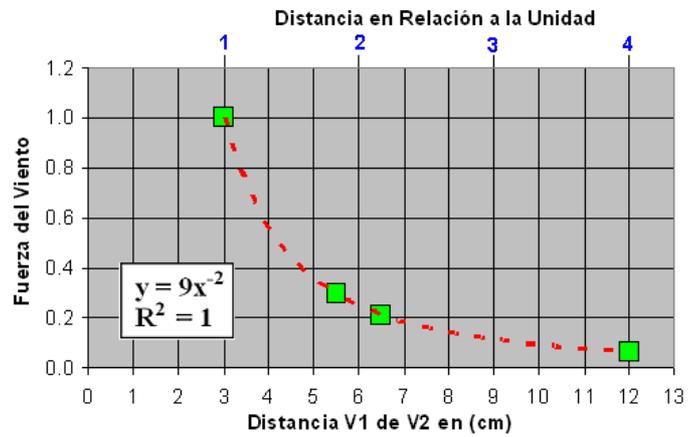


El ventilador de desvío (V2) se dejó inmóvil en un ángulo casi de unos 85° y se dispuso el ventilador que simularía el viento entrante (V1) a 3 distancias decrecientes del telescopio, y por ende del ventilador de desvío (ver imagen 9 vista desde arriba de la cúpula). Sin embargo, como se notó que el ventilador de desvío producía vibración en el telescopio por la turbulencia que generaba en el interior de la cúpula, se repitió la prueba con y sin barreras de protección, las cuales funcionaban como apantallamiento de la turbulencia generada en el interior causada por el propio ventilador de desvío.

Imagen 9



Grafica 2



La tabla 2 muestra la distancia en cm entre el ventilador V1 y el telescopio, y de V1 con respecto a V2, la columna “d” indica la reducción de la intensidad debido al alejamiento de V1 con respecto a V2, es decir cuanto mas débil era la intensidad del viento en V1 con respecto a V2, o matemáticamente: **distancia mínima / distancia actual** (la distancia mínima fue de 5.5 cm), las columnas RED B y RED (-) indican la reducción del movimiento en porcentaje del telescopio modelo con respecto a cuando el ventilador de desvío no esta encendido, RED B para cuando dicho ventilador esta apantallado, y RED (-) para cuando no lo estaba.

Tabla 2

V1	V2	d	d ²	RED B	RED (-)
18 cm	12 cm	0.250	0.063	100%	-100%
12 cm	6.5 cm	0.462	0.213	90%	80%
11 cm	5.5 cm	0.546	0.297	75%	63%
8.5 cm	3.0 cm	1.000	1.000	---	---

fuerzas ocurren al inicio del periodo nocturno 18 horas, correspondiente al inicio del intervalo despejado³, donde las velocidades del viento son del orden de 52 Km/h (ver sección 4) este valor multiplicado por 4.69 es de 244.1 Km/h, una tabla de varias marcas de ventiladores comerciales ha sido analizada en L&R17 que sirve para constatar que tal velocidad es solo alcanzable con un ventilador de tipo industrial. Según estas pruebas para reducir la vibración al 100%, se necesitaría (usando apantallamiento) una velocidad en el ventilador de desvío 15.87 veces mayor al de las ráfagas registradas, esto sería 15.87 * 52 = 825.39 Km/h.

La reducción del movimiento se cuantifico visualmente, según la proporción de las vibraciones del telescopio modelo de anime.

Como el viento producido por los ventiladores es un flujo que disminuye su fuerza con la distancia hasta el, el que aminore el viento entrante al aumentarse la velocidad del viento del ventilador de desvío, no ocurre de forma lineal, porque obedece a la ley de inverso de los cuadrados eq3:

Eq 3 Fuerza del Viento = 1 / d²

Donde d es la distancia entre los ventiladores V1 y V2 con respecto a la distancia (3.0 cm) donde sus ráfagas se interceptan con igual intensidad.

Si vemos la tabla 2, nos damos cuenta que cuando el viento entrante (simulado con V1) posee el 0.213 de la intensidad que el ventilador de desvío (V2) o 1 / 0.213 = 4.69, menos de la cuarta parte de su intensidad, la reducción del movimiento en el telescopio es del 90%. La velocidad de las ráfagas de viento más

2.4 Tratamiento de los Datos

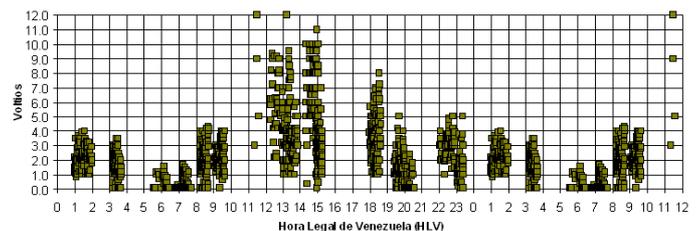
La hora fue convertida a hora decimal para su adecuada representación en las graficas, para esto los minutos se sumaron a la hora entera, luego de multiplicarse por la constante 0.016, que es el resultado de dividir una unidad entre 60 minutos: 1/60.

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

3. RESULTADOS

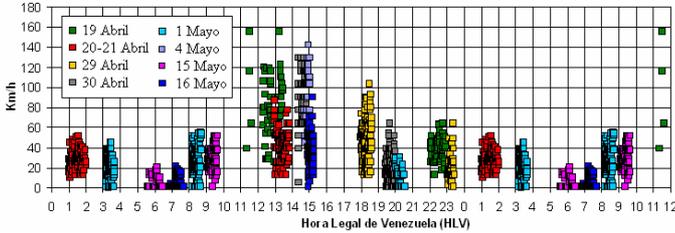
La grafica 3 muestra las 1486⁴ medidas obtenidas entre el 19 de Abril y 16 de Mayo de 2018. Como se tomaron los máximos de velocidad consecutivos, y el intervalo entre estos es de alrededor de 1 minuto, esta fue la tasa de muestreo (1 medida por minuto aproximadamente).

Grafica 3



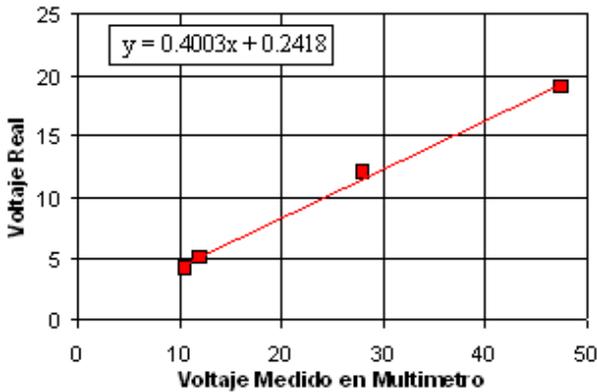
La grafica 4 muestra los valores de velocidad para los diferentes días del estudio convertidos a Km/h usando Eq1 encontrada en la sesión 2.1.

Grafica 4



Se puede ver que los valores de velocidad se encuentran fuera de rango debido al problema con el multímetro, así que hubo que realizar una corrección de estos usando como referencia los valores de L&R17, para esto se usaron dos métodos: el primero superponiendo directamente los puntos en las horas del día donde habían medidas comunes para los dos estudios: a las 1, 13, 15 y 23 horas, y el segundo midiendo la corriente de salida por varios transformadores de voltaje conocido y obteniendo la relación que guardan con las lecturas de voltaje dadas por el multímetro. La relación encontrada se da en Eq 4.

Grafica 5

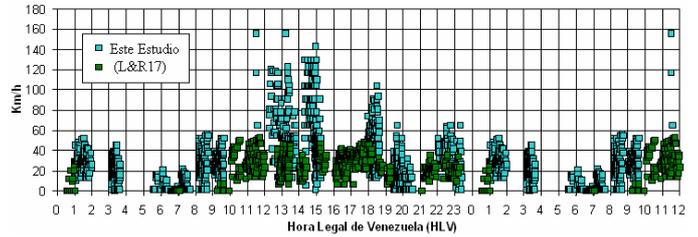


Eq 4: Voltaje Real = 0.4003 * Voltaje Multímetro + 0.2418

Con esta ecuación se corrieron los voltajes obtenidos y luego se transformaron a Km/h usando la relación Eq2 encontrada en L&R17.

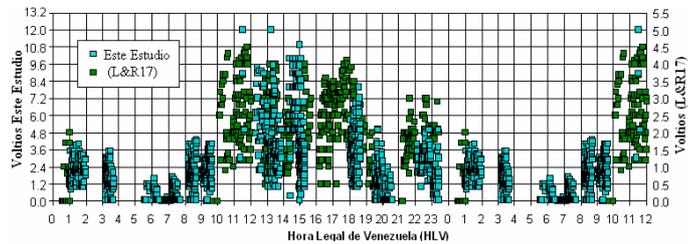
La grafica 6 muestran los valores obtenidos en este estudio en azul turquesa, combinados con los valores en verde oscuro obtenidos en L&R17, se puede comprobar que la superposición de los valores no tiene correlación si no se ajustan los valores de voltaje previamente.

Grafica 6

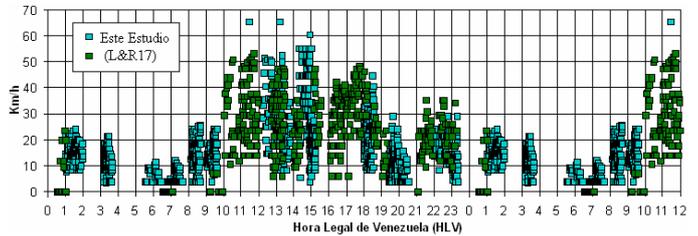


La grafica 7 muestra una buena correlación al usar el primer método, pero dicha correlación es inferior a la que ha sido encontrada usando el segundo método, como se puede ver en la grafica 8.

Grafica 7



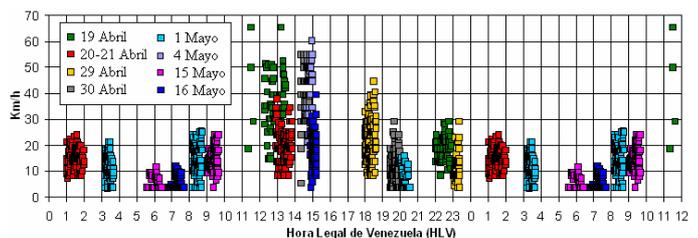
Grafica 8



3.1 Comportamiento Encontrado en el Viento

Según lo encontrado, las ráfagas de viento alcanzan un máximo a las 12 M con vientos registrados de hasta 65.25 Km/h y van decayendo a lo largo de la tarde llegando a espaciarse por muchos minutos durante las horas de la noche y la madrugada, pero nunca se detienen completamente. El mínimo de velocidad

Grafica 9



se alcanza a las 7 de la mañana donde las ráfagas mas veloces que se registraron fueron de 11.96 Km/h, luego comienza de nuevo el aumento de velocidad en las ráfagas con mayor regularidad hasta su pico de nuevo en las horas del medio día graficas 8 y 9.

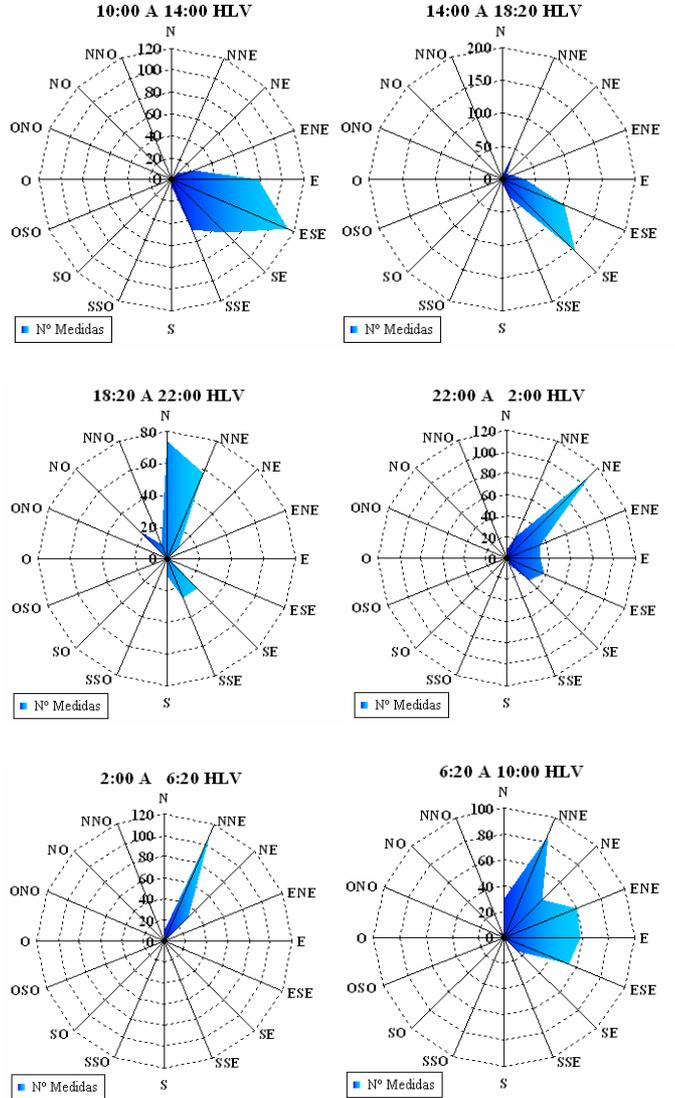
=SI(D2738<2,K2738,SI(D2738>=22,K2738,"")) 22 A 2
 =SI(D2739<=6.3333,SI(D2739>=2,K2739,""),"") 2 A 6.20

3.2 Cambios de Dirección a lo Largo de las 24 Horas

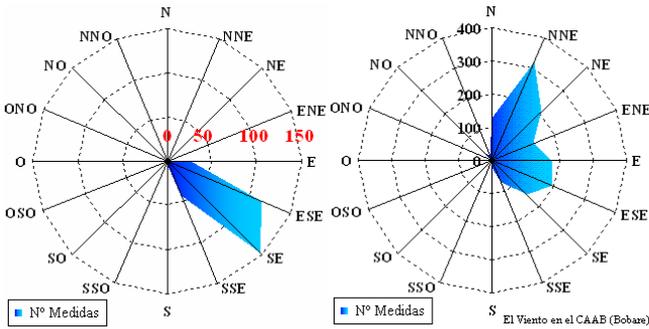
La grafica 10a¹ y b muestra la velocidad del viento en función de su orientación a lo largo de las 24 horas.

La grafica 10b muestra las medidas para todos los días de este nuevo 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 serie de graficas más (graficas 11), donde se muestra la cantidad de medidas, en función de la orientación.

Graficas 11a, b, c, d, e, y f



Graficas 10a, b



Una grafica de la cantidad de ráfagas en función de la orientación, nos da una idea de la región dominante, sin embargo, la recurrente orientación del viento de norte a sur en las noches, reflejada en la grafica 5, grafica 5 de L&R17, nos ha hecho pensar que hay un patrón de orientación según la hora, lo que nos hizo separar las medidas en seis graficas, unas para el periodo diurno, y otras para el periodo nocturno. Podemos ver como cambia el sentido del viento dominante. En las horas del día dominan los vientos del SE, pero en las de la noche dominan los vientos del NE. Esto nos llevo a hacer una separación de las ráfagas en seis períodos³ periodos diurnos: 6:20 – 10:00 HLV, 10:00 – 14:00, 14:00 – 18:20, periodos nocturnos: 18:20 – 22:00, 22:00 – 2:00, y fin de la noche (2:00 – 6:20 HLV).

Se separaron las lecturas del sentido del viento según el criterio L&R17 y el día también se separo en 6 periodos: Para separar las lecturas de direcciones se genero un algoritmo en Excel:

=SI(D2737<22,SI(D2737>=18.3333,K2737,""),"") 18.20 A 22

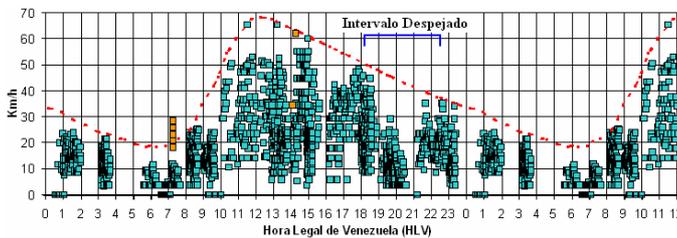
3.3 Ventarrones Registrados

Para la mañana del día 16 de abril de 2018, se registro un fuerte ventarrón que se prolongo intermitentemente entre las 11:30 AM y 15 PM, se midieron frecuentemente ráfagas de 6.8 V y en ocasiones las que superaron los 11.5 V, equivalente según la relación de corrección de voltaje Eq 4, y la transformación a Km/h de la Eq2¹ a 35.24 y 62.66 Km/h respectivamente. La mañana del 23 de Septiembre de 2018 se registró también brisas no acordes con esa hora del día y se estableció vientos de 26.44 y 29 Km/h como se muestran en la grafica 12.

4. DISCUSIÓN

El comportamiento del viento en este estudio a lo largo de las 24 horas y en su dirección, son consistentes con los valores de L&R17. La grafica 12, muestra los valores de velocidad a lo largo de las 24 horas de este estudio combinados con los valores de L&R17, lo que permite una mejor cobertura de las horas de la madrugada, vemos que el viento nunca cae a 0 Km/h en las horas de la madrugada como se había postulado en L&R17, sino que solo aminora la velocidad de las ráfagas, siendo estas mucho mas espaciadas en tiempo, habiendo espacios muy prolongadas sin brisa o con muy poca brisa. Los valores encontrados para los ventarrones se muestran con cuadritos naranja, y son normales para el día 16 de abril, pero para el día 23 de septiembre se alejan del valor habitual de 20 Km/h.

Grafica 12

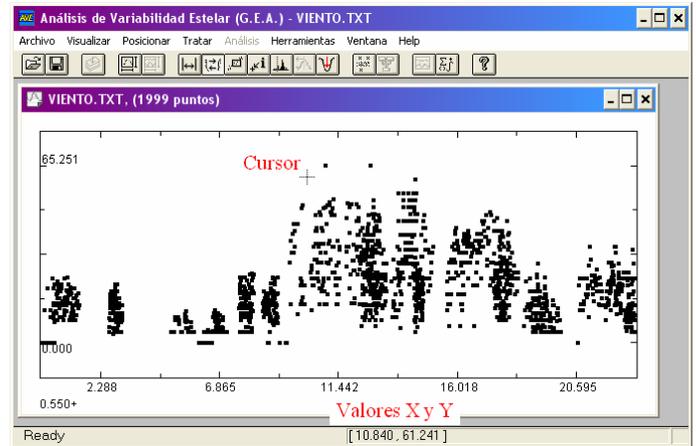


La mayor cobertura temporal nos permite ahora establecer un límite superior de velocidad indicado con la línea discontinua roja. Esta se basa en la misma filosofía usada en el estudio del brillo de los cometas, donde las medidas están esparcidas verticalmente a lo largo del eje horizontal delimitadas por un borde superior de brillo "Envolvente", que marca el verdadero brillo^{5, 6}. En los cometas dicha envolvente se determina fijando contenedores de 10 a 20 días y seleccionando solo los puntos de datos por encima del 95% de la altura de la nube de puntos, entonces se ajustan por mínimos cuadrados con un polinomio de grado entre 1 y 4, y es un elemento tan importante que define la forma de la curva de luz secular cometaria⁵.

En nuestro caso para definir la envolvente se hizo uso del antiguo método "eye-ball"^{7, 8} donde se dibuja una línea a ojo desnudo bordeando los picos de las medidas (línea punteada roja de la grafica 12). Esto se realizó en el programa AVE (Análisis de Variabilidad Estelar)⁹, que muestra en el borde inferior de la ventana de operaciones las coordenadas X y Y del punto donde tengamos posicionado el cursor imagen 13, de este modo se realizaban capturas de pantalla con el cursor moviéndose a lo largo de la envolvente dibujando el borde superior, se anotaron de las capturas los pares de valores de hora y velocidad en Km/h.

Finalmente se ajustaron estos valores con una herramienta online¹⁰ usando un polinomio de 15° que devuelve los valores máximos de viento para cada hora del día en tiempo local Eq 5:

Imagen 13



$$\begin{aligned} \text{Eq 5: Velocidad Km/h} = & -0.00000000000372038637 * \text{HLV}^{14} + \\ & 0.0000000059359064314 * \text{HLV}^{13} - 0.00000004183761638803 * \text{HLV}^{12} + \\ & 0.00000171292978619575 * \text{HLV}^{11} - 0.00004506411388659725 * \text{HLV}^{10} + \\ & 0.00079594582407858085 * \text{HLV}^9 - 0.00958446204069410860 * \text{HLV}^8 + \\ & 0.07845853928919550463 * \text{HLV}^7 - 0.42981577672935403295 * \text{HLV}^6 + \\ & 1.54166273054760097785 * \text{HLV}^5 - 3.57829919743001537368 * \text{HLV}^4 + \\ & 5.61713016473978332549 * \text{HLV}^3 - 6.45511477766734546163 * \text{HLV}^2 + \\ & 1.34838581928981482671 * \text{HLV} + 33.129670618031422266095 \end{aligned}$$

Donde HLV es la Hora Local de Venezuela.

Podemos ver que para el intervalo temporal de menor nubosidad en las noches en el CAAB³, las ráfagas de viento no han caído todavía a los valores mínimos, y vamos a encontrar corrientes entre 40 y 50 Km/h, esto supone la obligatoriedad de la construcción del dispositivo para un desvío del viento cuya descripción ha sido ya expuesta¹, y que su funcionamiento a sido probado con un modelo a escala ver sesión 2.3.

4.1 Resultado del Sistema para el Desvío del Viento

El desvío del viento requiere de un ventilador de gran potencia por lo que supone un costo de inversión que puede ser alto, esto no es tan favorable considerando que la región crítica es pequeña comparada con toda la bóveda celeste.

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 uso obligatorio 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.

6. AGRADECIMIENTOS

Agradezco especialmente la participación de Oswal Mangarré por las anotaciones en las lecturas del voltaje, dirección del viento y hora, realizadas desde la plataforma de observación, a Mercedes Jiménez y Luís Eduardo Peraza por la conexión a Internet para diversas búsquedas en Internet y la publicación del trabajo, y 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 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 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 (™) Versión 8.232, y finalmente a Humberto Carrillo por aconsejarme siempre la mejor manera de presentar mis trabajos.

7. REFERENCIAS¹¹

- [1] López, Oliver Christopher & Rivas, Janeth Silva (2017). “Estudio de Velocidad y Dirección del Viento en el Complejo Astronómico Andrés Bello”. Bobare: Complejo Astronómico Andrés Bello. <https://olichris.jimdo.com/acceso-a-la-data-del-caab/>
- [2] Hewitt Paul G. (2008). “Conceptos de Física”. (Págs 153). México: Editorial Limusa.
- [3] López, Oliver Christopher & Rivas, Janeth Silva (2019). “Estudio del Clima en el Complejo Astronómico Andrés Bello”. Bobare - Venezuela: Complejo Astronómico Andrés Bello. <https://olichris.jimdo.com/acceso-a-la-data-del-caab/>
- [4] El documento Excel con todas las medidas se puede descargar desde esta dirección: <https://olichris.jimdo.com/investigaciones-realizadas/>
- [5] Ferrin Ignacio (2009). “Atlas of Secular Ligth Curves of Comets v 2009”. (Pág. 8). Mérida – Venezuela: Center for Fundamental Phisics University of the Andes. <https://arxiv.org/pdf/0909.3498.pdf> recuperado de Internet el 22 de Mayo de 2018.
- [6] Salvo Mansilla Luis Alberto (2008). “Boattini 2007W1 - Análisis de su Curva de Luz Visual”. (Pág. 8- 10) Disponible en la siguiente dirección <http://www.astrosurf.com/cometas-obs/ArtSoftUtil/Boattini%202007W1.pps> recuperado de Internet el 22 de Mayo de 2018.
- [7] Collins Donald & Anesh Prasai (2009). "Intrinsic Variability of Beta Lyrae Observed with a Digital SLR Camera". Journal AAVSO (Pág. 131). http://www.socastrosci.org/images/SAS_2009_Proceedings.pdf
- [8] Vieira Katherine (May 29, 2018). Comunicación Privada.
- [9] Barberá Rafael “Análisis de Variabilidad Estelar” v2.51. <http://www.gea.cesca.es>
- [10] Andrew Que (sf) “Polynomial Regression A PHP regression class” <http://polynomialregression.drque.net/online.php> recuperado de Internet el 12 de Septiembre de 2018.
- [11] Patricio Andino Sosa (2012). “Guía para elaborar citas y referencias bibliográficas”. https://www.uisek.edu.ec/media/1088/guia_apa_6.pdf