

# Desarrollo de un sistema de monitoreo de variables aerodinámicas para el prototipo túnel de viento.

Jeiber Hugo Gómez Ramos, Guido Aldemar Orbes Trejo  
 Corporación Universitaria Autónoma de Nariño  
 Pasto Nariño  
 jeivergr@gmail.com, guidol704.gt@gmail.com

**Resumen** – El proyecto que lleva utilizar la tecnología como medio para solucionar diferentes tipos de problemáticas tanto sociales y de aprendizaje, lleva consigo un papel importante, mostrando así, la educación como un pilar fundamental. Desde el punto de vista estudiantil es de mucho agrado poder evidenciar de manera real todo lo aprendido en clase.

Lograr todo esto como fuente de desarrollo e investigación universitario y regional, se encontró la manera de poder adecuar un prototipo túnel de viento, con un sistema de monitoreo de variables aerodinámicas, que lleve a aclarar dudas que se presentan al momento de adquirir conocimientos prácticos. Para lograr esto necesariamente se recolectó información de distintos medios virtuales.

Utilizando la innovación como ayuda para generar estudio tanto de manera presencial como por medios digitales que tengan conexión a internet, utilizando la Ingeniería mecánica en trabajos de gran complejidad, lograr que esta se fusione con otros campos que ayudan a dar soluciones muy efectivas y reduciendo costos significativos al momento de ponerlo en marcha como es el caso de monitorear lo que ocurre dentro de un prototipo en tiempo real, utilizando las plataformas IoT como recurso eficiente para hacerlo.

## Abstract

The project that involves using technology as a means to solve different types of social and learning problems, has an important role, thus showing, education as a fundamental pillar. From the student's point of view, it is very pleasant to be able to show in a real way all that has been learned in class. To achieve all this as a source of development and university and regional research, we found a way to adapt a prototype wind tunnel, with a monitoring system of aerodynamic variables, which leads to clarify doubts that arise at the time of acquiring practical knowledge. To achieve this, information was necessarily collected from different virtual media.

Using innovation as an aid to generate studies both in person and by digital means that have an Internet connection, using mechanical engineering in highly complex work, making it merge with other fields that help provide very effective solutions and reducing significant costs at the time of implementation as is the case of monitoring what happens within a prototype in real time, using IoT platforms as an efficient resource to do so.

**Índice de Términos:** *Viento, flujo de aire, variables, aerodinámica, analizar, monitoreo, tecnología, plataforma IoT.*

## I. INTRODUCCION

Los túneles de viento aerodinámicos, son sistemas mediante el aprovechamiento de corrientes de aire de tal manera que puede ser utilizados como instrumento investigativo y tecnológico, el cual se basan en lograr disponer flujos similares presentes en condiciones reales, haciendo factible el análisis del comportamiento de objetos sólidos en condiciones experimentales.

Utilizando un túnel de viento ya existente en el laboratorio de mecánica, de la facultad de ingeniería mecánica, siendo este indispensable para procesos de investigación y aprendizaje en diferentes espacios académicos que influyen en la formación de estudiantes de la Corporación Universitaria Autónoma de Nariño.

La adaptación de nuevas tecnologías que permitan al estudiante analizar de manera oportuna y asertiva de situaciones diarias, para poder llegar a la sociedad desde la región con las distintas industrias, afianzando conocimientos prácticos y de gran impacto, para generar soluciones no solo en el campo de la mecánica sino de muchos más, con tecnologías nuevas y en desarrollo, siempre llevando un deseo de mejorar el entorno donde se encuentra un ingeniero.

## II. OBJETIVOS

- Implementar un sistema de monitoreo como estudio del comportamiento aerodinámico de modelos a escala, en un prototipo túnel de viento.
- Recopilar información sobre requerimientos funcionales que estipulen características de diseño.
- Determinar el sistema de monitoreo que aplique según especificaciones del prototipo túnel de viento.
- Desarrollar el sistema de monitoreo que almacene y visualice información a partir de un proceso de adquisición de datos evidenciando el comportamiento del flujo.
- Realizar manual y guías de operación para establecer el correcto funcionamiento del sistema.

### III. METODOLOGIA

Como desarrollo de la metodología es importante llevar a cabo la investigación descriptiva, se realiza de acuerdo a la propuesta planteada en el desarrollo de antecedentes teóricos, cabe resaltar que no se deja de lado la investigación cuantitativa y cualitativa en cifras documentadas de la existencia de este tipo de equipos en Colombia, comenzando por la recolección de información, dando paso a estructurar el estado del arte con referentes de túneles de viento de ensayos aerodinámicos de modelos a escala, caracterizando la investigación en el prototipo existente en la universidad.

Se ve la necesidad de seleccionar el un sistema tecnológico que genere un mejor desempeño, llevando a ejecutar actividades como adecuación y reconstrucción de prototipo para un estudio y análisis de simulación preciso.

Realizar un análisis de los diferentes dispositivos (sensores), que será utilizados para cumplir con el objetivo planteado, teniendo en cuenta las variables como temperatura, humedad, presión, velocidad y trayectoria del flujo del aire, que son objeto para el análisis aplicando tecnologías IoT, de costos módicos y obtener los resultados planteados siendo estos reales al momento de la recolección de los datos.

Como obtención de resultados por medio del software Arduino como programador de las variables de interpretación de captura de datos registrados de los sensores y haciendo posible corregir errores que por defecto tienen, también se incorpora una pantalla de visualización la cual muestra el comportamiento de variables que conforman el sistema de monitoreo, enviando la información por medio modulo Wifi, a plataforma digital IoT siendo esta la base para que los dispositivos estén interconectados.

### IV. ESTADO DEL ARTE

Los túneles de vientos son creados con el fin de simular controladamente los flujos de aire que se presentan en el ambiente, permitiendo experimentar y dar solución a los problemas aerodinámicos en un sin número de piezas que componen un cuerpo, es indispensable un dispositivo con una función controlada que analice las variables físicas producidas, al igual que conocer de una manera práctica dichos movimientos al entrar en contacto modelos a escala, mostrando resultados en tiempo real y evidenciando una serie de investigaciones y proyectos los cuales ayudaran a comprender el contexto a desarrollar .

Una de las marcas de autos más importante y modernos del mundo que posee un túnel de viento que puede imitar una serie de condiciones atmosféricas como son nieve o lluvia, tiene un diámetro de 13m. crea vientos de hasta 250 kilómetros por hora (Montoro, 2017), ofrece una gran cantidad de datos que son muy relevantes como temperatura, presión, velocidad de viento entre muchos más generando datos precisos que ayuden a mejorar la aerodinámica para reducir los consumos de los vehículos, en la figura 1.



Figura 1. Fijación de vehículo al túnel de viento empresa VOLKSWAGEN (Montoro, 2017).

El túnel de viento subsónico de características ELD 402B tipo Eiffel, pretenden adelantar un sistema de adquisición de datos aerodinámicos con interfaz del usuario del túnel de viento, expandiendo la capacidad de elementos que sean útiles para la obtención de datos utilizando sensores de fuerza de arrastre, de balanza aerodinámica como dinamómetros, velocidad de viento con anemómetros y software LabVIEW siendo este el encargado de visualizar los datos que le entregan los sensores instalados (Leonardo Gómez, Parra Villamil, Galindo López, & Zuluaga, 2018) , observando en la siguiente figura 2. la interfaz gráfica del software. Como resultado la manera adecuada de medición de variables aerodinámicas en tiempo real.

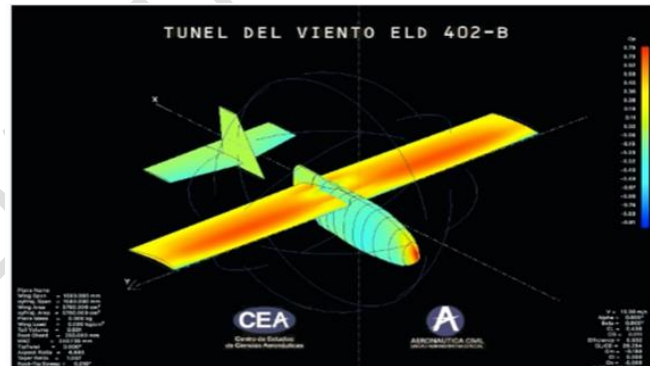


Figura 2. Pantalla principal software LabVIEW, análisis modelo a escala avioneta 210 (Leonardo Gómez, Parra Villamil, Galindo López, & Zuluaga, 2018).

Con la información recolectada se tiene una base datos que permite identificar ciertas variables que se pone a prueba para generar un análisis con mayor información en busca de resultados que ayuden al estudiante a comprender el comportamiento de los fluidos en un ambiente controlado. Permitiendo así que sea factible una implementación y adaptación de nuevas tecnologías que lleven entrelazar de manera eficiente un sistema de monitoreo actual de forma real y precisa.

### V. JUSTIFICACIÓN

La demostración práctica es un recurso para la mejora continua de la educación dando paso al concepto enseñanza-aprendizaje como herramienta de trasmisión de conocimientos, en muchos campos de la formación académica han optado por la inclusión de un modelo participativo donde se permite la interacción hombre-máquina.

En Colombia existen 360 universidades entre privadas y públicas de las cual solo el 3% tienen equipos como túneles de viento aerodinámicos, por tanto, se ve la necesidad de incursionar en la ingeniería con sistemas de investigación tecnológicos que generen un acercamiento a estrategias de desarrollo en ingeniería, tales como la industria 4.0 que es de tipo innovador y que provee de plataformas IoT las cuales se pueden adaptar a las necesidades que se requieren para ser monitoreadas a través de conexión a internet con dispositivos capaces de adquirir una base de datos cuando se crean flujos de aire en una cámara controlada, simulando corrientes a los que se presentan en condiciones reales, para hacer posible el análisis de comportamiento a escala de objetos sólidos en condiciones experimentales.

Sobre este prototipo de túnel de viento, se provee que los estudiantes de la carrera de ingeniería mecánica de la AUNAR puedan afianzar sus conocimientos prácticos complementando la metodología teórica aprendida, dando un valor agregado a la formación integral de profesionales.

La necesidad de incorporar tecnologías capaces de lograr desarrollo práctico en asignaturas como Mecánica de Fluidos que es fundamental complementarla con bases prácticas, ya que los contextos de investigación como simulación computacional (CDF) por medio de algoritmos no son suficientes para conocer de manera directa y visual lo que sucede, con lo planteado se crea un ambiente de aprendizaje operativo donde se ofrece alternativas prácticas de experimentación, precisas y completas en diferentes campos de estudio, exponiendo temas de discusión para la mejora y adecuación de modelos a escala, haciendo posible un control preciso a las fallas que se puedan presentar en su etapa final.

## VI. PROPUESTA DE DESARROLLO.

Se implementa un sistema de monitoreo por medio de adecuación de plataforma IoT (ThingSpeak) que permita la visualización de variables físicas que se generan en un entorno controlado, que recibe datos de los dispositivos (sensores), como Anemómetro (RS485), encargado de obtener y generar datos obtenidos con el giro de sus aspas, mostrando la medición de velocidad promedio del flujo que circula en el interior, instalándolo en la cámara de ensayos del equipo. Sensor de Presión y Altura (BMP280), este dispositivo recolecta información del entorno circundante generando datos de estas variables, al igual que el sensor de Humedad y Temperatura (DHT11) instalados en la cámara de ensayos. Para interacción entre plataforma y sensores se utiliza un dispositivo llamado wifi (Esp8266).

Son los indicados para ello, de bajos costos, con el fin de dar una solución efectiva. Los datos obtenidos son convertidos después en un procesamiento en información, tanto digital como visual que se pueda analizar mediante herramientas software, Figura 3.

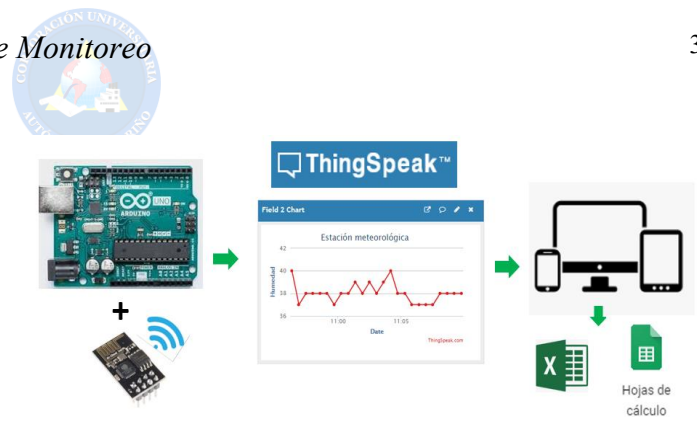


Figura 3. Conexión de dispositivos físico con plataformas IoT para adquisición de datos. (Publicar y almacenar datos en Internet con ThingSpeak).

Como interacción hombre-máquina, realizar una plataforma de monitoreo, la cual mostrara de forma ideal la información clara para el usuario, con valores entregados por los sensores de medición de manera oportuna y real. Al igual de manera presencial se puede observar a través de pantalla TFT LCD las variables que se incorpora en el prototipo.

## VII. RESULTADOS

Como solución a la propuesta planteada, se empezó trabajando con la adecuación del mismo para así lograr dejarlo funcional, en este orden de ideas se inicia con la reconstrucción del panel estabilizador del flujo con aproximadamente 10.000 pitillos, al igual que la reparación de la cámara de ensayos con vidrio y acrílico, como seguridad se instala una malla en la salida del difusor para evitar accidentes de riesgo mecánico, posteriormente se realiza la implementación del sistema de monitoreo. A continuación, se evidencia el resultado en la (Figura 4).



Figura 4. Túnel de viento en funcionamiento.

Se implementó los dispositivos planteados en el panel de control para que su manejo y su desempeño sean óptimos, se realiza un ajuste y cambio de cableado al interior organizando de una nueva forma para que todo funcione bien, como se evidencia en la (Figura 5).

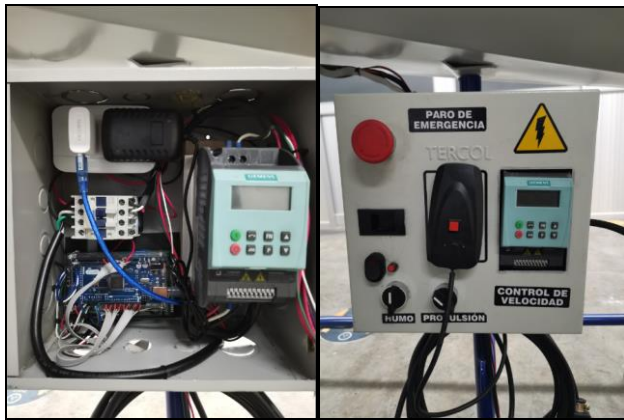


Figura 5. Implementación de dispositivos.

Se realiza pruebas de funcionamiento con una esfera de 20 cm de diámetro y un cubo de 10 cm de lado logrando hacer un estudio de las variables planteadas, los datos son mostrados en la pantalla implementada en el prototipo, como se muestra en la (Figura 6).

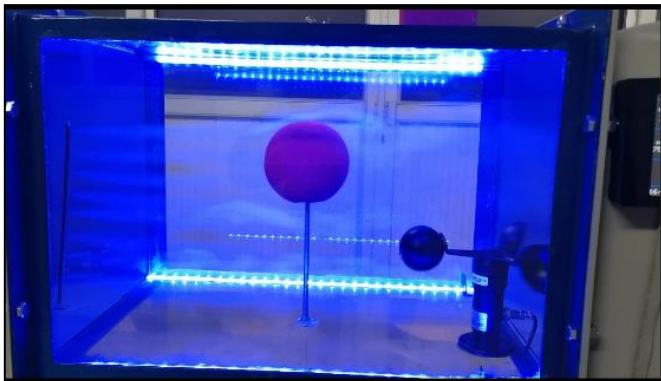


Figura 7: Resultados de Pruebas.

Al igual que su monitoreo en la plataforma ThingSpeak la cual se encarga del almacenar todos sus datos en un archivo de Excel. El sistema de monitoreo puede ser visualizado por cualquier persona que tenga el link de acceso, este fue configurado con acceso al público. Como se puede ver la (Figura 8).



Figura 8: Sistema de Monitoreo en Plataforma ThingSpeak.

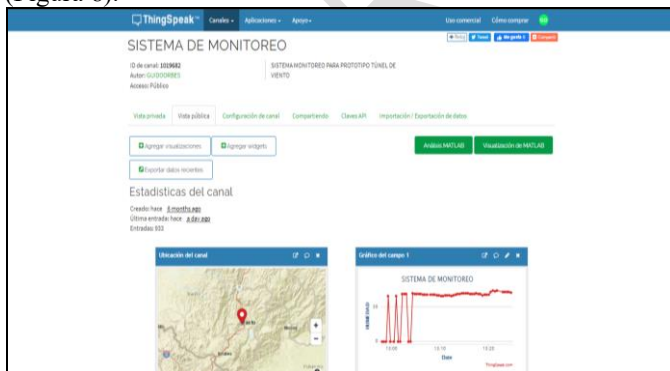
Link de ingreso: <https://thingspeak.com/channels/1019682>.

A continuación, se muestra los datos obtenidos en la prueba realizada de manera física, estos son obtenidos de la plataforma ThingSpeak, se analizan 20 datos en los cuales se puede evidenciar en la (Figura 9).

Fecha	Hora	Numero c	Humedad	Temperatura	Presión	Altura	Velocidad
16/09/2020	10:41:46	0,00	64	16	75633,58	2399,58	0
16/09/2020	10:42:12	1,00	65	16	75567,8	2406,52	7
16/09/2020	10:42:38	2,00	65	16	75551,62	2408,23	7
16/09/2020	10:43:04	3,00	65	16	75576,08	2405,65	7
16/09/2020	10:43:30	4,00	64	16	75623,23	2400,67	7
16/09/2020	10:43:57	5,00	64	16	75696,64	2392,93	7
16/09/2020	10:44:23	6,00	65	16	75810,13	2380,97	7
16/09/2020	10:44:49	7,00	65	17	75783,34	2383,79	7
16/09/2020	10:45:15	8,00	65	17	75767,28	2385,48	28
16/09/2020	10:45:42	9,00	65	16	75727,93	2389,63	28
16/09/2020	10:46:08	10,00	65	16	75703,81	2392,17	7
16/09/2020	10:46:34	11,00	66	17	75705,09	2392,03	7
16/09/2020	10:47:00	12,00	67	16	75705,06	2392,04	4
16/09/2020	10:47:27	13,00	67	17	75707,3	2391,8	7
16/09/2020	10:47:53	14,00	67	16	75712,84	2391,22	7
16/09/2020	10:48:19	15,00	67	16	75711,27	2391,38	7
16/09/2020	10:48:45	16,00	67	17	75714,92	2391	7
16/09/2020	10:49:11	17,00	67	16	75745,39	2387,79	7
16/09/2020	10:49:38	18,00	66	17	75749,47	2387,36	7
16/09/2020	10:50:04	19,00	67	17	75753,97	2386,89	7
16/09/2020	10:50:30	20,00	67	17	75766,83	2385,53	7

Figura 9: Datos generados en Sistema de Monitoreo

Las gráficas a continuación mostradas, son el resultado de la prueba realizada, dando cambios en humedad que van de 64 a 67% observando que cuando un flujo de aire está pasando por el prototipo aumenta el porcentaje de este. En temperatura se evidencia el cambio en de 16 a 17 grados, y en la velocidad donde está la que más influye al notar un cambio más grande que va de 0 a 28 m/s, ya que se genera cambios en el variador de velocidad que van de 10 a 60 nudos. En las variables como presión no se evidencia cambios significativos ya que el flujo de aire solo pasa por ahí, los valores mostrados varían entre 75.551 y 75.707pascales (Pa) y altura no se evidencian cambios significativos ya que es un valor informativo para saber a cuanto se está sobre el nivel del mar con un valor aproximado a 2.400 m. a continuación se pueden ver en la (Figura 10).



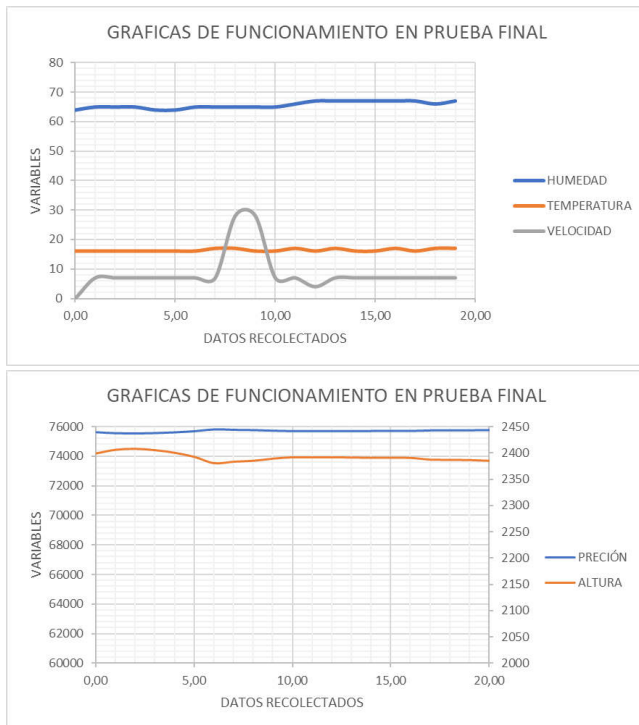


Figura 1: graficas de variables a prueba.

Se realiza el analisis respecto a la simulacion que se realiza en programa, con respecto a la velocidad se encuentran valores que estan en los rangos de 10 m/s a 30 m/s al igual que el resultado obtenido en la prueba fisica. Las demas variables como presion y temperatura ya que fueron colocadas al azar con estandares del programa estan mas elevados, pero se resalta que las variaciones no son significativas al igual que en la prueba fisica.

### VIII. CONCLUSIONES

Al conocer la necesidad y la importancia de un proyecto que contribuya con el aprendizaje, debido a que en la universidad hay una alta poblacion de estudiantes que están cursando la carrera de ingeniería mecánica, es de suma importancia generar un aporte a las asignaturas que tiene un alto grado de adquisición de conocimientos prácticos.

De la mecánica de fluidos tomando el estudio del aire en movimiento como factor principal para los diferentes tipos de industrias, teniendo una amplia cobertura empezando desde el diseño de estructuras, modelado de edificaciones, vehículos. Ayudando así a poseer un mayor impacto en el comercio todo esto basado en la innovación industrial que tiene cobertura en estos campos ingenieriles.

Por esto la idea de poner en marcha un sistema de monitoreo que involucre varias áreas, como es el estudio aerodinámico. por lo que es de gran provecho para el programa de ingeniería mecánica en la universidad, involucrando así tecnologías actuales como la programación y manejo de plataformas virtuales que son instrumentos que han venido tomando importancia en la forma continua del cambio en la educación hoy en día, gracias a esto es posible la realización de este proyecto. Utilizando la electrónica y la placa Arduino se ha logrado un sistema de implementación confiable y preciso con el cual el análisis de datos después de

su ensayo se facilita en gran medida.

Se concluye que, si se puede hacer un proyecto de relevancia con equipos en el mercado a bajos costos como el sensor de humedad y temperatura que oscila entre los 5.000 a 10.000 pesos, al igual que el sensor de presión y altura, el sensor de velocidad entre los 100.000 a 130.000 pesos traído en exportación de china. Es factible hacer esta módica inversión al ver los beneficios que traen para el aprendizaje practico de muchos estudiantes.

Se tiene la seguridad que con una buena instalación de sensores se logra la estabilidad requerida para proponer estudiar variables como, velocidad, temperatura, humedad, presión al igual que poder observar el flujo cómo se comporta al contacto de un objeto.

Las pruebas realizadas de funcionamiento arrojan datos importantes que pueden ser analizados a profundidad en cada una de las asignaturas involucradas, teniendo un valor relevante como es la plataforma ThingSpeak que le permite descargar un Excel el cual contiene almacenado todos los datos tomados en los análisis realizados.

### IX. RECOMENDACIONES

- Para poner en marcha el túnel del viento y tener una visualización de los cambios de variables suministrados por los sensores es importante tener acceso a una red de internet a través de wifi, esto para que el equipo funcione de una manera correcta.
- Utilizar elementos de protección personal como gafas, guantes, overol y tapabocas, ya que son prototipos mecánicos que funcionan con la alimentación de energía eléctrica que pueden generar riesgos y es necesario y obligatorio la aplicación de las normas de seguridad industrial para el bienestar del operario.
- Es de vital importancia realizar aseo y mantenimiento constante a la cámara de ensayos por los residuos químicos generados por la cámara de humo
- La ubicación de la maquina se debe hacer en una parte con buena ventilación, teniendo en cuenta que esta máquina genera humo.

### X. REFERENCIAS

- Adafruit Industries. (24 de 02 de 2020). *adafruit/Adafruit\_BMP280\_Library*. Obtenido de [https://github.com/adafruit/Adafruit\\_BMP280\\_Library](https://github.com/adafruit/Adafruit_BMP280_Library) y
- Alvaro, C. (11 de 02 de 2020). *Qué es una plataforma IoT*. Obtenido de <https://secmotic.com/plataforma-iot/>
- API Keys ThingSpeak. (14 de 03 de 2020). Obtenido de [thingspeak.com/channels/1019682/api\\_keys](https://thingspeak.com/channels/1019682/api_keys)
- Arduino Official Store. (24 de 02 de 2020). *Arduino Mega 2560*. Obtenido de <https://store.arduino.cc/usa/mega-2560-r3>
- Cómo utilizar el DHT11*. (24 de 02 de 2020). Obtenido de <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/sensor-dht11-temperatura-humedad-arduino/>



- Craene, P. d. (13 de 08 de 2020). *ARDUINO*. Obtenido de <https://create.arduino.cc/projecthub/philippedc/arduino-esp8266-rs485-modbus-anemometer-45f1d8>
- Definición en WhatIs.com. (11 de 02 de 2020). *Qué es Internet de las cosas (IoT)*. Obtenido de <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Internet-de-las-cosas-IoT>
- EQUIPMENT, N. P. (18 de 02 de 2020). *NIGHTSUN PRO LIGHTING EQUIPMENT CO.,LTD. CHINA MANUFACTURER*. Obtenido de [http://nightsun.net/cpzxZK/info\\_66.aspx?itemid=1792&lcid=165](http://nightsun.net/cpzxZK/info_66.aspx?itemid=1792&lcid=165)
- Extech Instruments, A FLIR Company. (s.f.). Obtenido de <http://www.extech.com/>
- Jecrespom. (11 de 02 de 2020). *Protocolos IoT Capa Aplicación*. Obtenido de <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2018/11/17/protocolos-iot-capa-aplicacion/>
- Ledbox. (03 de 03 de 2020). *Guía instalación tiras LED*. Obtenido de <https://blog.ledbox.es/informacion-led/instalacion-de-luminarias/consejos-para-la-instalacion-de-tiras-led>
- Leonardo Gómez, E. L., Parra Villamil, J. E., Galindo López, J. S., & Zuluaga, E. (28 de 06 de 2018). Implementación de sistema para la medición de fuerzas aerodinámicas en un túnel de viento subsónico. *Ciencia y Poder Aéreo*, 13, 106-113. doi:10.18667/cienciaypoderaereo.590
- López Llanusa, A., Elena Parnás, V. B., & Catalda Ottieri, J. (12 de 2017). Modelación de capa límite atmosférica para estudios de paneles solares en túnel de viento. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 38, 52-64. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1680-03382017000300005&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1680-03382017000300005&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Mejía Urquijo, S. M., & Cardona Montes, L. J. (2016). AUTOMATIZACIÓN DE UN TÚNEL DE VIENTO PARA ESTUDIOS DE COMPORTAMIENTO DE VUELO DE INSECTOS. Pereira, Colombia. Obtenido de [https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:\\_xak26iC758J:https://core.ac.uk/download/pdf/71399410.pdf+&cd=2&hl=es-419&ct=clnk&gl=co](https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:_xak26iC758J:https://core.ac.uk/download/pdf/71399410.pdf+&cd=2&hl=es-419&ct=clnk&gl=co)
- Montoro, J. (7 de 11 de 2017). *Volkswagen estrena túnel de viento en Wolfsburgo*. Obtenido de SoyMotor.com: <https://soymotor.com/coches/noticias/volkswagen-tunel-de-viento-941837>
- PDAControl. (6 de 04 de 2020). *Prueba Arduino Mega 2560 y ESP8266*. Obtenido de <http://pdacontroles.com/prueba-arduino-mega-2560-y-esp8266/>
- Sassin Electric: Make Electric Safe, S. E. (24 de 02 de 2020). *SASSIN*. Obtenido de <http://www.sassin.com/>
- semiconductors, s. &. (24 de 11 de 2019). *Anemómetros y veletas - Sensorstecnic, Honeywell*. Obtenido de [https://www.sensorstecnic.net/pages/es/productos.php?categoria\\_id=16&subcategoria\\_id=165](https://www.sensorstecnic.net/pages/es/productos.php?categoria_id=16&subcategoria_id=165)
- SIEMENS. (18 de 02 de 2020). *Ventiladores Industriales*. Obtenido de <http://sumecon.com/pdf/Ventiladores%20Industriales.pdf>
- ThingSpeak IoT. (14 de 03 de 2020). Obtenido de [thingspeak.com/channels/new](https://thingspeak.com/channels/new)
- Yepes Murillo, J. M., & Mantilla González, J. M. (17 de 09 de 2017). Rediseño y caracterización del túnel de viento TV-CA-SP-UNB-01 de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá D.C. Obtenido de <http://bdigital.unal.edu.co/58203/>