

**“BERNOULLI, LA ARQUITECTURA Y EL
SIGLO XXI”.**

-CENTRO UNIVERSITARIO MÉXICO

CLAVE DE REGISTRO: CIN2016A20162

-AUTORES:

- CIFUENTES JIMÉNEZ MIGUEL ÁNGEL**
- CUÉTARA MARTÍNEZ JOSÉ**
- GALINDO GÁLVEZ PAULINA DEL CARMEN**
- SÁNCHEZ CALLEJO GRECIA**

-ASESOR: JESÚS FLORES TÉLLEZ

**-CIENCIAS FISICOMATEMÁTICAS Y DE LAS
INGENIERÍAS**

-FÍSICA

-INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL

-MÉXICO D.F.

-19/02/2016

Metodología: Se construirá un prototipo o maqueta de un edificio que permita de hélices colocadas en el edificio en energía eléctrica. La forma general de la maqueta tendrá la forma de un embudo en la parte central que permitirá producir una diferencia de presión que permitirá tener una mayor velocidad en la sección central, como se muestra en la siguiente imagen.



Para la construcción de la maqueta, se compraron dos tablas de madera de 100x50 cm y de espesor 2 cm, pijas de 3 pulgadas y una lámina de polietileno de 200x200cm. Costo de la madera= \$450, pijas= \$20, lámina= \$400.

Se cortaron para la maqueta dos secciones de 40x40 cm, una de 50x50 cm y tres de 100x10 cm.

Las dimensiones de la maqueta con escala 1:100, se muestran en la siguiente figura:

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente, las actividades del ser humano consumen una gran cantidad de energía, que es obtenida de recursos no renovables, como son los combustibles

fósiles, además a mayor población, mayor consumo. ¿Por qué no producir toda esta energía con recursos inagotables? ¿Por qué no buscar nuevas alternativas? Hoy en día, la arquitectura es un medio por el cual se han intentado desarrollar nuevas maneras de sustentabilidad que puedan aminorar el gasto de recursos no renovables, por lo que se han implementado nuevas edificaciones capaces de generar la energía que consumen de una manera simple, disminuyendo el consumo de energía externa. Una manera de solucionar este gran problema, es aprovechando los elementos que nos brinda nuestro planeta, pensamos en sacar beneficio de las corrientes de aire o viento, que generan energía eólica.

HIPÓTESIS

Si se construye una edificación con fachada convexa, entonces obtendremos un punto donde el aire tenga menor presión y mayor velocidad y podrá producirse mayor energía eólica a través de hélices.

JUSTIFICACIÓN O CONJETURAS

Marco Teórico

HIDRODINÁMICA

Se conoce como Hidrodinámica a la rama de la Física que estudia el movimiento de los fluidos, dicho movimiento se encuentra definido por un campo vectorial de velocidades correspondientes a las partículas del fluido y de un campo escalar de presiones, correspondientes a los distintos puntos del mismo.

Otro concepto de importancia en el tema son las líneas de corriente que sirven para representar la trayectoria de las partículas del fluido; ésta se define como una línea trazada en el fluido, de modo que una tangente a la línea de corriente en cualquier punto sea paralela a la velocidad del fluido en tal punto. Dentro de las líneas de corriente se puede determinar una región tubular del fluido cuyas paredes son líneas de corriente, a esta región se le denomina “tubo de flujo”.

ECUACIÓN DE BERNOULLI.

La ecuación de Bernoulli es aplicada a la dinámica de fluidos. Un fluido puede ser gas o líquido y es caracterizado por adoptar la forma del recipiente en el que se

encuentra; esto se debe a que las moléculas de los fluidos no están rígidamente unidas, como en el caso de los sólidos.

La ecuación de Bernoulli se postula como:

“En dos puntos de la línea de corriente en un fluido en movimiento, bajo la acción de la gravedad, se verifica que la diferencia de las presiones hidrodinámicas es igual al peso de una columna de fluido de base unidad y altura la diferencia entre los dos puntos”.

$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh = \text{constante}$$

En esta ecuación, intervienen los parámetros siguientes:

- 1) La presión estática a la que el fluido está sometido. (P)
- 2) La densidad del fluido. (ρ)
- 3) La velocidad del fluido. (V)
- 4) La aceleración de la gravedad. ($g = 9.81 \text{ m/s}^2$ en la superficie terrestre)
- 5) La altura sobre un nivel de referencia. (h)

Para el caso de un flujo irracional a régimen permanente de un fluido incompresible no viscoso, es posible caracterizar el fluido en cualquier punto de su movimiento si se especifica su rapidez, presión y elevación, estas tres variables se relacionan con la ecuación de Bernoulli; en este caso hay que tener en cuenta dos consideraciones:

1. Siempre que un fluido se desplace en un tubo horizontal y se encuentre en una región donde se reduce la sección transversal entonces hay una caída de presión del fluido.
2. Si el fluido se somete a un aumento en su elevación, entonces la presión en la parte inferior es mayor que la presión en la parte superior. El fundamento de esta afirmación es el estudio de la estática de fluidos. Esto es verdad siempre y cuando no cambie la sección transversal del tubo.

VÓRTICES

Un vórtice es un flujo turbulento que rota en espiral con trayectorias de aire cerradas, cualquier tipo de flujo circular o rotatorio que posee velocidad; puede tener flujos circulares o rotatorios que poseen vorticidad, concepto matemático usado en dinámica de fluidos, se refiere a la circulación por unidad de área a un punto en el campo de flujo y puede vincularse con la circulación o rotación de un fluido. Es una magnitud vectorial, con una dirección que es el eje del remolino.

Así es como en dinámica de fluidos, se puede decir que el movimiento de un fluido es “vorticial” si el fluido se mueve alrededor de un círculo, una hélice o si tiende a una espiral alrededor de algún eje.

FLUIDOS

Un fluido es cualquier sustancia que puede fluir, desde el punto de vista de la Mecánica de Fluidos, la materia puede presentarse en dos estados: gas y líquido. La característica fundamental de los fluidos es la denominada “*fluidez*”. Un fluido cambia de forma de manera continua cuando está sometido a un esfuerzo cortante, es decir, un fluido no es capaz de soportar un esfuerzo cortante sin moverse durante ningún intervalo de tiempo. Unos líquidos se moverán más lento que otros, pero ante un esfuerzo cortante se moverán siempre. La medida de la facilidad con que se mueve vendrá dada por la viscosidad que se trata más adelante, relacionada con la acción de fuerzas de rozamiento. Por el contrario en un sólido se produce un cambio fijo y para cada valor de la fuerza cortante aplicada. En realidad, algunos sólidos pueden presentar ambos comportamientos cuando la tensión aplicada está por debajo de un cierto umbral presenta el comportamiento habitual, mientras que por encima de un ese cierto umbral, el sólido puede plastificar produciéndose una deformación más continua para una fuerza fija, de forma parecida a como ocurre en un fluido. Esto es precisamente lo que ocurre en la zona de fluencia. Si la fuerza persiste, se llega a la rotura del sólido.

Así, mientras que un sólido experimenta un desplazamiento definido (o se rompe por completo) bajo la acción de una fuerza cortante, en los fluidos pequeñas fuerzas producen grandes deformaciones no elásticas (en general no se recupera la forma) a volumen constante, que se realizan de forma continua. Mientras que

para un sólido bajo una fuerza cortante constante se alcanza un ángulo de deformación determinado y constante, en un fluido debemos hablar de una velocidad de deformación constante o no, ya que la deformación se produce de forma continua. Dentro de los fluidos, la principal diferencia entre líquidos y gases estriba en las distintas compresibilidades de los mismos.

El movimiento de un fluido real es muy complejo. Para simplificar su descripción consideraremos el comportamiento de un fluido ideal cuyas características son las siguientes:

- 1.-Fluido no viscoso. Se desprecia la fricción interna entre las distintas partes del fluido
- 2.-Flujo estacionario. La velocidad del fluido en un punto es constante con el tiempo
- 3.-Fluido incompresible. La densidad del fluido permanece constante con el tiempo
- 4.-Flujo irrotacional. No presenta torbellinos, es decir, no hay momento angular del fluido respecto de cualquier punto.

VISCOSIDAD

El concepto “viscosidad” nació con Newton, cuando en su obra "*Philosophiae Naturalis. Principia Mathematica*" afirmó que la resistencia ejercida surge a partir de una falta en el deslizamiento de un fluido, si el resto de factores se mantienen, es proporcional a la velocidad a la que las partes de un fluido son separadas entre sí. De este modo, se establece la proporcionalidad existente entre el esfuerzo por unidad de área (F/A) necesario para producir un gradiente de velocidades en un fluido, siendo la constante de proporcionalidad un factor que describe "la capacidad de deslizamiento de un fluido", más tarde esta constante de proporcionalidad fue llamada viscosidad).

De acuerdo con lo expuesto, es posible definir lo que se conoce como: fluido Newtoniano. Por fluido newtoniano se entiende aquel fluido cuyo valor de

viscosidad, a una presión y temperatura dadas, es único para cualquier velocidad de cizalla, siendo independiente del tiempo de aplicación de la cizalla.

ECUACIÓN DE CONTINUIDAD

Cuando un fluido fluye por un conducto de diámetro variable, su velocidad cambia debido a que la sección transversal varía de una sección del conducto a otra. En todo fluido incompresible, con flujo estacionario (en régimen laminar), la velocidad de un punto cualquiera de un conducto es inversamente proporcional a la superficie, en ese punto, de la sección transversal de la misma.

Se basa en que el caudal (Q) del fluido ha de permanecer constante a lo largo de toda la conducción.

$$v_1 S_1 = v_2 S_2$$

Donde:

- S es la superficie de las secciones transversales de los puntos 1 y 2 del conducto.
- V es la velocidad del flujo en los puntos 1 y 2 de la tubería.

Se puede concluir que puesto que el caudal debe mantenerse constante a lo largo de todo el conducto, cuando la sección disminuye, la velocidad del flujo aumenta en la misma proporción y viceversa.

HÉLICES

Los perfiles aerodinámicos que componen una hélice están sujetos a las mismas leyes y principios que cualquier otro perfil aerodinámico, por ejemplo un ala. Cada perfil tiene un ángulo de ataque, respecto al viento relativo de la pala que en este caso es cercano al plano de revolución de la hélice, y un paso (igual al ángulo de incidencia). El giro de la hélice, que es como si se hicieran rotar muchas pequeñas alas, acelera el flujo de aire hacia el borde de salida de cada perfil, a la vez que defleca este hacia atrás (lo mismo que sucede en un ala). Este proceso da lugar a la aceleración hacia atrás de una gran masa de aire, movimiento que provoca una

fuerza de reacción que es la que propulsa el avión hacia adelante.

- Ángulos de la hélice

Las hélices se fabrican con "torsión", cambiando el ángulo de incidencia de forma decreciente desde el eje (mayor ángulo) hasta la punta (menor ángulo). Al girar a mayor velocidad el extremo que la parte más cercana al eje, es necesario compensar esta diferencia para producir una fuerza de forma uniforme. La solución consiste en disminuir este ángulo desde el centro hacia los extremos, de una forma progresiva, y así la menor velocidad pero mayor ángulo en el centro de la hélice se va igualando con una mayor velocidad pero menor ángulo hacia los extremos. Con esto, se produce una fuerza de forma uniforme a lo largo de toda la hélice, reduciendo las tensiones internas y las vibraciones.

- Perfiles y ángulos de incidencia

Un punto crítico en el diseño radica en la velocidad con que giran los extremos, porque si está próxima a la del sonido, se produce una gran disminución en el rendimiento. Este hecho pone límites al diámetro y las r.p.m. de las hélices, y es por lo que en algunos aviones se intercala un mecanismo reductor basado en engranajes o poleas, entre el eje de salida del motor y la hélice.

La fuerza de propulsión del aeroplano está directamente relacionada con la cantidad de aire que mueve y la velocidad con que lo acelera; depende por tanto del tamaño de la hélice, de su paso, y de su velocidad de giro. Su diseño, forma, número de palas, diámetro, etc. debe ser el adecuado para la gama de velocidades en que puede operar el avión. Una hélice bien diseñada puede dar un rendimiento de hasta 0,9 sobre un ideal de 1.

Con independencia del número de palas (2, 3, 4...), las hélices se clasifican básicamente en hélices de paso fijo y hélices de paso variable. Se denomina paso de la hélice al ángulo que forma la cuerda de los perfiles de las palas con el plano de rotación de la hélice.

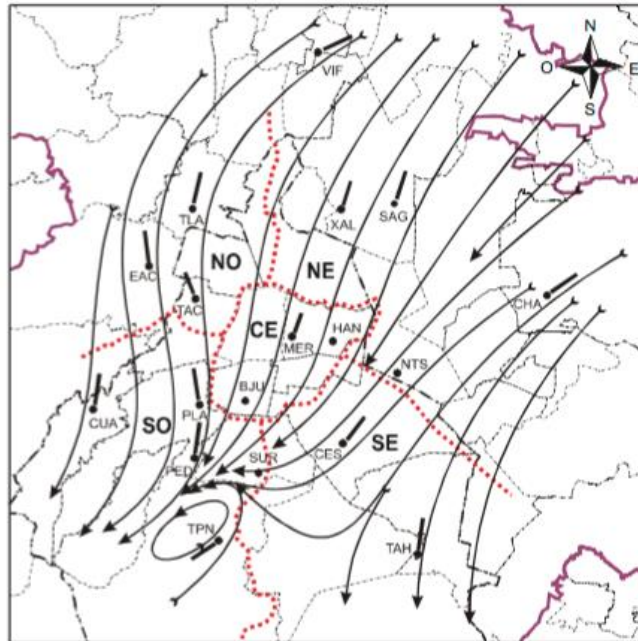
AEROGENERADOR CON ROTOR WINDSIDE

Es un sistema similar al rotor Savonius, en vez de la estructura cilíndrica para aprovechamiento del viento, consiste en un perfil alabeado con torsión que asciende por el eje vertical. La principal diferencia frente a otros sistemas de eje vertical es el aprovechamiento del concepto aerodinámico, que le acerca a las eficiencias de los aerogeneradores de eje horizontal.



Velocidad de Viento Regional V_R (m/s y km/h)

Zonas del Distrito Federal		Uso de la Edificación		
Zona	Delegaciones	A	B	Temporal
		(PR=200)	(PR=50)	(PR=10)
I	Alvaro Obregón, Azcapotzalco, Benito Juárez, Coyoacán, Cuauhtémoc, Madero, Iztacalco, Iztapalapa, Miguel Hidalgo, Venustiano Carranza	39 m/s 140 km/h	36 m/s 130 km/h	31 m/s 112 km/h
II	Magdalena Contreras, Cuajimalpa, Milpa Alta, Tlalpan, Xochimilco	35 m/s 126 km/h	32 m/s 115 km/h	28 m/s 101 km/h



Simbología

- Límite del Distrito Federal
- Límites de municipios o delegaciones
- Límites de la Zona Metropolitana del Valle de México
- Límites de Zonas IMECA
- Estación meteorológica del SIMAT
- Flujo del Viento

0 5 10 Kilómetros
Escala Gráfica

FUENTE: Gobierno del Distrito Federal, Secretaría del Medio Ambiente, Dirección de Inventarios y Modelación de Emisiones.

OBJETIVO GENERAL

Construir una maqueta como prototipo de edificio en el cual podamos comprobar los cambios de velocidad que se producen en el aire al desplazarse en su contorno, que permita predecir la energía eólica que se producirá en un tipo de hélice.

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

1. Iniciamos con una investigación acerca del principio de Bernoulli que enuncia: "...", basado en este principio, pudimos determinar que el aire se comporta de igual manera que un fluido.
2. Construimos un edificio de fachada cóncava, con dimensiones de 53 cm de alto x 50 cm de base, en donde hay un segmento abierto a lo largo del modelo justo a la mitad de la altura y es por donde pasa el aire, además de que dicho modelo

está forrado de plástico para que por ahí se direcciona al aire hacia el centro.

3. Construimos hélices que colocamos en la parte media del edificio, y gracias al paso del aire, logramos obtener una mayor velocidad e intensidad del aire en el punto donde hay menos presión, como lo enuncia el principio de Bernoulli.

RESULTADOS O AVANCES DE LO QUE SE ESPERA

Obtuvimos un aumento de velocidad significativa en la parte de menor presión, y esto nos llevó a rediseñar la forma de la fachada que será una forma cilíndrica.

AVANCES O PROPUESTAS DE CONCLUSIONES

Después de construir nuestro prototipo, decidimos cambiar la estructura del edificio de manera cóncava a convexa, que la curva sea para el exterior del edificio y de esta manera, esperemos una mayor velocidad e intensidad en el punto de presión al momento del paso de la corriente de aire y así, nuestras hélices generen mayor energía en un futuro.

FUENTES BIBLIOHEMEROGRÁFICAS Y/O DE INTERNET

- White, Frank M. (2008). MECÁNICA DE FLUIDOS. (6ª ed.) Madrid, España. McGrawHill.
- Talayero, A. Telmo, E. (2008). ENERGÍAS RENOVABLES, ENERGÍA EÓLICA. (1ª ed.) Zaragoza, España, Prensas Universitarias de Zaragoza.
- Avallone, E. (1982) INGENIERIA MECANICA. México, D.F. McGrawHill.
- Villarubia, M. (2004). ENERGIA EOLICA. Barcelona, España. Ceac.
- Villarubia, M. (2004). INGENIERIA DE LA ENERGIA EOLICA. Barcelona, España. Ceac.
- <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/fluidos/dinamica/bernoulli/bernouilli.html>
- <http://www.amdee.org/energia-eolica>
- http://www.cenam.mx/simposio2008/sm_2008/memorias/m1/sm2008-m134-1182.pdf

La motivación para nuestro proyecto está enfocada en la creación, desarrollo y uso de nuevas energías con la que podamos sustentar las edificaciones de nuestra ciudad, sin la necesidad de producir contaminantes; se innova la manera de crear energía, se busca construir edificios que sean capaces de generar, por sí mismos, energía eléctrica a partir de eólica. Lo que se construirá es un prototipo de edificio con hélices eólicas en su estructura, con las que se tendrá la capacidad de aprovechar la energía eólica para producir energía eléctrica, la cual se empleará para sustentar el gasto energético del mismo. Éste tendrá una fachada convexa, que creará un “embudo” por el cual pase la corriente de aire y ésta, al pasar por la superficie, se incrementará la velocidad del aire y será la encargada de mover las hélices, mismas que con su movimiento, producirán energía eólica. Se logró demostrar que en el “embudo” creado en el centro del edificio, la corriente va a mayor velocidad y produce energía más eficaz para su uso. Pudimos observar, utilizando un ventilador para producir una corriente de aire, que la corriente de aire que pasó por el prototipo iba más rápido; por lo que efectivamente su estructura favorece a la creación de energía eólica, siendo posible que el edificio sea autosustentable. Esto favorece al medio ambiente, debido a que si tenemos mayor cantidad de opciones sustentables en la producción de energía, se podría hacer obsoleto el uso de modos de producción de energía contaminante para nuestro planeta.

The motivation for our project is focused on the creation, development and use of new energies with which we can sustain the buildings of our city, without the need to produce pollutants; it innovates the way to create energy, seeks to construct buildings that are capable of generating, by themselves, electrical energy from wind. What is built is a prototype of building with wind propellers in its structure, which will have the capacity to take advantage of the wind energy to produce electrical energy, which will be used to sustain the energy expenditure of same. It was proved that in the "funnel" created in the center of the building, the current goes to greater speed and produces energy more effective for your use. We were

able to observe, using a fan to produce a current of air, the stream of air that passed through the prototype was more quickly by what actually its structure favors the creation of wind energy, being possible that the building is self-sustaining. This favors the environment, because if we have greater amount of sustainable options in the production of energy, could make obsolete the use of modes of production of pollutant energy sources for our planet.