Escola Universitària d'Enginyeria
Tècnica Industrial de Barcelona
Consorci Escola Industrial de Barcelona
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

PFC - I

PROYECTO FINAL DE CARRERA

Estudio aerodinámico aplicado en el campo de la automoción .

(Diseño , concepción , creación e innovación en automoción).

PFC presentado para optar al título de Ingeniería Técnica Industrial especialidad MECANICA

por **José Olivares de Jodar**

Barcelona, 16 de Junio de 2011

Tutor proyecto: Enric Porta.

Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

-I N D I C E –

-Motivación del estudio .

-Prologo.

-introducción .

-Un poco de historia .

-El mito de la gota de agua .

-Medio (viento/aire/oxigeno) , amigo o enemigo ?

-1-TEORIA (En busca de mejoras , aplicación de los principios de calculo aerodinámico).

-Origen de las fuerzas aerodinámicas .

-Teoria .Principios básicos (aerodinámica ,resistencia aerodinámica ,coeficientes , Cx, Cz , Cxa y momentos, entre otros factores)

-Aplicación de la teoría . Principios matemáticos de los programas de calculo (formularas ,tablas ,etc…).

-El porque de las condiciones de diseño ,buscando unos buenos coeficientes (medidas ,importancia de los coeficientes aerodinámicos referente ; inclinaciones de lunas , ángulos ,etc…).

-2-APLICACIÓN DE LA TEORIA , DANDOLE FORMA A LA TEORIA (Formas aerodinámicas , componentes y diseño).

-Modelización bidimensional y tridimensional de un vehículo terrestre mediante el programa NASTRAN-CFDESING.

-Simulación numérica de la aerodinámica de un vehículo .

-De la Alta competición a utilitarios de calle .

-Distintos componentes aerodinámicos , descripción ,mejoras aportas ,el porque de dichas formas y situación estratégica en el vehiculo ,etc…

-Diferencias apreciables ,sobre la estética dentro de un mismo modelo de vehiculo , diferencias de consumo debidas a las aportaciones aerodinámicas .

-Ejemplos de sistemas para optimizar consumo ; el SDR(deflector aerodinámico) .

-El porque una mala utilización/aplicación de elementos aerodinámicos por parte de los usuarios pueden afectar al rendimiento del vehículo .

-Condicionamiento de medidas .Cumplimiento de la normativa general sobre medidas en los vehículos de calles .

-Repercusión de dichos componentes mal utilizados .

-3- COMPROBACION DE LA TEORIA APLICADA (Partes de un estudio Aerodinámico sobre modelos) .

-Túneles de viento (principios ,funcionamiento ,pruebas realizadas en ellos ,logística ...)

-Alternativas a los túneles de viento .

-Programas de simulación aerodinámica CDF (Computational Fluid Dynamics).

-Las dos grandes : Túneles de viento Vs simulaciones aerodinámicas CDF (ventajas y desventajas).

-Conclusiones.

-Bibliografia .

- Motivación del estudio -

-Principalmente porque me veo atraído por el tema ,además de encontrarlo curioso y sobre todo después de un primer contacto don el tema , la falta de material referente .

-Dar a conocer la importancia de los estudios aerodinámicos realizados sobre el automóvil , el porque de las formas y las limitaciones que recaen sobre dichas modificaciones aerodinámicas .

-El estudio aerodinámico no deja de ser una aplicación teórica sobre un modelo físico . Dar a entender al publico ,el porque tiene tanta importancia tal estudio realizado sobre el parque móvil ,sobre el ahorro de energético que proporciona el estudio aerodinámico y lo que cuesta proveer un modelo de calle don dicha tecnología y estudio .

-Enseñar como la alta competición automovilística repercute sobre los vehículos de calle .

-Explicar como a consecuencia directa de la aerodinámica un vehiculo se ve envuelto en una serie de cambios ,a su vez en la mayoría de caso mas atractivos y llamativos estéticamente y que están ahí con un propósito ,no solo meramente estético .

-Dar a entender porque una mala utilización/aplicación de elementos aerodinámicos por parte de los usuarios pueden afectar al rendimiento del vehículo .

-Mediante el estudio realizado ,dar a entender con argumentos ,que métodos en este ámbito son mejores para el dicho estudio ,mas seguros/fiables , a su vez mas económicos y los métodos de estudio y verificación por los que apuestan las marcas de hoy .

-Con una vista sobre la aerodinámica del pasado y un estudio realizado sobre dicho factor en el presente , intentar explicar el futuro de la aerodinámica en automoción .

- P R O L O G O –

-Este es un estudio realizado sobre el campo de la automoción y su parque móvil , haciendo hincapié sobre los conceptos en el campo del " Diseño ,concepción ,creación e innovación aplicados en automoción " , más concretamente en el ámbito aerodinámico del vehiculo .

-Estudio Realizado en tres grandes bloques dedicados a la aerodinámica general aplicada en automoción ;

-1-Parte Teórica , física y matemática en la que se basa la aerodinámica .

-2-Aplicación y simulación de la teoría ,darle forma a la Teoría, componentes y diseño .

-3-Comprobación de la teoría aplicada ,partes de un estudio Aerodinámico sobre modelos) .

-En este trabajo se desvela ,el como y porque de muchas pautas aerodinámicas aplicadas en la carrocería del automóvil ,en forma de líneas aerodinámicas , importancia de los componentes y materiales utilizados para conseguir mejoras .

-Relación entre el diseño y rendimiento del vehículo ,aprovechamiento del medio y ahorro energético .

-Se analizan las pruebas a las que se someten los vehículos con el fin de mejorar aerodinámicamente (bajo los parámetros y coeficientes aerodinámicos) , se analizaran los programas aplicados (como funcionan ,bajo que principios matemáticos funcionan estos programas de calculo y simulación ,marcas y software) ,cuestionaremos las ventajas y desventajas de según que tipo de pruebas ,cual es mejor y aporta mas para una marca independientemente el coste para esta misma . El porque según la marca apuesta por una forma de estudio frente a otra .

-La importancia de los estudios realizados en la alta competición en este segmento y la posterior aplicación en los modelos de calle de dicha tecnología .El condicionamiento por parte de los materiales aplicados ,medidas y normativas de seguridad frente la aerodinámica de un vehiculo .

-La repercusión social de dichos diseños automovilísticos y la importancia de la aerodinámica en dichos diseños , con una vista al futuro de la aerodinámica aplicada sin olvidar el pasado y un estudio de la importancia referente al tema en la evolución de un mismo modelo de vehiculo através de los años .

-Obteniendo conclusiones y resultados sobre un numero concreto y estudiado de marcas del sector automovilístico , resolviendo preguntas tales como(entre otras):

-La importancia de el estudio aerodinámico realizado sobre el parque móvil , en cuanto es importante a tener en cuenta tal estudio .

-Valor económico para una marca ,de un estudio aerodinámico .

-Repercusión sobre el valor final del vehículo debido a dicho estudio aerodinámico .

-Que estudios aerodinámicos son mejores y a su vez mas fiables .

-Que estudios aerodinámicos son mas económicos , frente a la fiabilidad .

-Importancia de las implantaciones aerodinámicas aplicadas en los coches de calle ,ganancias generales tanto en estética ,consumo ,estabilidad y prestaciones .

-El futuro de las aplicaciones aerodinámicas .

-Estudio de mercado ;

-En cuanto se valora las aplicaciones aerodinámicas a la hora de comprar un vehiculo .

-La Sociedad ,la ignorancia frente al estudio aerodinámico y su repercusión sobre el diseño de las formas .

-Relación directa entre ,consumo ,velocidad ,diseño/estética y aerodinamica .

*-El porque se pasa de una estética a otra **(imagen 1)** e importancia de la misma :*

(imagen 1)

- I N T R O D U C C I O N –

-En el diseño de cualquier vehículo la aerodinámica juega un papel cada vez más importante.Según la mayoría de los estudiosrealizados, el aspecto más decisivo a la hora de comprar un coche es la línea, el diseño exterior. Aunque la aerodinámica es uno de los factores que contribuye de manera fundamental a dar un aspecto más o menos atractivo al vehículo, no es ésta su única misión y hay importantes características técnicas y de seguridad de los automóviles que dependen de un eficiente diseño aerodinámico. Es importante por tanto para empezar tener en cuenta que esta área del desarrollo de un automóvil no tiene únicamente un papel decorativo sino una gran influencia en el comportamiento global del mismo. Al circular, el vehículo interacciona con el aire y esto provoca la aparición de dos tipos de flujo que condicionan los efectos aerodinámicos analizados en este artículo: flujo externo debido al paso del aire por la superficie exterior del automóvil y flujo interno debido al aire que pasa, por ejemplo, por el motor o por el habitáculo de los ocupante del coche.

-El flujo externo origina tres tipos de fuerzas sobre el automóvil: fuerza de resistencia al avance, en sentido longitudinal, dificulta el movimiento del vehículo en el seno del fluido; fuerza vertical, que puede actuar como fuerza de sustentación en coches convencionales, en cuyo caso es una fuerza vertical y hacia arriba, o bien puede ser downforce o hacia abajo, en coches deportivos, apretando al vehículo contra el suelo; y fuerza lateral, debida por ejemplo a viento lateral. El flujo externo tiene un importante impacto asimismo en la estabilidad del vehículo, principalmente a alta velocidad1.El diseño aerodinámico debe perseguir también conseguir un flujo externo adecuado para evitar la excesiva acumulación de la suciedad existente en el aire sobre las superficies del vehículo, lo que afecta considerablemente a la visibilidad.

-Por último, fenómenos como el desprendimiento de la capa límite pueden producirse a frecuencias audibles y ser por tanto una fuente de ruido, que se debe tratar de evitar con un diseño apropiado de las superficies del vehículo. Por otro lado, el flujo interno también contribuye a los esfuerzos aerodinámicos que aparecen sobre el vehículo. Un vehículo necesita tener un flujo interno para refrigerar el motor y para renovar el aire del interior del habitáculo.

-Con el desarrollo de los motores y el aumento de su potencia han aumentado también las necesidades de refrigeración. Por otro lado, por criterios de seguridad, se ha hecho necesario reforzar la parte delantera de los automóviles, reduciendo de esta manera la superficie de entrada del aire de refrigeración. En cuanto al aire que se dirige a la zona de los ocupantes, es importante resaltar que cada vez los requisitos que se exigen al sistema de climatización son más exigentes, lo que plantea dificultades sustanciales para el diseño del flujo interno hacia el habitáculo.

-Históricamente la aerodinámica de los automóviles se ha ido desarrollando con el objetivo de reducir la resistencia aerodinámica al avance del vehículo. En automóviles de competición, sólo desde finales de los sesenta, principios de los setenta, se aprecia un interés creciente por la componente vertical de la fuerza aerodinámica, para buscar por primera vez downforce en los vehículos (este hecho llevaría a los diseños de efecto suelo2, por ejemplo). Esta tendencia, años más tarde, irá pasando poco a poco al resto de automóviles, lo que se hace palpable en distintos elementos cotidianos en los vehículos de hoy en día como por ejemplo el spoiler trasero.

-Por otro lado, las dos crisis del petróleo en la década de los setenta forzaron a los fabricantes a fijarse todavía más en la aerodinámica y tratar de optimizar sus vehículos para reducir la resistencia aerodinámica al avance y por tanto el consumo de combustible. Hay que señalar también que los requisitos aerodinámicos dependen en gran medida del tipo de vehículo que estemos considerando.

-En turismos sí es cierto que la consideración principal es la reducción de la resistencia al avance, por motivos de consumo y emisiones, pero en furgonetas y vehículos similares los ingenieros se concentran más en el comportamiento ante el viento lateral, mientras que en vehículos de competición conseguir sustentación negativa es la máxima prioridad. Por tanto, ninguna de las tres componentes de la fuerza aerodinámica total que actúa sobre un vehículo es secundaria. Antes de comenzar el estudio detallado de los distintos elementos que entran en juego en el diseño aerodinámico de un automóvil, no hay que dejar de mencionar la relación que existe entre la automoción y el campo de la aeronáutica. Si bien es cierto que hay una cierta transferencia de conocimiento entre ambos campos, hay que tener en cuenta que el problema aerodinámico es distinto en el caso de un coche y de un avión, por multitud de factores, como son la distancia al suelo, velocidad, proximidad de otros objetos en el campo fluido, etc. La aerodinámica es un factor clave en el diseño de los aviones y pierde algo de relevancia en el caso de los automóviles frente a otros elementos, como son las exigencias estéticas, el diseño de habitáculos amplios y confortables, etc.

-También el enfoque técnico es diferente, puesto que en la aeronáutica el papel del cálculo por ordenador en el diseño aerodinámico del avión es más importante que en el automóvil, campo en el que habitualmente se recurre en gran medida a los ensayos empíricos.

-En el diseño de vehículos no se cuenta con modelos teóricos precisos que predigan las fuerzas aerodinámicas, por lo que la mayoría de los resultados y conclusiones se obtienen mediante pruebas con el propio automóvil un modelo.

-Un poco de historia , comienzos de la aerodinámica aplicada en el campo de la automoción .

-El mito de la gota de agua .**El mito de que las Gotas de Agua tienen forma de Gota .**

-Existe en el imaginario popular la creencia de que las **gotas de agua**, tienen forma de *gota*, pero por más extraño que parezca, esto no es así. De la misma forma que los corazones no tienen forma de *corazón*.

-De más está decir que los líquidos por sí mismos no tienen ninguna forma, y que se amoldan a la forma del envase que los contiene, sin embargo, cuando no existe ningún "envase", y prácticamente ninguna fuerza externa que les provea sostén, los líquidos toman una forma esférica. No son muchas las situaciones en la vida cotidiana donde se dan estas cosas y podamos verlas, pero es muy visible en las imágenes de los astronautas en la Estación Espacial Internacional.

Esto sucede porque, microscópicamente, las moléculas de agua están todas atrayéndose

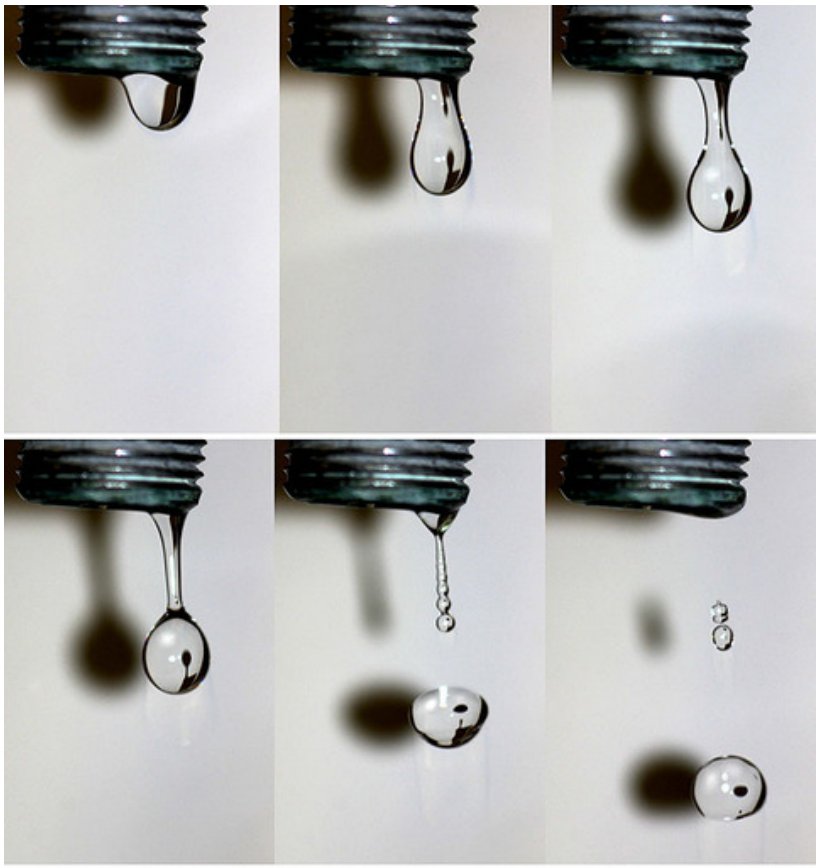
entre sí, debido a que son polares. Las moléculas que se encuentran en el medio se atraen hacia todos los lados casi por igual, sin embargo, las que se encuentran en la superficie, son atraídas hacia *adentro*, lo cual forma la famosa Tensión Superficial, que actúa como una especie de película que envuelve al líquido y lo hace ocupar el menor espacio posible. En un vaso de agua, se aprecian los efectos de la tensión superficial, al colocar motas de polvo, o incluso un alfiler sobre ella (que normalmente se hundiría al ser más denso).

-Para evitar salir de la Tierra, podemos apreciar el agua tomando una forma esférica cuando recién sale del grifo, donde se forman pequeñas gotas de forma esférica. A medida que la gota cae, comienza a aumentar su velocidad, y el comienza a ejercer una fuerza sobre ella hacia arriba. En su desesperada caída hacia el centro de nuestro planeta, la gota comienza a achatarse y deformarse irregularmente, donde se enfrentan las fuerzas del peso de la gota misma y la resistencia del aire.

-Y en un momento, la fuerza del aire achata demasiado a la gota, y la tensión superficial intenta reacomodarse nuevamente para formar esferas más estables, en un mágico momento donde la gota explota en miles de gotitas de diferentes tamaños, tal como lo muestra el video (1000 cuadros por segundo) de abajo, que fue publicado en Science.

-Todas esas gotitas seguirán cayendo a diferentes velocidades, las más grandes probablemente vuelvan a explotar, y las más pequeñas son lo suficientemente uniformes como para resistir la presión del viento, y van a caer en forma de una bola ligeramente achatada.

-El único momento en que una gota *parece una gota*, es durante la fracción de segundo en que la gota de agua se desprende del grifo, cuando entra en una desesperada carrera para adoptar una forma más estable energéticamente. Y en el camino puede formarse una gran gota, y desprenderse parte de la cola para formar gotitas más pequeñas.



-A raiz de este ¨falso mito ¨ durante muchos años los diseñadores/marcas dieron formas peculiares a sus modelos , intentando emular dichas gotas de agua ,dejando en el pasado diseño de vehículos peculiares , en busca de la forma aerodinámica perfecta condicionada por una idea .

-1-TEORIA .

-En busca de mejoras , aplicación de los principios básicos y avanzados de calculo y leyes aerodinámicas .

-La aerodinámica .

-La **aerodinámica** es la rama de la mecánica de fluidos que estudia las acciones que aparecen sobre los cuerpos sólidos cuando existe un movimiento relativo entre éstos y el fluido que los baña ,en nuestro caso el aire .

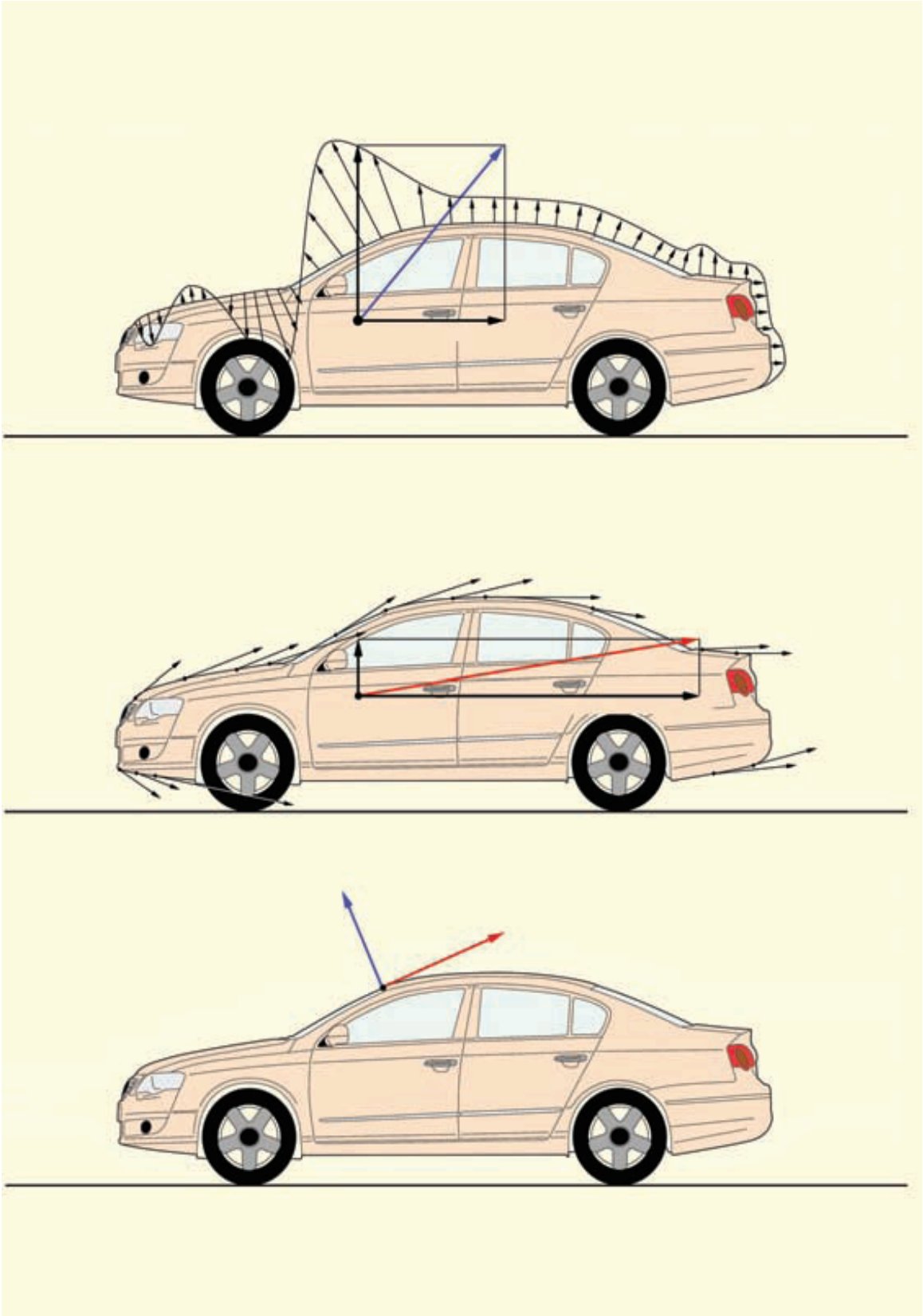
-Origen de las fuerzas aerodinámicas .

-Cuando en un proceso mecánico interactúan dos sólidos, las fuerzas se aplican y transmiten en el punto de contacto .Pero cuando un sólido interactúa con el aire, en las moléculas del aire próximas al mismo se produce una distorsión ,comenzando a moverse alrededor del sólido .El aire cambia de forma ,fluyendo alrededor del sólido y manteniendo un contacto físico en todos sus puntos. Por ello ,el "punto de contacto" de las fuerzas aerodinámicas generadas son todos y cada uno de los puntos de la superficie del cuerpo.

-La magnitud de dichas fuerzas va a depender tanto del aire como del sólido, en nuestro caso el automóvil .Dos son las propiedades fundamentales del aire a tener presentes: su viscosidad y su densidad o lo que es lo mismo ,su compresibilidad.

-En el caso del automóvil ha de considerarse su forma, su rugosidad superficial, el área de contacto con el aire y sobre todo la velocidad relativa entre éste y el aire.

-Todo esto se traduce en que, sobre cada punto de la superficie del automóvil, estén presentes un par de fuerzas ,una **fuerza de presión**, normal a la superficie del cuerpo, debido a la velocidad relativa entre ambos y una **fuerza de rozamiento** ,tangente a la superficie del cuerpo ,debida a la viscosidad del aire.



-La resistencia aerodinámica .

-Se denomina **resistencia aerodinámica**, o simplemente resistencia, al componente de la fuerza que sufre un cuerpo al moverse a través del aire en la dirección de la velocidad relativa entre el aire y el cuerpo. La resistencia es siempre de sentido opuesto a dicha velocidad, por lo que habitualmente se dice de ella que es la fuerza que se opone al avance de un cuerpo a través del aire.

-La aerodinámica y su respectiva resistencia aerodinámica son uno de los condicionantes a la hora de diseñar y construir un vehiculo . Debido a este fenómeno podemos observar diferencias aparentes sobre un mismo modelo de vehiculo ,siempre en función de la velocidad , es decir ,cuanto mas aerodinámico es un vehiculo ,mejor incide en el medio .

-Referente a los coeficientes de Fuerzas aplicadas .

-Para darle nombre a estos factores y poder trabajar con ellos se les ha dado nombre .Los coeficientes aerodinámicos son números adimensionales que se utilizan para el estudio aeronáutico o aerodinámico de las fuerzas y momentos que sufre un cuerpo cualquiera en movimiento en el seno del aire. Algunos de los coeficientes más conocidos son :

-El coeficiente de sustentación C_L .

-El coeficiente de resistencia C_D.

- El coeficiente de penetración C_X.

-Más concretamente los coeficientes aerodinámicos mas utilizados en automoción son :

En la automoción también se utilizan estos coeficientes para el estudio aerodinámico; sin embargo, suele utilizarse una notación diferente a la utilizada en aeronáutica, utilizando como subíndices los ejes de referencia del vehículo (X en sentido longitudinal, Y en sentido transversal y Z en sentido vertical).

- El coeficiente de resistencia aerodinámica suele simbolizarse como C_X, en vez de C_D. Habitualmente se utiliza como superficie de referencia el área frontal del vehículo.

- El coeficiente de empuje lateral aerodinámico suele simbolizarse como C_Y, igual que en aeronáutica. Habitualmente se utiliza como superficie de referencia el área frontal del vehículo.

- El coeficiente de sustentación suele simbolizarse como C_Z, en vez de C_L. No obstante, también se utiliza su opuesto, el coeficiente de antisustentación, que relaciona la fuerza de antisustentación (componente en sentido descendente de la fuerza aeródinámica) y el producto de la presión dinámica del aire por el área característica. Habitualmente se utiliza como superficie de referencia el área frontal del vehículo, aunque a veces también se utiliza el área de la proyección en planta.

- El Coeficiente de arrastre , es una medida común en el diseño de automóviles pertenecientes a la aerodinámica efectos. Como la resistencia aerodinámica aumenta con el cuadrado de la velocidad, un valor bajo es preferible a uno alto. Con un 60% de la potencia necesaria para navegar a velocidades de carretera se utilizan para superar los efectos aerodinámicos minimizar traduce directamente en una mejora de arrastrar la eficiencia del combustible .
  Para la aerodinámica misma razón son una preocupación creciente para camiones diseñadores, donde la mayor área de superficie presenta importantes ahorros potenciales en costos de combustible.

-Referente los coeficientes de momentos aplicados .

-Asimismo, para los coeficientes de momentos suele utilizarse la batalla del vehículo como longitud de referencia *(A saber : La **batalla** o **empate** es, en automoción, la distancia entre los dos ejes de un vehículo .La distancia entre ejes influye directamente en la estabilidad del vehículo, de modo que una batalla larga hace al vehículo, a priori, más estable que una batalla corta).*

-Si denominamos por *L*,*M* y *N* los momentos de balance, picado y guiñada que el aire ejerce sobre la aeronave, sus respectivos coeficientes de momentos son:

- Coeficiente de momento de balanceo.
- Coeficiente de momento de picado o de cabeceo.
- Coeficiente de momento de guiñada.

-En el caso de aviones, *c* es la cuerda media aerodinámica del ala, y *b* es la envergadura alar.

-Eficiencia aerodínamica .

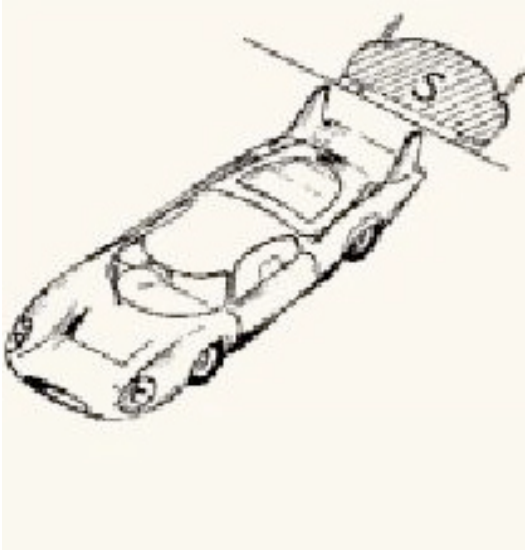
-Se denomina eficiencia aerodinámica a la relación entre el coeficiente de sustentación y el coeficiente de resistencia aerodinámica (C_L/C_D o C_Z/C_X).

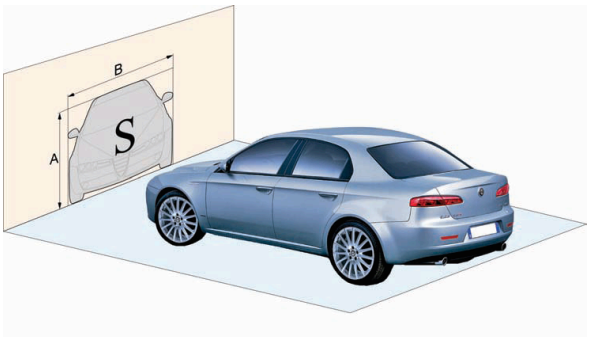
-Estudio del efecto suelo .

-En el automovilismo se busca, al contrario que en aeronáutica, crear una zona de alta presión por encima del vehículo y una de baja presión por debajo. La diferencia de presiones provoca una succión que "aplasta" al vehículo contra el suelo, mejorando el agarre, lo que se traduce en la posibilidad de trazar curvas a mayor velocidad.

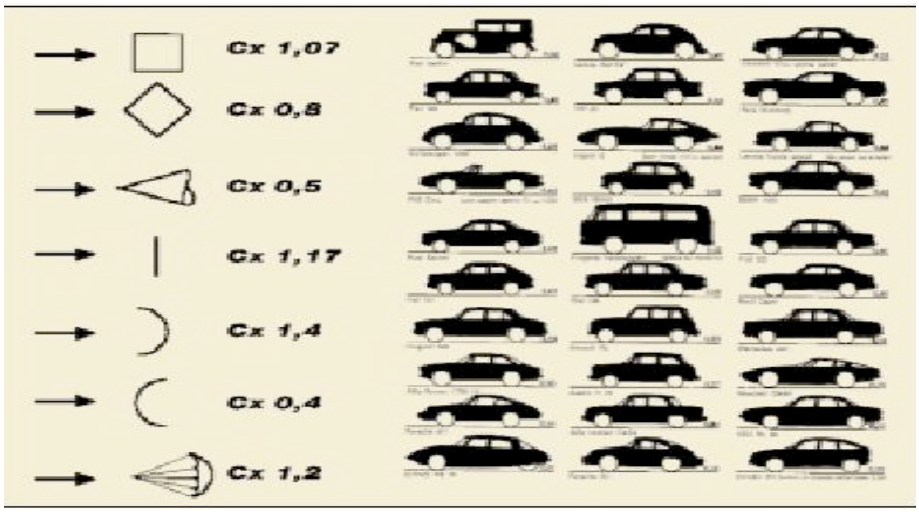
-A modo de ejemplo rapido aquí se deja ver un calculo de Resistencia aerodinámica de un vehiculo x :

-Considerando a un coche como un ala de forma particular, apliquemos estas fórmulas a un ejemplo como el coche representado en la figura :





-Según la tabla de coeficientes Cx :



S = 1,6 m2
Cx= 0,28= 1,198 Kg/ m3
V0= 27,8 m/s (= 100 km/h)
-La resistencia aerodinámica será:
R = 129,6 Newton

-Veamos como influye en la resistencia generada, aumentando la velocidad. Por ejemplo al doble de velocidad, es decir V***0= 55,6 m/s*** ,la resistencia es: R = 518,4 Newton .La velocidad por lo tanto se paga cara, ya que como vemos al doble de velocidad corresponde un valor cuatro veces superior de la resistencia inducida R (Drag force).

-Mecánica de Fluidos aplicados a un vehículo .

-El flujo sobre el cuerpo de un vehículo está gobernado por la relación entre velocidad y presión expresada en la ecuación de Bernoulli .

-La ecuación de Bernoulli explica cómo la presión y la velocidad deben variar sobre el cuerpo de un auto. Si no existiera la fricción el aire simplemente subiría hasta el techo del carro y bajaría por la parte de atrás, intercambiando presión por velocidad como lo hizo adelante. Para este caso las fuerzas de presión en la parte de atrás del vehículo balancearían exactamente las de enfrente (no se produciría arrastre). Pero se produce arrastre como todos sabemos. El arrastre se debe en parte a la fricción del aire sobre la superficie del vehículo y en parte a las alteraciones del flujo en la parte de atrás del vehículo. Estas alteraciones se producen debido a la separación de la capa límite.

-Distribución de Presiones sobre un vehículo

-La distribución de presión estática es resultado del mecanismo básico explicado en el anterior punto. Una presión negativa se desarrolla en la punta frontal del capó cuando el flujo que sube de la parte frontal intenta seguir la forma horizontal del capó. El gradiente de presión adverso en este punto tiene el potencial de atascar el flujo de capa límite creando arrastre en ésta área.

-2-APLICACIÓN DE LA TEORIA , DANDOLE FORMA A LA TEORIA .

-Formas aerodinámicas , componentes y diseño .

-En este punto trataremos las formas de los diferentes componentes ,formas/geométricas y medidas con los que dotamos un vehiculo para la lucha contra el aire/viento y su mejora .

-Las aportaciones estéticas ,ahorro de energía ,aportación de dicho componente a la mejora tanto estética ,estabilidad y ahorro de consumo .Además de un hincapié en las estéticas del futuro .

-Veremos para que sirve cada componente individualmente ,las mejoras que aporta a un vehiculo tanto estéticamente como aerodinámicamente y porque una mal uso de elementos aerodinámicos por parte de los usuarios pueden afectar al rendimiento del vehículo .

-Como viene siendo común en este ámbito aerodinámico al igual que en otros terrenos , como norma general ,los primeros en innovar en el diseño , concepción y creación de componentes aerodinámicos es en la alta competición . ya sea por necesidad y por poder económico . Mas tarde a nivel de calle ,la necesidad se rebaja mucho y el poder económico gastado en forma aerodinámica esta en función del cliente ,de ahí que en la gran mayoría de los casos siempre de un mismo modelo de vehiculo podemos encontrar gama (tanto interior ,como exterior) .

-Factor que condiciona la aportación de componentes aerodinámicos a un vehiculo, la seguridad , activa , pasiva y sobre todo en caso de accidente/atropeyo ,de ahí que las aportaciones aerodinámicas aplicadas en los coches de calle se reducen a unas pequeñas diferencias/aportaciones en la carrocería ,nada tan bestia como en la competición .

-De ahí la normativa sobre medidas que consta sobre los vehículos (el altura ,anchura y longitudinal) .Estas medidas ya vienen dadas de fabrica .

-En este punto trataremos el porque podemos pasar de una estética a otra bastante diferenciada dentro de un mismo modelo del mismo .

-Este punto es relativo ya que el gasto en componentes aerodinámicos va relacionado proporcionalmente con otros factores ya sea motorización ,acabados ,interior ,etc…

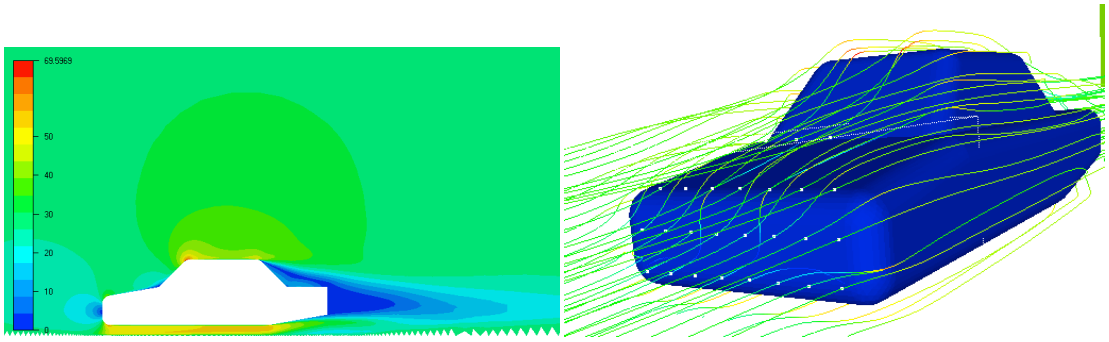
-Intentaremos comprobar si excluyendo la parte de “ poner bonito un coche para venderlo (prestigio de una marca/modelo) ” vende mas que si un modelo inferior lo proveeramos de la misma tecnología .

-Compararemos las mejoras de un vehiculo frente al mismo de categoría inferior y como afectaría a las ventas tal tecnología de gama superior ,aplicada en gamas inferiores .

-Modelización bidimensional y tridimensional de un vehículo terrestre mediante el programa NASTRAN-CFDESING.

- Bidimensional Se describen los pasos seguidos para la fabricación de la malla de elementos finitos
alrededor del vehículo según su plano de simetría. Se intenta establecer una secuencia de
acciones tendientes a poner a punto la técnica de cálculo en flujo bidimensional.

-Tridimensional ,en este punto se estudia el modelo tridimensional del vehículo, detallando los pasos
seguidos para la construcción de la malla de elementos finitos utilizada. En esta modelización se estudia el automóvil sin ningún tipo de aberturas, sin ruedas y sin los pasos de ruedas.



-Simulación numérica de la aerodinámica de un vehículo (con ejemplos).

-En este trabajo se consideran dos simulaciones numéricas independientes para
el flujo del viento alrededor de un vehículo ,en dos niveles crecientes de dificultad ,primero un cálculo potencial incompresible y a continuación ,otro viscoso incompresible.

-Como una primera estimación consideramos flujo potencial incompresible ,resuelto
numéricamente mediante un método de elementos de borde (BEM) de bajo orden ,en
régimen estacionario y sin desprendimientos, con un barrido paramétrico en la dirección del viento .Luego ,pasamos a una descripción más detallada, en donde consideramos flujo viscoso e incompresible ,con números de Reynolds relativamente elevados y con posible separación ,resuelto numéricamente con un método de elementos finitos (FEM).

-Trataremos las partes mas esenciales y visibles a lo que aportaciones en componentes aerodinámicos se refiere ,tales como ;

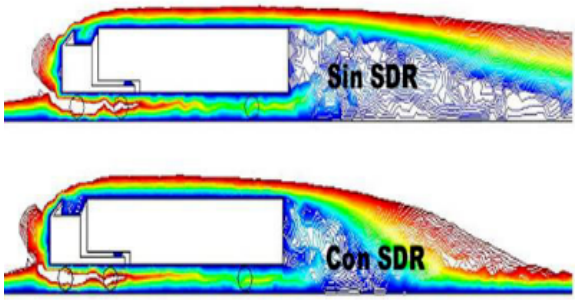
-Alerones .

-Estudio de los diferentes tipos de alerones ; delanteros ,traseros y laterales .

-Las dos funciones básicas de un alerón son la de reducir y optimizar la resistencia que ofrece el vehículo al aire y conseguir que la adhesión y la fuerza de apoyo del coche con el firme sea mayor. Cuanto menos brusca sea la manera en la que el coche 'corte' el aire, el rendimiento del vehículo será mejor. Si el aire se atraviesa de un modo progresivo, la resistencia disminuirá. Ésa es una de las razones por las que es conveniente adquirir los alerones indicados por cada fabricante.

-Por otra parte, aumentan la adherencia del neumático al suelo, por lo que se incrementa también la seguridad del vehículo, especialmente cuando éste vira. No obstante, se ha de tener cuidado de no descompensar el peso de los ejes.

-Dentro de los alerones traseros : Ejemplo Sistema para ahorrar en consumo por parte del vehiculo , el SDR (deflector aerodinámico) .



-Difusores de aire inferiores .

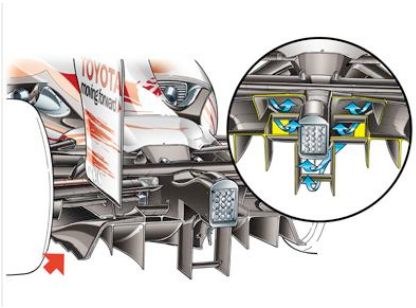
-Un difusor es una pieza afilada que suele ser parte del coche, normalmente encontrada en la parte inferior del coche. Puedes ser localizada en la parte posterior, o muy cerca de las ruedas traseras. Un difusor normalmente tiene una forma de curva que termina mas arriba de donde comienzo y suele terminar en o muy cerca del final de vehiculo.

-El difusor tiene dos funciones:

-Reducir el arrastre

-Reducir la altura

-La parte justo detrás del vehiculo es una zona que normalmente tiene turbulencia, un movimiento lento de aire. El aire que pasa rápidamente por debajo del coche, tiende a encontrarse con este aire lento, y esta gran diferencia de velocidad genera aun mayores turbulencias que además generan un arrastre no deseado que puede hacer que nuestro vehiculo tienda a subir perdiendo agarre.



-Retrovisores (Casco exterior de espejo aerodinámico).

Un espejo retrovisor exterior aerodinámico para vehículos de motor que tiene una baja resistencia al avance con un resultado de la prevención de la separación de la capa límite laminar en la cabeza del espejo y reducción del tamaño de la estela turbulenta subsecuente.

-El espejo del vehículo comprende un casco exterior aerodinámico que tiene una superficie continuamente lisa con orillas posteriores hacia adentro y hacia afuera. Las superficies del casco que preceden las orillas posteriores pueden ser ya sea paralelas o de cierre con relación al flujo de aire de la corriente libre. Un dispositivo de control de capa límite que consiste de una tira de desconexión se forma en una superficie exterior de la cabeza del espejo justamente en aguas arriba del punto de transición o separación, en donde el flujo laminar de la capa límite cambiaría a un flujo turbulento de la capa límite con separación retardada o para completar la separación en ausencia de la tira de desconexión de capa límite.

-La tira de desconexión, cuando se dimensiona y utiliza correctamente, ayudará a la capa límite laminar al flujo turbulento de la capa límite que reenergiza la capa límite. La capa límite turbulenta es más estable y tiene más energía que permitirá que la misma se adhiera a la superficie y que permitirá que el flujo de aire continúe hacia y se separe en las orillas posteriores de la cabeza del espejo. Como un resultado, se reduce grandemente o elimina la separación lo cual reduce la resistencia al avance que debería haber estado presente, en ausencia del dispositivo de control de la capa límite .

-Entradas/tomas de aire .

-Estudio de los diferentes modelos ; tomas de techo ,de aletas ,de puertas ,faldones y de capo .

-Las tomas de aire se utilizan para mejorar el balance térmico dentro del habitáculo del motor, o de algunas partes especificas del coche. Por lo general se utilizan para ventilar los frenos en los coches con altas prestaciones, mejorar la refrigeración del cambio de velocidades, la refrigeración del cárter del motor, refrigerar algunas piezas en particular que por su función o la posición que ocupan están muy calientes. Es muy importante su utilización para mejorar el balance térmico de la refrigeración del coche, especialmente en mercados donde la climatología es muy caliente, etc.

-También puede ser una ayuda para mejorar la temperatura del sistema de aspiración del motor, y para evitar entradas de agua en el sistema de aspiración del motor, que podrían dañar el motor, etc,...

-Paragolpes .

-Estudio de los diferentes tipos de alerones ; delanteros y traseros .

-Estos engloban gran variedad de elementos aerodinámicos además de el paragolpes en sí, tanto ya explicados como las entradas de aire como alerones .

-Los paragolpes juegan un papel muy importante en el diseño y en la estética del vehiculo ,además de un papel fundamental caso de colisión.

-Llantas .

-Objetivo aerodinámico a conseguir ,reducir la gran turbulencia que generan las ruedas (En concreto, el fenómeno atacado era el que se produce al salir el aire de los conductos de refrigeración de los frenos) y el hecho de que antes de chocar éste contra el que recorre el exterior de la cubierta, se ve perturbado por la estructura de la llanta.

-3-COMPROBACION DE LA TEORIA APLICADA .

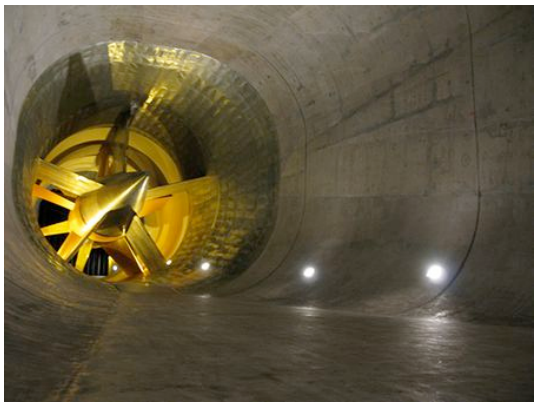
-Partes de un estudio Aerodinámico .

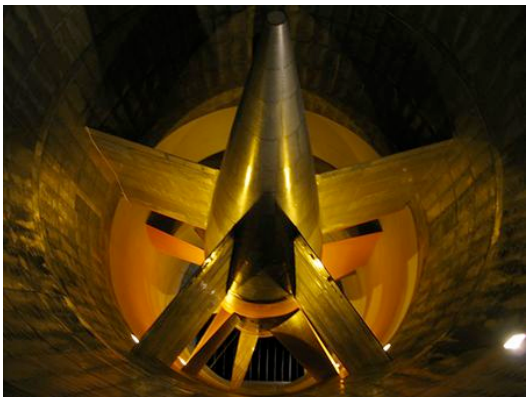
-En este apartado realizaremos una investigación del “estudio aerodinámico” que se realizan sobre los vehículos , de que partes/fases se compone dicho estudio , logistica necesaria y utilizada . Empresas que se dedican y los propios túneles de las marcas constructoras .

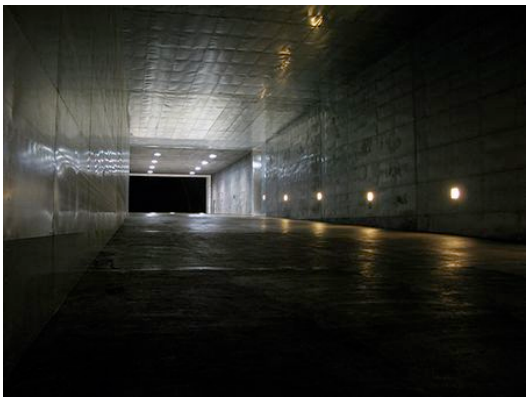
-Alternativas a los túneles de viento , un estudio de las mediciones y simulaciones numéricas realizadas sobre el vehiculo ,programas funcionamiento de los dichos programas ,alternativas a los túneles de viento y simulación aerodinámica CFD (Computational Fluid Dynamics) .

-Túneles de viento .

-En esta parte del proyecto se estudia todo sobre los túneles de viento ,partes mecánicas de las que consta ;

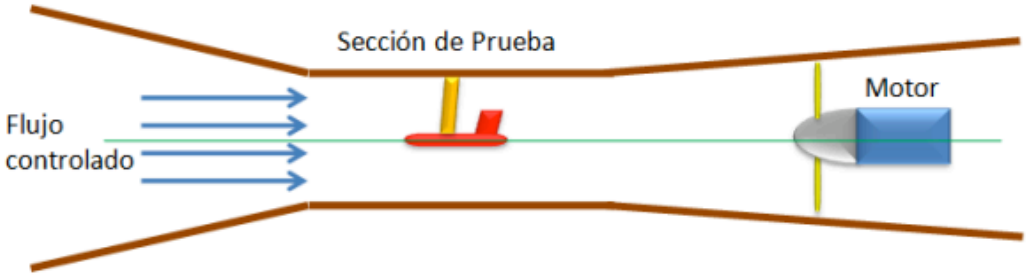


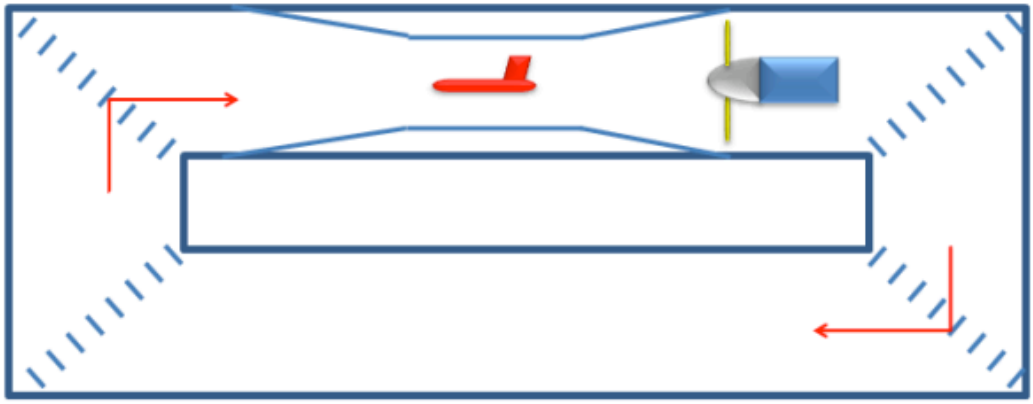




-En ingeniería, un **túnel de viento** o túnel aerodinámico es una herramienta de investigación desarrollada para ayudar en el estudio de los efectos del movimiento del aire alrededor de objetos sólidos. Con esta herramienta se simulan las condiciones que experimentará el objeto de la investigación en una situación real. En un túnel de viento, el objeto o modelo, permanece estacionario mientras se propulsa el paso de aire o gas alrededor de él. Se utiliza para estudiar los fenómenos que se manifiestan cuando el aire baña objetos como aviones, naves espaciales, misiles, automóviles, edificios o puentes.

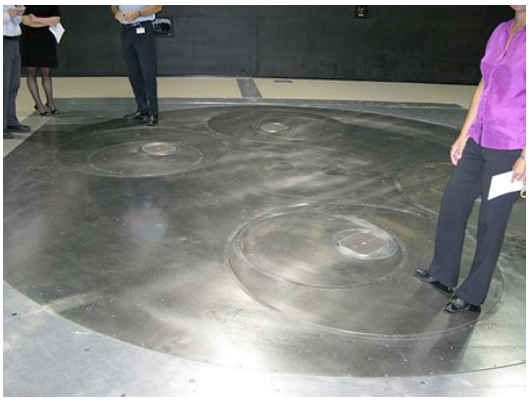
-Tipos de tuneles de viento ,abiertos y cerrados .



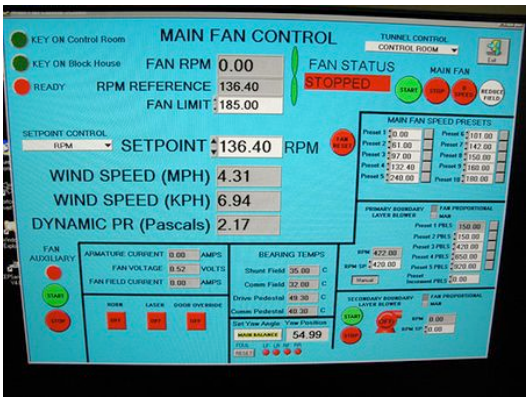


-Cámara de ensayos.

-En la que se sitúa el modelo experimental a probar. El tamaño de la cámara de ensayo es una de las características más importante de un túnel, ya que una de grandes dimensiones permite probar modelos sin gran reducción de escala con respecto al original, lo que permite mantener el índice de semejanza del número de Reynolds.



- Parte informática ,software y realización de mediciones bajo los parámetros de la teoría aerodinámica ;



-Se analizan las pruebas que se realizan en dichos túneles para que sirven , con que fin ;

-Túneles de viento virtuales .

-Simulacion aerodinamica CFD (Computational Fluid Dynamics).

-La alternativa a los Túneles de viento .

-Aquí se realiza un estudio del **CFD** (Computational Fluid Dynamics) , es una rama de la mecánica de fluidos que utiliza métodos numéricos y algoritmos para resolver y analizar problemas que involucran flujo de fluidos.

-Las computadoras se usan para realizar los cálculos necesarios para simular la interacción de líquidos y gases con las superficies definidas por las condiciones de contorno . Con alta velocidad supercomputadoras , las mejores soluciones que puede lograrse. La investigación en curso, sin embargo, los rendimientos de software que mejora la precisión y la velocidad de la simulación de escenarios complejos como transónico o turbulentos flujos. La validación inicial de dicho software se realiza mediante un túnel de viento con la validación final que viene en las pruebas en circuito .

-Como Funciona :

-Durante el proceso previo

-La geometría (límites físicos) del problema se define.

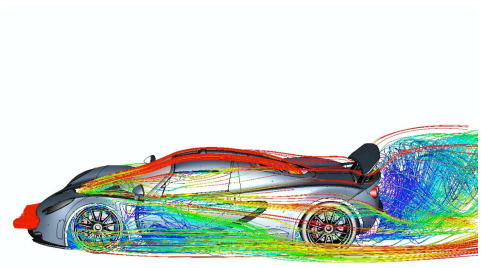
-El volumen ocupado por el líquido se divide en celdas estancas separadas (la malla). La malla puede ser uniforme o no uniforme.

-El modelado físico se define - por ejemplo, las ecuaciones de movimiento + entalpia + radiación + conservación de las especies

-Las condiciones de contorno se definen. Se trata de especificar el comportamiento de los fluidos y las propiedades en los límites del problema. En caso de problemas transitorios, las condiciones iniciales también se definen.

-La simulación se ha iniciado y las ecuaciones se resuelven iteratívamente como un estado estable o transitoria.

-Por último, un post-procesador se utiliza para el análisis y la visualización de la solución resultante.



-Túnel de Viento vs CFD .

-En este apartado se discute los pros y contras de cada método ,tanto físico como computacional , el porque una determinada marca apuesta por un método u otro .

-Pondré a prueba la Fiabilidad de dichos métodos ,como pueden complementarse mutuamente a la vez de poder servir para el fin cada uno independientemente sin necesidad del otro .

-Bibliografia -

-Reportajes , en busca del coche perfecto .

-Artículos revistas varias.

-Aerodinámica del automovil de competición ,Macbeath simon ,editorial CEAC .

-Via on line (Internet) , entre otras muchas :

-www.blogs.km77.com

-www.psa-peugeot-citroen.com

-www.sdr-sys.com.

-www.diariomotor.com

-www.debates.coches.net

-www.autobild.es

1