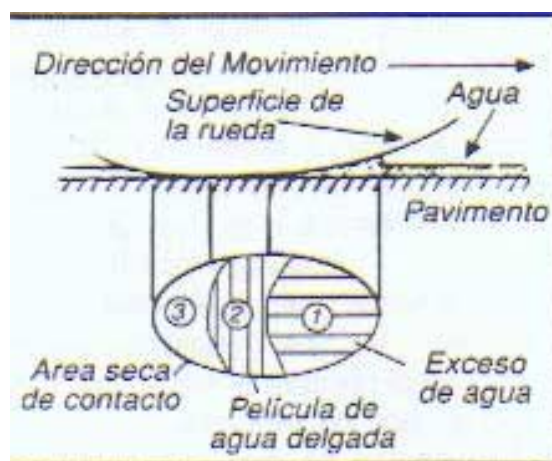
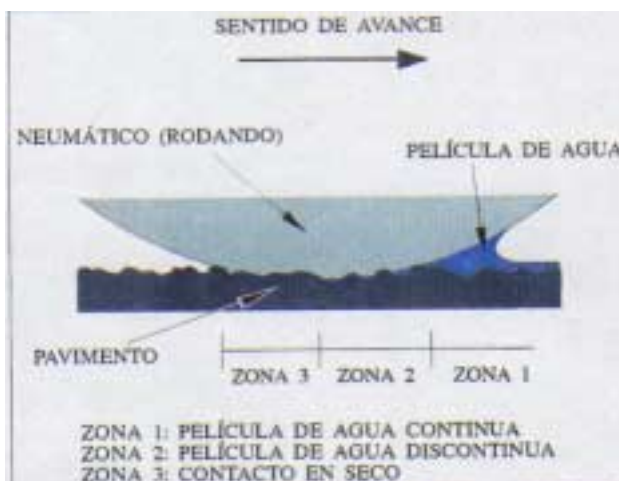


Investigaciones realizadas en la NASA muestran que dentro del área de contacto entre neumático y pavimento existen tres zonas distintas (ver figuras siguientes):

Zona 1: película de agua continua (zona de hidroplaneo dinámico)

Zona 2: película de agua discontinua (zona de hidroplaneo viscoso)

Zona 3: zona en que el agua es totalmente expulsada (teóricamente seca, cuyo rozamiento contribuye para la desaceleración y control direccional de la aeronave)



Si la rueda estuviera parada, la zona seca se extendería a toda el área de contacto; si la rueda comienza a girar sobre una pista mojada con microtextura lisa, se forma progresivamente la zona 2, desarrollándose desde el frente hacia atrás reduciendo la zona 3. Cuando el espesor de la lámina de agua sobrepasa el valor crítico, con el aumento de la velocidad se desarrollan presiones dinámicas en el frente de la rueda y el agua gradualmente penetrará en el área de contacto (la zona 1 aumenta a costa de la zona 2); a medida que la velocidad aumenta más, la zona 3 desaparecerá gradualmente y al mismo tiempo la zona 1 aumentará hasta llegar a cierta velocidad crítica en que la zona 1 cubrirá toda el área de contacto; en este momento estamos en presencia de hidroplaneo dinámico.

Para obtener una zona 3 de dimensión suficiente, hay que eliminar el agua rápidamente, por lo que se necesita una capacidad de evacuación mayor de la que proporciona el dibujo del neumático; esto se obtiene con una macrotextura suficientemente abierta. En la zona 3 y en menor parte en la zona 2, la microtextura logra atravesar la película delgada de agua residual para producir puntos de contacto “en seco” y asegurar así la adherencia.

CARACTERÍSTICAS DEL ROZAMIENTO SEGÚN SU TEXTURA

A) Macrotextura abierta – Microtextura áspera: Cuando la superficie está seca la pérdida de energía por adherencia es inferior que si fuese lisa, pero se compensa con el aumento de resistencia por deformación. Cuando la pista está mojada la microtextura áspera previene la ocurrencia de hidropiloteo viscoso, mientras que la macrotextura abierta previene la ocurrencia de hidropiloteo dinámico hasta determinado espesor de la capa de agua.

B) Macrotextura abierta – Microtextura lisa: Cuando la superficie está seca se obtienen valores del coeficiente de fricción comparables con el caso D). Cuando está húmeda puede ocurrir hidropiloteo viscoso pero las velocidades no serán tan bajas como en el caso D). Para que ocurra hidropiloteo dinámico se necesita una capa mayor de agua en superficie.

C) Macrotextura cerrada – Microtextura áspera: Cuando la superficie está seca los valores del coeficiente de fricción son levemente inferiores al caso D). Cuando está húmeda las asperezas perforan la fina película de agua y puede prevenir el hidropiloteo viscoso pero no impide la posible ocurrencia de hidropiloteo dinámico cuando está inundada.

D) Macrotextura cerrada – Microtextura lisa: Cuando la superficie está seca proporciona valores de coeficiente de fricción muy altos (pérdida de energía cinética por adherencia). Cuando está húmeda o mojada el coeficiente de fricción es muy bajo, tanto a bajas como altas velocidades.



De acuerdo a bibliografía técnica de OACI el rozamiento en la superficie de una pista afectada por el agua puede interpretarse como un problema generalizado de avenamiento que comprende tres niveles: **a)** avenamiento superficial (forma de la superficie), **b)** avenamiento en la interfaz neumático/superficie (macrotextura) y **c)** avenamiento por penetración (microtextura). Hay que tener en cuenta los tres conceptos para lograr un rozamiento adecuado en todas las condiciones posibles, desde la superficie húmeda hasta la inundada.

a) El avenamiento de la superficie es sumamente importante ya que sirve para reducir al mínimo la acumulación de agua en la superficie y su profundidad. Para ello es necesario proveer al pavimento con pendientes y lisura adecuadas. La capacidad de avenamiento puede aumentarse mediante tratamientos superficiales tales como ranuras transversales.

b) El avenamiento en la interfaz neumático-pavimento tiene por objetivo lograr una descarga rápida de agua desde la parte inferior del neumático con un mínimo aumento de la presión dinámica; esto sólo puede lograrse mediante una superficie con una **macrotextura abierta** (*recordemos que la macrotextura es la textura gruesa que corresponde a los áridos o una textura aplicada artificialmente como la constituida por ranuras o capas porosas*). Dado que este proceso es sumamente sensible a la velocidad, la macrotextura es particularmente importante para proporcionar roce suficiente en la gama de altas velocidades.

c) El avenamiento por penetración tiene por objeto establecer un contacto “seco” entre las asperezas de la superficie y el relieve del neumático en presencia de una película de agua delgada y viscosa, cuyas presiones aumentan con la velocidad y tienden a evitar el contacto directo; este efecto adverso puede atenuarse con una **microtextura aspera**, evitando los áridos pulidos.

Por lo expuesto, tanto la macrotextura como la microtextura son componentes vitales del rozamiento en superficie mojada, o sea que se debe contar con una macrotextura suficientemente abierta y una microtextura áspera para lograr características aceptables de adherencia neumático-pavimento para las diferentes condiciones de humedad; si la última es necesaria siempre para garantizar la adherencia (incluso con pavimento seco), con circulación a gran velocidad y superficie mojada se necesita evacuar rápidamente el agua para lo cual se precisa una macrotextura adecuada. Al respecto es necesario destacar que

mientras que la macrotextura sufre escasas alteraciones con el transcurso del tiempo, la microtextura puede cambiar dentro de períodos breves sin poder detectarla fácilmente; un ejemplo típico es la acumulación de caucho en la zona de toma de contacto, produciendo una disminución considerable en el nivel de rozamiento en condiciones de superficie mojada.

Teniendo presente la fuerte influencia de la macrotextura en la prevención del hidropneumático, en el Anexo 14 de OACI se indica en términos de profundidad media, que la textura de la superficie no debería ser inferior a 1mm para superficies nuevas. Las superficies que no alcancen este valor presentarán características deficientes de rozamiento en condiciones de superficie mojada, particularmente si la pista es utilizada por aeronaves de alta velocidad de aterrizaje. La profundidad media de macrotextura puede determinarse por el método de la “mancha de grasa” o del “parche de arena”, que se basan en un proceso volumétrico. El mismo consiste en esparcir sobre la superficie de la pista un volumen conocido de grasa o arena de granulometría definida, medir el área involucrada y efectuar el cociente para obtener la profundidad media.

Respecto de la microtextura, no existe ninguna forma de medición directa, pero como es un componente vital en el rozamiento húmedo, la suficiencia de microtextura puede evaluarse en general midiendo el coeficiente de rozamiento.

Como se expresó anteriormente, un problema de la microtextura es que puede cambiar en períodos breves, cosa que no ocurre con la macrotextura. Un ejemplo típico es la acumulación de caucho en la zona de toma de contacto, lo que reduce sensiblemente el rozamiento con pista mojada. Para controlar este problema se recurre a la medición periódica del coeficiente de rozamiento y su frecuencia dependerá del número de aterrizajes y del tipo de aeronaves que operen, no obstante en todas las pistas debería realizarse por lo menos un control anual.

En tal sentido el Anexo 14 de OACI, punto 2.9.5. dice “...Se facilitará la información de que una pista o parte de la misma puede ser resbaladiza cuando está mojada”, entendiéndose por resbaladiza si “...las características de rozamiento en la superficie de la pista medidas con un dispositivo de medición continua del rozamiento son inferiores al nivel mínimo de rozamiento especificado por el Estado”. Asimismo en el punto 9.4.4. dice como norma que “Se medirán periódicamente las características de

rozamiento de la superficie de la pista con dispositivo de medición continua del rozamiento, dotado de un humectador automático”, y en el punto 9.4.5. con igual carácter dice “...Se adoptarán medidas correctivas de mantenimiento cuando las características de rozamiento de toda la pista, o de parte de ella, sean inferiores al nivel mínimo de rozamiento especificado por el Estado”.

**CASO AEROPUERTO JORGE NEWBERY
(Ciudad de Buenos Aires – República Argentina)**



Dadas las reducidas dimensiones de la pista y las particulares condiciones meteorológicas que se registran, las exigencias de rozamiento cuando la superficie se encuentra mojada son extremas, por tal motivo desde hace muchos años se ha venido realizando una tarea diaria (en horas nocturnas) de descontaminación de caucho a fin de mantener el coeficiente de rozamiento en niveles aceptables. Las mediciones de dicho coeficiente se realizaban quincenalmente con un equipo Mu-Meter (Mark V) de propiedad de la Fuerza Aérea Argentina.



Mu Meter Mark V (Fuerza Aérea Argentina)

Durante el año 1999 la superficie de la pista fue mostrando, en sucesivas mediciones del coeficiente de fricción, una disminución paulatina pero continua de dichos valores en la zona de toma de contacto, especialmente en cabeceras 13, hasta llegar por último a resultados por debajo de los límites mínimos admisibles.

Al respecto es preciso señalar que, teniendo en cuenta las recomendaciones de OACI, los valores adoptados y publicados en AIP, medidos con Mu Meter son los siguientes:

- Nivel Mínimo: 0,42
- Nivel de Mantenimiento: 0,52
- Nivel de diseño: 0,72

Tal como se destaca en el punto 2.9.6 y concordantes del Anexo 14, cuando se registran valores del coeficiente de fricción inferiores al Nivel Mínimo en longitudes del orden del los cien metros, es preciso iniciar de inmediato acciones correctivas y paralelamente informar a los pilotos que la pista, en condiciones de superficie mojada, puede tornarse resbaladiza.

No obstante que la empresa concesionaria venía realizando tareas de descontaminación de caucho de manera continua, la situación planteada motivó una serie de notificaciones, tanto de la Fuerza Aérea (responsable del control del tránsito aéreo), como del O.R.S.N.A. (Organismo Regulador del Sistema Nacional de Aeropuertos) a la empresa AA2000 S.A. (concesionaria), para imponerla oficialmente de los resultados registrados y solicitarle, como responsable del mantenimiento de la citada pista, que debía

tomar los recaudos adecuados para subsanar a la brevedad la deficiencia mencionada, de lo contrario se estaría operando en condiciones muy inestables para la continuidad del servicio.