

Riesgos laborales derivados del uso del asfalto y/o productos bituminosos (I)

Los productos bituminosos, son complejos materiales de naturaleza orgánica, cuyas características permiten utilizarlos en ramas dispares de la construcción. Su uso no debería suponer riesgos muy relevantes si se manipularan apropiadamente. Para ello Manuel Jesús Falagán Rojo, Técnico Superior en Prevención de Riesgos Laborales de Ibermutuamur, nos indica cómo familiarizarnos con sus riesgos y medidas preventivas, al objeto de mejorar sus condiciones de utilización y eludir posibles afecciones profesionales.

Asfaltos: Químicamente pueden definirse como: “Complejas mezclas de componentes químicos de alto peso molecular, predominantemente asfaltenos, hidrocarburos cíclicos (aromáticos o nafténicos) y una cantidad menor de componenetes saturados de baja reactividad química”.

1. Productos bituminosos. origen y características

Se conoce por material o **producto bituminoso** a las sustancias con características ligantes, formadas principalmente por betunes y otros aditamentos en menor proporción. Se trata por tanto de una sustancia mineral aglomerante, compuesta generalmente de caliza e impregnada por betún, de color marrón oscuro a negro, sólida o líquida viscosa y densa a temperatura ambiente.

Técnicamente hablando se conceptúan como materiales bituminosos los que contienen en su composición asfaltos naturales, betunes asfálticos de penetración, betunes asfálticos de oxidación, alquitranes o breas, donde habría que destacar asfáltenos, resinas y aceites.

Estos elementos le aportan unas características de consistencia, aglutinación y ductilidad al producto y le confieren unas propiedades cementales a temperaturas ambientales normales.

La composición química de los asfaltos está supeditada tanto al petróleo crudo original como al proceso manejado a lo largo del refino. Los asfaltos derivan predominantemente de los petróleos crudos, especialmente del petróleo crudo de residuo más pesado.

Los betunes, junto con el barro, fueron los primeros materiales que empleó el hombre. Estos materiales eran utilizados porque tenían buenas propiedades adhesivas y excelentes características impermeables. Se acopiaban procedentes de las superficies de los lagos y se utilizaban como material aglomerante.



Por otro lado, cuando los materiales bituminosos proceden del petróleo, sin importar su génesis, reciben el nombre de **asfaltos, betunes asfálticos o bitumen**.

Los asfaltos pueden tener por tanto, dos orígenes: natural o como derivado del tratamiento del petróleo. En el primer caso, son producto del petróleo, pero a partir de un proceso natural de evaporación de las fracciones volátiles y/o oxidación del petróleo líquido, dejando las fracciones asfálticas solamente; de esta forma los betunes naturales: son aquellos que afloran en la naturaleza.

La procedencia de estos betunes está en los petróleos que han emergido a la superficie a través de fisuras y se han depositado allí; con el tiempo los materiales más ligeros que lo componían se evaporaron, quedando los componentes de mayor viscosidad.

A su vez, casi todos los asfaltos utilizados hoy día en el mundo provienen del refinado del petróleo, dada su uniformidad y consistencia.

La proporción de asfalto de un petróleo crudo es variable, estando supeditada a la formación geológica del yacimiento. Es así, entonces, como ciertos petróleos son casi globalmente asfaltos, y otros prácticamente no lo contienen.

A través del fraccionamiento del petróleo crudo es como se disocian sus constituyentes, aprovechando sus divergentes volatilidades. El asfalto es el residuo de la destilación primaria o atmosférica a la que se somete el petróleo. Esto es así, porque tiene un alto punto de ebullición, por lo que no se evapora. De allí puede pasar a la destilación al vacío, donde el residuo obtenido en el fondo de la columna de destilación contiene los asfaltenos dispersos en un aceite muy pesado. De acuerdo a la cantidad de vacío que se inyecta para la separación, se lograrán diversos cortes de asfaltos, que dependerán de las condiciones finales buscadas. El contenido de betún del asfalto obtenido es superior al 95 %.

Por otra parte, los asfaltos tienen una extensa variedad de aplicaciones, incluyendo la pavimentación de calles, carreteras y aeropuertos, materiales para cubiertas, impermeabilización y aislamiento, revestimiento de canales y depósitos de riego; y también el revestimiento de presas y diques.

Por último, tanto el asfalto de petróleo como el alquitrán son referidos en forma conjunta, como materiales bituminosos. Sin embargo, el asfalto no debe ser confundido con el alquitrán, ya que sus propiedades (físicas y químicas) difieren en forma considerable. El asfalto está compuesto casi enteramente por betún, mientras que en el alquitrán el contenido de betún es poco significativo. En vista de estas divergencias es necesario que los productos del alquitrán y los asfaltos sean considerados y tratados como elementos completamente independientes.

2. Clasificación materiales bituminosos

Técnicamente podemos clasificar a los “*Materiales Bituminosos*” como:

- **Betunes**
- **Asfaltos**
- **Alquitranes**

2.1. Betún o bitumen

Los betunes son generalmente masas resultantes de la mezcla de líquidos orgánicos, de color negro, altamente viscosos y pegajosos que al calentarse, se vuelven semi-sólidas o líquidas, conformando entonces un sistema coloidal de pequeñas partículas de carbón en una mez-

cla de hidrocarburos de alto peso molecular. Es insoluble en agua a 20 °C pero plenamente soluble en ciertos solventes orgánicos, como por ejemplo el tetracloruro de carbono y el disulfuro de carbono.

A altas temperaturas el betún se comporta como un fluido, lo que permite ejecutar la mezcla con los áridos, mientras que al bajar la temperatura pasa a comportarse como un sólido elástico, repuntando su viscosidad lo suficiente como para dar cohesión a la mezcla y poder resistir los esfuerzos ocasionados por el tráfico sin sufrir deformaciones permanentes.

Los betunes se hallan en los asfaltos, alquitranes y breas (echadas) del carbón, y alquitranes de madera. El contenido o cantidad de betún de una sustancia se determina por disolución en solventes orgánicos en laboratorio.

A su vez, el betún es la fracción residual resultante de la destilación fraccionada del petróleo. Se trata por tanto de la fracción más pesada y la que tiene el punto de ebullición más alto.

Por otra parte, no debe ser confundido con el asfalto (al que a veces se llama betún de Judea o judaico, pero que es una mezcla de minerales y betún) ni con el alquitrán (que se obtiene de la destilación destructiva del carbón y es químicamente diferente).

La mayoría de los betunes contienen azufre y varios metales pesados como níquel, vanadio, plomo, cromo, mercurio y también arsénico, selenio y otros elementos tóxicos. Los betunes pueden lograr una buena conservación de plantas y animales, que forman fósiles en las rocas.

El betún se usa primordialmente para pavimentar carreteras. Sus otros usos se encuentran como productos para impermeabilizar, incluyendo el papel alquitranado para el sellado de techos y tejados. En el pasado, el betún se usó para impermeabilizar barcos, e incluso como un recubrimiento en construcción.

2.2. Asfalto

Se trata de una sustancia negra, pegajosa, sólida o semisólida según la temperatura ambiente; que a la temperatura de ebullición del agua tiene consistencia pastosa, por lo que se extiende con facilidad. Se utiliza para revestir carreteras, impermeabilizar estructuras, como depósitos, techos o tejados, y en la fabricación de baldosas, pisos y tejas.

Químicamente el asfalto es un material que está presente en el petróleo crudo y compuesto casi por completo de bitumen. Se encuentra en estado natural formando una mezcla compleja de hidrocarburos sólidos no volátiles y de elevado peso molecular en lagunas de algunas cuencas petroleras, y a pesar de la fácil explotación y excelente calidad del asfalto natural, no suele explotarse desde hace mucho tiempo ya que, como ocurre con el gas en la obtención de la gasolina, al obtenerse en las refinerías petroleras como subproducto sólido en el craqueo o fragmentación que se produce en las torres de destilación, resulta mucho más económica su obtención de este modo.

El asfalto adicionalmente es un material bituminoso dado que contiene betún, el cual y como ya apunta-

Desde el punto de vista de la higiene Industrial, es común englobar al alquitrán y la brea bajo el término de “Volátiles del alquitrán”, ya que comprende a los compuestos generados por estas sustancias cuando son calentadas.

mos es un hidrocarburo soluble en bisulfuro de carbono (CS₂). El alquitrán derivado de la destilación de un carbón graso, también contiene betún, por lo tanto también es un material bituminoso si bien no debe confundirse con el asfalto, ya que sus propiedades difieren considerablemente.

Por otro lado, una mezcla asfáltica en general es una mezcla de asfalto y agregados minerales pétreos en proporciones exactas. Las proporciones relativas de estos minerales especifican las propiedades físicas de la mezcla y, eventualmente, el desempeño de la misma como mezcla terminada para un determinado uso.

2.3. Alquitrán

El alquitrán es una sustancia bituminosa líquida, muy viscosa, grasa, oscura y de olor fuerte, así como desagradable y amargo, soluble en benceno, éter, bisulfuro de carbono, cloroformo y parcialmente soluble en alcohol, acetona, metanol; si bien es poco soluble en agua, que se obtiene de la destilación de ciertas materias orgánicas, principalmente del carbón por destilación seca, además de huesos, turba, y de algunas maderas resinosas.

El alquitrán no se obtiene como producto, sino como subproducto generalmente de una coquización o carbonización del carbón a altas temperaturas. Este alquitrán se le somete a un proceso de destilación, donde vamos separando aceites de diversa finura, y al final nos va a quedar sólo la brea. La brea por tanto, es el residuo final de esa destilación; se recoge en depósitos refrigerados y después de solidificada se trocea. Entre los

compuestos resultantes de la destilación del alquitrán, está la creosota que bulle a una temperatura superior a los 200 °C y que será también de interés higiénico.

3. La brea: usos y aplicaciones

Habría que remarcar igualmente a la denominada brea o pez que es un residuo de la pirólisis de un material orgánico o destilación de alquitranes. Es sólida a temperatura ambiente y está constituida por una mezcla compleja de muchos hidrocarburos. Las breas presentan un amplio intervalo de ablandamiento en vez de una temperatura definida de fusión. Cuando se enfría el fundido las breas solidifican sin cristalización.

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos HAP's constituyen el grupo de compuestos más abundantes en las breas. La diferente tipología de esas dos clases de compuestos poliaromáticos afecta a su comportamiento, por ejemplo a su reactividad térmica.

Usos y aplicaciones de las breas

La materia prima principal para la fabricación de los materiales de carbón es la brea, esencialmente la de alquitrán de hulla y petróleo y sus coques. La transformación de estos precursores en un material de carbón implica un proceso de tratamiento térmico denominado carbonización.

La brea también es una precursora de algunos tipos de fibras de carbono o de grafito. Para la obtención de este tipo de fibras la brea se somete a un tratamiento térmico para obtener la brea de mesofase. Posteriormente, ésta se trata mediante un hilado para obtener una fibra de brea (termoplástico, con algún grado de orientación, en las moléculas, a lo largo del eje de la fibra).



4. Los asfaltos composición, propiedades y tipos

4.1. Composición Química y propiedades Físicas

- **Propiedades físicas:** El asfalto es un material aglomerante, resistente, muy adhesivo, altamente impermeable y duradero; capaz de resistir altos esfuerzos y fluir bajo acción de calor o cargas permanentes. Componente natural de la mayor parte de los petróleos, en los que existe en disolución y que se obtiene como residuo de la destilación al vacío del crudo pesado. Es una sustancia plástica que da flexibilidad controlable a las mezclas de áridos con las que se le combina ordinariamente. Su color varía entre el negro y el café oscuro; de consistencia sólida, semisólida o líquida, dependiendo de la temperatura a la que se exponga o por la acción de disolventes de volatilidad variable.
- **Composición química:** Al igual que el petróleo crudo, el asfalto, es una combinación de múltiples hidrocarburos parafínicos, aromáticos y compuestos heterocíclicos que contienen azufre, nitrógeno y oxígeno; casi en su totalidad solubles en sulfuro de carbono.

4.2. Propiedades Generales

Respecto a las propiedades “Mecánicas Básicas” decir que cuando el asfalto es calentado a una temperatura lo suficientemente alta, éste comienza a fluidificarse. A temperaturas mas bajas, el asfalto es un sólido visco-elástico, sus propiedades mecánicas

son más complejas y se describen por su modulo de visco-elasticidad.

- **La Viscosidad:** Establecida para un líquido como la resistencia que se opone a la fluencia de ese líquido. La viscosidad está muy vinculada a la temperatura, y la mayor o menor facilidad de reducirla con la temperatura se conoce como el índice de viscosidad que podemos definir como el porcentaje de disminución de la viscosidad cuando se aumenta 1°C la temperatura.
- **El Punto de reblandecimiento.** Los productos bituminosos no son sólidos verdaderos, por lo que no presentan un punto de fusión establecido. Se define un punto de reblandecimiento convencional que es la temperatura a la que adquiere una fluidez determinada.
- **La Ductibilidad:** Es la capacidad que poseen los materiales de deformarse por alargamiento sin que su masa se disgregue.
- **La Fragilidad:** Esta propiedad es muy relevante para materiales impermeabilizantes. Se da cuando el material se hace excesivamente viscoso, se hace frágil, no aguanta esfuerzos y se rompe
- **El Craqueo.** El denominado “Ensayo Fraass” es la medida de las propiedades de quiebre del asfalto a bajas temperaturas.
- **La Pérdida por calentamiento:** La evaporación de parte de los materiales más volátiles puede evidenciar alguna alteración en las características de los betunes. Dicha propiedad nos permite saber si



al calentar el material nos van a cambiar o no sus características.

- La Resistividad / Conductividad Eléctrica: El asfalto tiene una alta resistencia eléctrica y es en consecuencia un buen material aislante. La resistencia de los grados comerciales decrece con el incremento de la temperatura.
- Las Propiedades Térmicas: El asfalto es moderadamente un buen material aislante térmico.
- La Solubilidad. Esta propiedad nos fija si el material es puro o no. A través del tricloruroetano o S2C podemos ver si es soluble o no.

4.3. Tipos de asfaltos

Dentro de una clasificación basada en la forma de presentarse o manifestarse a los asfaltos podemos tipificarlos como:

- Asfaltos de viscosidad graduada. Son generalmente, el producto residual de la destilación atmosférica del petróleo crudo aplicando una posterior destilación al vacío, una oxidación parcial (rectificación al aire), una precipitación por disolventes o una combinación de dichos procesos.
- Los asfaltos oxidados son aquellos a los que se les ha modificado sus características por insuflado o soplado de aire a altas temperaturas.
- Asfaltos sólidos o duros: Además de sus propiedades aglutinantes e impermeabilizantes, posee caracterís-

ticas de flexibilidad, durabilidad y alta resistencia a la acción de la mayoría de los ácidos, sales y alcoholes.

- Asfalto fluxante. Son aquellos betunes que llevan como fluidificante aceites naturales de la destilación del alquitrán.
- Asfaltos líquidos: También denominados asfaltos rebajados o cutbacks, son materiales asfálticos de consistencia blanda o fluida por lo que se salen del campo en el que normalmente se aplica el ensayo de penetración.
- Asfaltos emulsificados: Son finas dispersiones de gotas de betún en agua. Se fabrican empleando batidoras de alta velocidad, como los molinos coloidales. El contenido de betún puede oscilar entre el 30 y el 70 % en peso.
- Los asfaltos o betunes modificados que contienen cantidades significativas (normalmente del 3 al 15 % en peso) de aditivos especiales, como polímeros, elastómeros, sulfuros y otros productos usados para modificar sus propiedades; se aprovechan para aplicaciones especiales.

5. Aplicaciones de los asfaltos

Los asfaltos son productos viscosos cuyas características permiten utilizarlo en dispareas ramas de la construcción, por su versatilidad y fácil manejo.

Por otra parte, los asfaltos son productos de gran consumo requeridos en tonelaje creciente para variados usos, si bien es indudablemente en la construcción de viales su consumo



por excelencia. Veamos a continuación una lista no exhaustiva de las principales aplicaciones industriales:

1. **Pintura asfáltica:** es la mezcla de asfalto oxidado con solventes de rápida evaporación (por ejemplo n-hexano). Entre sus aplicaciones más importantes se pueden citar las impermeabilizaciones precarias básicas, verticales (medianeras previa a su terminación), materiales con fibras resistentes al agua, ligantes, adhesión al techo con membranas, recubrimientos protectores de metal y concreto, industria eléctrica, etc.
2. **Asfalto plástico:** Sus aplicaciones se fundamentan en la fabricación de membranas asfálticas (techados, canales de riego, diques, etc.) y como sellador de juntas de pavimentos de hormigón.
3. **Membranas asfálticas:** comúnmente utilizadas en la impermeabilización de techados; están compuestas, en general, de láminas asfálticas con una o varias armaduras y con un material antiadherente como terminación. Se presentan en rollos, son aplicables al techo por soplete y se adhieren con pinturas asfálticas o flotantes.
4. **Los asfaltos oxidados** cuentan con una amplia variedad de usos: materia prima para la fabricación de membranas asfálticas, sellador de pozos petroleros, aplicaciones hidráulicas, revestimientos de cañerías, sellados asfálticos para rellenar cavidades debajo de pavimentos rígidos (hormigón), como protección anticorrosiva para fundaciones de tanques, columnas y otras construcciones.

ASFALTOS. Ventajas y Desventajas

- Resistente al ataque químico y bacteriológico.
- Se puede aplicar sobre cualquier superficie.
- Evitan el proceso de destrucción del concreto armado, que por su naturaleza propia es poroso y generalmente tiene microfisuras.
- Protegen el acero de la corrosión.
- Totalmente impermeable al agua y vapores de la misma.
- Las propiedades del material permiten que se adhiera o integre a la superficie impermeabilizada, evitando que se levante por cambios bruscos de temperatura o dilataciones que se puedan presentar por diferentes motivos.
- Tienen una baja durabilidad, es decir, que se alteran fácilmente con las acciones atmosféricas como la lluvia, ascensos y descensos de la temperatura, rayos ultravioletas... (Este es el mayor inconveniente frente a los firmes de hormigón).

5. Asfalto de pavimentación Habida cuenta que el asfalto es un material altamente impermeable, adherente y cohesivo, capaz de resistir altos esfuerzos y fluir bajo la acción de cargas permanentes, se utiliza fundamentalmente en la construcción de pavimentos, pues:

- Confiere una buena unión y cohesión entre agregados, repuntando por ello la resistencia con la adición de espesores relativamente pequeños.
- Capaz de resistir la acción mecánica de disgregación ocasionada por las cargas de los vehículos.
- Baja susceptibilidad térmica; lo que implica que cuando se ponga en obra tenga comportamiento plástico, ya que este material viscoso cuando se calienta puede llegar a deformarse permanentemente y cuando esta sometido a bajas temperaturas se fragiliza pudiendo llegar a romperse.
- Impermeabiliza la estructura del pavimento, haciéndolo poco sensible a la humedad y eficaz contra la penetración del agua proveniente de las precipitaciones.

6. Riesgos higiénicos

Caracterización Higiénica

Es conocido que la mezcla de los hidrocarburos del petróleo esta compuesta en una proporción variable, compleja y no determinada, de compuestos orgánicos de elevado peso molecular y una proporción relativamente gran-

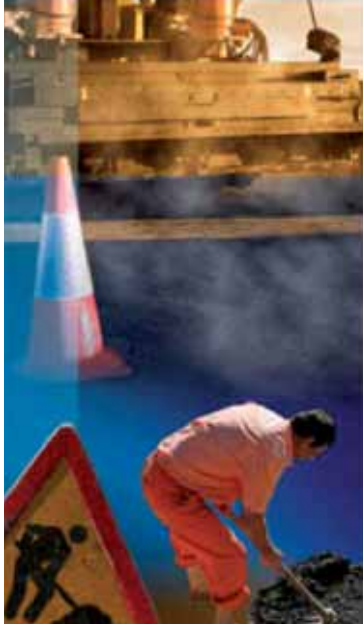
de de hidrocarburos con un número de carbonos en su mayor parte superior a C25 (betún) emulsionado en agua y en medio ácido.

Por otro lado, si seguimos con las indicaciones de las Fichas de Datos de Seguridad tipo de los productos como componentes peligrosos, se encuentra la nafta (petróleo) o White spirit, fracción pesada hidrodesulfurada con un contenido de benceno < 0,1% (CAS nº 64742-82-1). Todo el producto en si, teniendo en cuenta las proporciones de los productos que lo componen, está considerado básicamente como inflamable (R10), irritante (R38), nocivo y tóxico para los organismos acuáticos (R65 y 67), puede provocar a largo plazo efectos negativos para el medio ambiente acuático (R 51/53).

Como información toxicológica lo más reseñable es la posibilidad de irritación del tracto respiratorio superior y de los ojos por la presencia de los humos (se debe indicar que en ciertas condiciones puede desprender sulfuro de hidrógeno), además de su posible carácter carcinogénico.

Riesgos generales y experimentación animal y humana

El manejo del asfalto caliente puede causar graves quemaduras, debido a que es pegajoso y no se quita fácilmente de la piel. La principal preocupación desde el punto de vista toxicológico industrial, es la irritación de la piel y de los ojos por los humos del asfalto caliente. Estos humos pueden causar dermatitis y lesiones parecidas al acné, así como queratosis ligera en caso de exposiciones repetidas y prolongadas. Los humos amarillo-verdosos desprendidos por el asfalto al hervir también pueden causar fotosensibilización y melanosis.



Aunque todos los materiales asfálticos son aptos para la combustión si se calientan suficientemente, los cementos asfálticos y los asfaltos oxidados no arderán normalmente, a menos que su temperatura se eleve unos 260 °C.

Por último y causa de su insolubilidad en medios acuosos y del alto peso molecular de sus componentes, el asfalto tiene un nivel de toxicidad bajo. a) Experimentación animal

Los efectos sobre el árbol traqueobronquial y los pulmones aparecidos en los ratones al inhalar un aerosol de asfalto, así como al inhalar humo de asfalto calentado, dieron lugar a congestión, bronquitis, neumonía, dilatación bronquial, cierta infiltración en las células redondas peribronquiales, formación de abscesos, pérdida ciliar, atrofia epitelial y necrosis. Dichos cambios patológicos fueron diferentes y algunos animales se mostraron relativamente refractarios al tratamiento, si bien se llegó a la conclusión de que estas alteraciones constituían un fenómeno general originado por respirar aire contaminado con hidrocarburos aromáticos, y que el grado de cambio depende de la dosis respirada. Los cobayos y las ratas que respiraron humos de asfalto calentado desarrollaron efectos como neumonías crónicas fibrosas con adenomatosis peribronquial, y las ratas iniciaron una metaplasia celular escamosa, pero ninguno de los animales presentó lesiones malignas.

Así mismo se han realizado pruebas sobre los efectos de la aplicación de asfaltos refinados al vapor a la piel de los ratones. Los asfaltos no disueltos, las disoluciones en benceno y una fracción de asfalto refinado al vapor promovieron tumores de la piel. De hecho y pese a que en la

aplicación de los asfaltos refinados al aire (oxidados) a la piel de los ratones, con el material sin diluir no se observaron tumores cutáneos significativos, sí en un experimento con un asfalto refinado al aire en un disolvente (tolueno) donde se patentaron tumores cutáneos tópicos, a su vez dos asfaltos craqueados suscitaron tumores cutáneos al aplicarlos a la piel de ratones.

b) Experimentación humana

Respecto a la carcinogenicidad en las personas no existen pruebas concluyentes, si bien se han observados repuntes de riesgo al cáncer respiratorio en los operarios de cubiertas, y según algunos estudios daneses el cáncer de pulmón aumenta en operarios expuestos a alquitrán; en California se apreciaron incrementos significativos de leucemia y cáncer urológico en trabajadores de carreteras. Por tanto y aunque los datos epidemiológicos de que se dispone hasta la fecha no bastan para demostrar con un grado razonable de certeza científica que el asfalto representa un riesgo de cáncer para las personas, existe un consenso generalizado de que, a la luz de los estudios experimentales, tal riesgo es posible, cuestión que abordaremos más adelante.