



Número de folio: 9331

Expediente: [REDACTED]

ASUNTO: SE RINDE DICTAMEN DE INCENDIOS

Ciudad de México, a 17 de marzo de 2016

[REDACTED]
AGENTE DEL MINISTERIO PÚBLICO DE LA FEDERACIÓN
ADSCRITO A LA OFICINA DE INVESTIGACIÓN DE LA
SUBPROCURADURÍA DE DERECHOS HUMANOS,
PREVENCIÓN DEL DELITO Y SERVICIOS A LA
COMUNIDAD,
SUBPROCURADURÍA DE DERECHOS HUMANOS
P R E S E N T E.



RECIBIDO

19 MAR 2016

8 C C 9

SDHPDSC

OFICINA DE INVESTIGACIÓN DE LA
SUBPROCURADURÍA DE DERECHOS HUMANOS,
PREVENCIÓN DEL DELITO Y SERVICIOS A LA COMUNIDAD

Los que suscriben, Peritos Oficiales en materia de **Incendios y Explosiones** de esta Institución, propuestos para intervenir en el número de expediente anotado al rubro y en atención a su **oficio número [REDACTED]** fecha **08 de Febrero del año en curso**, una vez de haber sido propuestos oficialmente se tiene lo siguiente:

D I C T A M E N

PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA.

De su oficio en cuestión, se desprenden los siguientes cuestionamientos:

"...realice una interpretación y análisis de la opinión técnica contenida en el oficio [REDACTED] emitida por la [REDACTED] del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México y relacionada con el estudio de 14 materiales de suelo, fragmento de roca, materia orgánica y fragmentos naturales..."

OBSERVACIONES.

II.I.I. DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS POR PARTE DEL INSTITUTO DE GEOLOGÍA.

II.I.II.1°. Las muestras marcadas como **2, 3, 5, 11-A, 11-B, 11- C, 18-A, 18-B, 18-C**, estas corresponden a la recolección de suelos en el basurero de Cocula.

II.I.II.2°. La muestra marcada como **2**, menciona que en su revisión encontraron "**restos de roca caliza y restos orgánicos, carbonizados**".

II.I.II.3°. La muestra marcada como [REDACTED] indican que "**corresponde a un suelo con agregados granulares. Resalta su abundante contenido de materia orgánica carbonizada, lo que sugiere cercanía a algún tipo de [REDACTED]**".

Rev.: 0

Av. Río Consue...

REF.: IT-IE-01

Carretera Insurgentes, C.P. 06430, Delegación Cuauhtémoc, México, D. F.,

Tel. (55) 5346 1920, (55) 5346 1980 fax - www.pgr.gob.mx



II.III.4°. **La muestra marcada como 11-a**, en su descripción menciona que se trata de un "suelo de color pardo muy oscuro-negro con restos de materiales no naturales quemados entre ellos abundantes fragmentos de alambre, también contiene abundantes materiales orgánicos calcinados".

II.III.5°. **La muestra marcada como 11-b**, en su descripción menciona que se trata de un "suelo de color negro con estructura granular, bien desarrollada con menor cantidad de materia orgánica carbonizada".

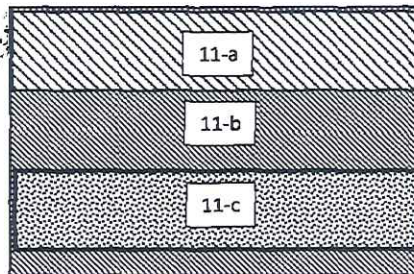
II.III.6°. **La muestra marcada como 11-c**, en su descripción corresponde a un "suelo bien desarrollado, con estructura granular, de color negro, con algunos fragmentos de caliza. No contiene materiales no naturales".

"Las muestras 11-a, 11-b y 11-c, estas muestras recolectadas dentro de la zona de mayores daños por fuego., en la muestra 11se encuentran restos de roca caliza, mencionando en la página 19 del estudio, mencionando lo siguiente:

La muestra presenta un cambio textural que aparece en la capa externa y que afecta hasta una profundidad aproximada de 100 µm, y fracturas perpendiculares a la superficie que son congruentes con un calentamiento de la muestra a probables temperaturas mínimas de 200°C. No. Se observó ningún cambio mineralógico por lo que la temperatura fue probablemente menor a los 800°C. Los abundantes restos vegetales bien preservados y la ceniza que cubre la zona alterada sugiere una fuerte exposición al humo."

Nivel del suelo

"Corte del suelo"



11-a. Contiene abundantes materiales calcinados

11-b. Contiene menor cantidad de materia orgánica calcinada

11-c. No contiene materiales no naturales

II.III.7°. **La muestra marcada como 18-a**, se trata de un "Suelo de color pardo muy oscuro-negro de estructura granular bien desarrollada, con abundantes raíces, **la 18-a, no contiene abundante materia orgánica carbonizada**".

Rev.: 0

REF.: IT-IE-01

FO-IE-09

Av. Río Consulado No. 715-721, Colonia Santa María Insurgentes, C.P. 06430, Delegación Cuauhtémoc, México, D.F.
Tel. (55) 5346 1920, (55) 53461980 fax - www.pgr.gob.mx



II.III.8°. **La muestra marcada como 18-b**, menciona que es "Suelo de color pardo muy oscuro-negro muy similar a la 18-a, La estructura es granular, con algunos agregados de mayor tamaño, **no contiene la abundancia de basura ni material carbonizada**".

II.III.9°. **La muestra marcada como 18-c**, se trata de un "Suelo de color pardo muy oscuro-negro con estructura granular", no menciona que contengan materiales carbonizada ni basura.

II.III.10°. **Comparación megascópica entre suelos**

Hacen una comparación entre las muestras 18-a, b y c. y la muestra 3 teniendo las siguientes observaciones.

"Se aprecian una muestra de mano diferencias importantes en la coloración y textura entre los suelos de las muestras 18a, b, y c, con respecto a la muestra 3, ya que la muestra 3 presenta una proporción considerable de material carbonizado y ceniza muy fina."

II.III.11°. Las muestras marcadas como **5, 12, 13, 15, 16 y 17**, estas corresponden a rocas, recolectadas en el basurero de Cocula el día 15 de noviembre de 2015, teniendo lo siguiente:

II.III.12°. **"La muestra marcada como 5**, Fragmento de roca (caliza), cuya superficie muestra coloraciones claras, en tanto que al interior se tiene una coloración oscura", ubicada dentro de la zona con mayores daños por fuego.

"Solo una muy pequeña parte de la muestra presenta cambios en la estructura mineral que son congruentes con un calentamiento. No contiene evidencia de cambio mineralógico por lo que la temperatura nunca supero los 800°C."

II.III.13°. **La muestra marcada como 12**, Fragmento de roca (caliza), cuya superficie presenta una coloración más oscura-negra, en tanto que el interior", ubicada dentro de la zona con mayores daños por fuego.

"La muestra posee un cambio textual en la zona externa. Este cambio de textura, se interpreta como el resultado de haber estado sometida a una fuente de calor. Cambios similares fueron observados en las muestras experimentales que se describe en el capítulo 4, a partir de los 200°C."

II.III.14°. **"La muestra marcada como 13**, Fragmento de roca en forma de lajas. Su textura es muy fina y su olor muy oscuro. Al romperla desprende un olor, relacionados a calizas bituminosas. La superficie está impregnada de material de color muy oscuro (**suelo y material orgánico carbonizado**).

La muestra presenta en sus bordes se encuentran recubiertos por un material oscuro, amorfo que se encuentra agregados que varían desde el **material compacto hasta cenizas dispersas en abundante material de origen orgánico fuertemente carbonizado**.

Rev.: 0

REF.: IT-IE-01

Av. Río Consulado No. 715-721, Colonia Santa María Insurgentes, C.P. 06430, Delegación Cuauhtémoc, México, D.
Tel. (55) 5346 1920. (55) 53461980 fax - www.pgr.gob.mx



II.III.15°. **"La muestra marcada como 15,** Fragmentos de caliza de color negro que tiene un recubrimiento de color negro corresponde a material orgánico carbonizado no se pudo determinar su composición, **aunque visualmente es similar al plástico de llanta derretido u otro material plástico. (para determinar su origen se requiere de un estudio especial).**

La muestra descrita presenta el cambio textural de la zona alterada puede deberse a un calentamiento a temperatura iguales o mayores a 200°C. Sin embargo la no existencia de cambios mineralógicos detectables indica que la temperatura nunca llegó a los 800°C.

El recubrimiento de esta muestra no presenta restos vegetales reconocibles. No es posible determinar el origen de la sustancia carbonosa oscura que recubre la muestra pues no posee propiedades ópticas, pero parece tener un origen orgánico. La muestra de mano presentó abundante material carbonizado similar al que se origina de quema de plástico de llantas, pero para su identificación se requiere un estudio especial."

II.III.16°. **"La muestra marcada como 16,** Está muestra tiene diferentes coloraciones, que varían del negro al pardo y blanco. Se nota una quema que solo afecta la parte más superficial de la roca, las coloraciones pardas se asocian a procesos geológicos (de intemperismo) naturales.

La muestra posee un cambio textural en la zona externa. Este cambio de textura ocurre cuando una caliza se expone a calor cuyas temperaturas son de alrededor de los 200°C o más. No se observaron cambios mineralógicos (NO hay cambios de Calcita-Dolomita a Portlandita) lo que sugiere que la temperatura fue siempre menor a los 800°C, temperatura a la que ocurre un cambio mineralógico. La gran cantidad de material orgánico parcialmente carbonizado sugiere la exposición de la muestra al humo en una fase de baja temperatura. Estos sugieren dos estadios de exposición, el primero a altas temperaturas y un segundo a humo o a bajas temperaturas. La temporalidad entre ambos se desconoce."

II.III.17°. **"La muestra marcada como 17,** Dos fragmentos de caliza, uno de los fragmentos tiene color pardo oscuro que luce riesgos de quema, en donde inclusive se observa pedazos de plástico fundido, el otro fragmento más fresco y no muestra la coloración por "quema". Ambas muestras tiene en áreas en donde se aprecian cristales bien desarrollados de calcita.

La muestra analizada posee una zona con un cambio textural y fracturas consistentes con un calentamiento mínimo a 200°C. La no existencia de cambios mineralógico indica que esta temperatura nunca alcanzó los 800 °C. El recubrimiento de un material oscuro que permea hacia zonas porosas en forma de un material amorfo de color ámbar es consistente con muestras de origen orgánico que se derritieron o carbonizaron encima de la muestra de roca."

II.III. OPINIÓN TÉCNICA DE [REDACTED] DE GEOLOGÍA DE LA UNAM.

De acuerdo a la opinión [REDACTED] Instituto de Geología de la UNAM se tiene lo siguiente:

Rev.: 0

REF.: IT-IE-01

Av. Río Consulado No. 715-721, Colonia Santa María Insurgentes, C.P. 06430, Delegación Cuauhtémoc, México, D.
Tel. (55) 5346 1920, (55) 53461980 fax - www.pgr.gob.mx



OPINIÓN TÉCNICA

**ESTUDIO DE MUESTRAS DE ROCA Y SUELO RELACIONADAS A LA
AVERIGUACIÓN PREVIA:**

El día 15 de enero de 2015 se recibieron para su estudio 14 muestras empacadas en bolsas de plástico, correspondientes a indicios o evidencias de la Averiguación Previa No. [REDACTED] y con número de folio 83677 (en la cadena de custodia) y número de folio 83678 en las muestras, que contienen una mezcla de materiales como suelo, fragmentos de roca, materia orgánica y fragmentos no naturales. Las muestras fueron recibidas en el Instituto de Geología UNAM y fueron trasladadas al laboratorio para llevar a cabo los estudios correspondientes. Se recibieron las 14 muestras como se muestra en la serie de fotografías de la figura 1. Se abrieron y se tomó un registro fotográfico de cada una. Posteriormente se hizo una descripción de los rasgos más característicos, para tomar submuestras para los diferentes análisis que se llevaron a cabo. Las muestras recibidas se enlistan en la siguiente tabla:

ÍNDICE DE EVIDENCIA				
FECHA	HORA	NÚMERO	FOLIO	OBSERVACIONES
15/11/2014	16:30	2	83678	Tierra de color negro con cenizas
15/11/2014	16:30	3	83678	Tierra de color negro fino
15/11/2014	16:30	5	83678	Fragmento de roca con humo de color blanco
15/11/2014	16:30	11-A	83678	Muestra de suelo a profundidad de 0-3 cm
15/11/2014	16:30	11-B	83678	Suelo a profundidad de 3-25 cm
15/11/2014	16:30	11-C	83678	Suelo 25-30 cm
15/11/2014	16:30	12	83678	Fragmento de roca con delcos de humo
15/11/2014	16:30	13	83678	Fragmento de roca en forma de bola
15/11/2014	16:30	15	83678	Fragmentos de roca por donde se fuego
15/11/2014	16:30	18	83678	Fragmentos de roca quemada en una depresión natural
15/11/2014	16:30	17	83678	Fragmentos de piedra con sustancias dardas
15/11/2014	16:30	18-A	83678	Control e insigne. Muestra de suelo superficial 0-3 cm, en una depresión natural
15/11/2014	16:30	18-B	83678	Testigo suelo a una profundidad de 3-15 cm en una depresión natural
15/11/2014	16:30	18-C	83678	Control suelo a profundidad de 20 cm en una depresión natural

Información confidencial, queda prohibida la reproducción parcial o total de este documento

México D. F., a 18 de septiembre de 2015

Página 1

BASE TEÓRICA SOPORTE DEL ESTUDIO

La roca caliza es un material natural, muy abundante en el sur de México, está formada por agregados de cristales del mineral llamado *calcita*. La calcita es un mineral formado por calcio y carbono (carbonato de calcio CaCO_3). Las rocas calizas pueden contener otros elementos o cristales que representan impurezas de la roca, entre ellos se encuentran el mineral llamado dolomita (carbonato de calcio y magnesio $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$); también en la roca caliza puede contener distintas concentraciones de minerales arcillosos.

[REDACTED] cremas como suelo, está constituido por minerales que en su mayoría [REDACTED] las arcillas. Además puede contener proporciones variables de otros [REDACTED]

Rev.: 0
Av. Río Consul

REF.: IT-IE-01

Santa María Insurgentes, C.P. 06430
5 1920, (55) 53461980 fax - www



Universidad Nacional
Autónoma de México

Instituto de Geología



minerales, como el cuarzo, el feldespato, la calcita, minerales ricos en Fe, como la hematita, limolita, etc., y pequeños fragmentos de rocas propias del lugar. El suelo presenta diferentes texturas, según su composición mineral y contenido de materia orgánica.

OBJETIVO

El presente estudio se enfocó a buscar transformaciones de estos minerales que pudieran indicar exposición en un tiempo prolongado de las muestras a temperaturas elevadas, mayores a las condiciones naturales ambientales.

RESUMEN DE LOS RESULTADOS

1. Las muestras de Roca y Suelo se estudiaron con el objetivo de buscar indicadores de la temperatura a la cual pudieron haber estado sometidas.
2. Las muestras corresponden a suelos y roca caliza.
3. Los suelos contienen fragmentos de materiales no naturales, que incluyen fragmentos de alambre, plásticos y vidrio.
4. Del análisis megascópico se desprende que las muestras contienen evidencias de haber estado expuestas a fuego, tales como: fragmentos vegetales carbonizados, material plástico derretido, evidencias de ahumamiento en la superficie de los fragmentos de roca y abundante ceniza.
5. En análisis microscópico se determinó que los fragmentos de roca corresponden a calizas y calizas dolomitizadas (dolomita), se observó la presencia de calcita y dolomita, minerales de origen natural asociados a los procesos geológicos de la región.
6. Las muestras de roca presentan en la superficie evidencias de exposición a temperaturas mayores a las temperaturas ambientales, que cambiaron la textura de los cristales de dolomita, reduciendo su tamaño, además de la presencia de importante microfracturamiento por exposición a calor.
7. Se realizó un experimento calentando a diferentes temperaturas, en condiciones de laboratorio y a temperaturas constantes, tanto las muestras de roca como de suelo, con el objetivo de

Información confidencial, queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento

México D. F. a 18 de septiembre de 2015

Página 4

Rev.: 0

REF.: IT-IE-01

Av. Río Consulado No. 715-721, Colonia Santa María Insurgentes, C.P. 06450, Delegación Cuauhtémoc, México, D.F.
Tel. (55) 5346 1920, (55) 53461980 fax - www.pgr.gob.mx



Universidad Nacional
Autónoma de México

Instituto de Geología



- registrar los cambios texturales y mineralógicos bajo condiciones controladas, para utilizarlos como parámetro de comparación con las muestras recibidas, sin ningún tratamiento.
8. La comparación indican que las muestras recibidas en ningún caso, alcanzaron temperaturas mayores que 800°C.
 9. La presencia de minerales de arcilla (filosilicatos) en todas las muestras de suelo, indica que las muestras aparentemente no estuvieron expuestas a temperaturas mayores que 400°C por tiempo prolongado, ya que las arcillas desaparecen a dicha temperatura, que marca otro límite para acotar los resultados.
 10. Todas las muestras de suelo presentan restos de carbón vegetal, junto con fragmentos de materiales orgánicos, lo que sugiere temperaturas probablemente menores que 350°C.
 11. En todas las muestras se observan rasgos de quema (aún la 18, considerada como testigo)

De manera preliminar el presente estudio indica que las rocas y suelos sufrieron un calentamiento entre aproximadamente los 200 y los 400°C.

Los datos incluidos en el presente reporte son orientativos y no son concluyentes. Solo reflejan las condiciones del material estudiado y las discusiones e interpretaciones solo se aplican al material en sí, y de manera preliminar.

Información confidencial, queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento

México D. F. a 18 de septiembre de 2015

Página 5

Rev.: 0

REF.: IT-IE-01

Av. Río Consulado No. 715-721, Colonia Santa María Insurgentes, C.P. 06430, Delegación Cuauhtémoc, México, D.F.
Tel. (55) 5346 1920, (55) 5346 1980 fax - www.pgr.gob.mx



III. CONSIDERACIONES DE LA OPINIÓN TÉCNICA DEL INSTITUTO DE GEOLOGÍA DE LA UNAM.

- III.1) De acuerdo a la opinión técnica del Instituto de Geología de la UNAM, Las muestras fueron estudiadas para determinar si SUFRIERON ALGUNA ALTERACIÓN, CAMBIOS ESTRUCTURALES O MINERALÓGICOS RELACIONADOS A CAMBIOS EN LA TEMPERATURA DEL MEDIO EN QUE FUERON COLECTADAS, con el fin de conocer si estuvieron expuestas a fuego.
- III.2) En el capítulo de RESUMEN DE LOS RESULTADOS de la opinión técnica del Instituto de Geología de la UNAM, se tienen "...los suelos contienen fragmentos de materiales no naturales, que incluyen fragmentos de alambre, plástico y vidrio...", esto refiere, que en el lugar donde se recolectaron las muestras de suelo, también hubo la presencia de fragmentos descritos
- III.3) En el capítulo de RESUMEN DE LOS RESULTADOS de la opinión técnica del Instituto de Geología de la UNAM, se tienen "... Del análisis megascópico se desprende que las muestras contienen evidencias de haber estado expuestas a fuego, tales como fragmentos vegetales carbonizados, material plástico derretido, evidencias de ahumamiento en la superficie de los fragmentos de roca y abundante ceniza...", las evidencias que menciona el Instituto de Geología de las muestras permite establecer estuvieron expuestas a un fuego directo.
- III.4) En el capítulo de RESUMEN DE LOS RESULTADOS de la opinión técnica del Instituto de Geología de la UNAM, se tienen "... Las muestras de roca presentan en la superficie evidencias de exposición a temperaturas mayores a las temperaturas ambientales, que cambiaron la textura de los cristales de dolomita reduciendo su tamaño, además de la presencia de importante microfracturamiento por exposición a calor...", esta aseveración, permite establecer que las muestras enviadas para su estudio, fueron sometidas a un fuego directo.
- III.5) En la opinión técnica del Instituto de Geología de la UNAM, se asienta que "...Se realizó un experimento calentado a diferentes temperaturas, en condiciones de laboratorio y a temperaturas constantes, tanto las muestras de roca como el suelo, con el objetivo de registrar los cambios texturales y mineralógicos bajo condiciones controladas, para utilizarlos como parámetro de comparación con las muestras recibidas, sin ningún tratamiento..." y en seguida menciona que "... La comparación indican que las muestras recibidas en ningún caso, alcanzaron temperaturas mayores que 800°C..."
- III.6) Dentro de la opinión técnica del Instituto de Geología de la UNAM, se menciona que "... la presencia de minerales de arcilla (filosilicatos) en todas las muestras de suelo, indica que las muestras aparentemente no estuvieron expuestas a temperaturas mayores que 400°C por tiempo prolongado, ya que las arcillas desaparecen a dicha temperatura, que marca otro límite para acotar los resultados...", determinándose que estuvieron expuestas a fuego directo.

Rev.: 0

REF.: IT-IE-01

Av. Río Consulado No. 715-721, Colonia Santa María Insurgentes, C.P. 06100, Delegación Cuauhtémoc, México, D.F.
Tel. (55) 5346 1920, (55) 5346 1980 fax - www.pgr.gob.mx



III.7) En el capítulo dos denominado como petrografía, menciona que las muestras, con excepción de la testigo, presenta "...carbonizado y calcinado de material orgánico...", "...costra de material orgánico carbonizado, sugiere una segunda etapa de exposición al humo o precipitación de cenizas. La muestra fue expuesta a algún tipo de quema..."; se determinándose que tales muestras se encontraban en el lugar y fueron afectadas por fuego directo y/o calor radiante.

III.8) Finalmente, la opinión técnica del Instituto de Geología de la UNAM da un resultado **PRELIMINAR** donde menciona que **"De manera preliminar el presente estudio indica que las rocas y suelos sufrieron un calentamiento entre los 200 y los 400°C."**, por lo que se establece que las muestras de rocas y suelos se encontraban presentes y se afectaron a causa de una flama y/o calor radiante originado por un fuego, ocurrido en el lugar de su levantamiento

IV. CONSIDERACIONES TÉCNICAS.

VI.A. De acuerdo con el Registro de Cadena de Custodia perteneciente a las muestras de rocas y suelos que se enviaron al Instituto de Geología de la UNAM; se tiene que la totalidad de muestras fueron recolectadas del suelo de la zona donde existieron daños ocasionados por un fuego directo, con excepción de la muestra testigo.

VI.B. La opinión técnica del Instituto de Geología de la UNAM da un resultado **PRELIMINAR** donde menciona que: **"...De manera preliminar el presente estudio indica que las rocas y suelos sufrieron un calentamiento entre los 200 y los 400°C..."**; por lo que en ningún caso las muestras afectadas estuvieron a mayor temperatura que la indicada.

VI.C. De acuerdo a la teoría de la flama o llama, se tiene que: La flama se define como el medio gaseoso en el que se desarrollan las reacciones de combustión; aquí es donde el combustible y el comburente se encuentran mezclados y en reacción.

VI.D. La propagación de la flama es el desplazamiento de ésta a través de la masa gaseosa. Se efectúa esta propagación en el frente de llama. La velocidad de propagación va a depender de la transmisión de calor entre la llama y las zonas contiguas (gases quemados y no quemados). Cuando los gases sin quemar alcanzan la temperatura de ignición, entonces empezarán a sufrir la combustión.

VI.E. De acuerdo a I. Martínez, "Termodinámica básica y aplicada", Ed. Dossat, 1992, ISBN 84-237-0810-1; las llamas se clasifican en

- **Llamas de premezcla.- el combustible y comburente van mezclados previamente.**
- **Llamas de difusión.- Cuando el comburente se incorpora a la combustión debido al movimiento de convección de la propia llama,** mezcla de dos masas gaseosas de composición diferente contendrá el combustible y tal vez gases diluyentes e incluso algo de comburente, que la otra contendrá el comburente, normalmente diluido con gases inertes o en caso del aire. La masa gaseosa que contiene el combustible puede

Rev.: 0

Av. Río Consulto

REF.: IT-IE-01

Santa María Insurgentes, C.P. 06430

Tel.: (55) 5346 1920, (55) 5346 1980 fax - www.pgr.gob.mx

O-IE-09

Co., D.F.



provenir de la vaporización in situ de combustibles condensados (p.e. combustión de gotas, velas, candeleros y fuegos naturales).

VI.F. Por otro lado según la página electrónica www.pgr.gob.mx menciona que las llamas se pueden clasificar según el tipo de movimiento de los fluidos que intervienen, clasificándose en:

- **En llamas laminares:** Existen líneas de flujo rectas, se caracterizan por tener números de Reynolds bajos, inferiores a 2000, aproximadamente. Se presentan comúnmente en quemadores físicamente muy pequeños (orificios de gas).
- **Llamas Turbulentas:** Las líneas de flujo no son rectas, la turbulencia facilita en algunos casos la combustión, la combustión en motores diésel, turbinas a gas, muchos hornos industriales e incendios, es esencialmente no-premezclada y altamente turbulenta.

VI.G. También se diferencian las llamas en las que los reactantes arriban separados o perfectamente mezclados y se definen como:

- **Llamas de difusión:** En estas llamas los reactantes se mezclan por el proceso físico de difusión molecular. El frente de llama se ubica en la zona donde la mezcla es aproximadamente estequiométrica, aunque la zona de mayor luminosidad (que es lo que generalmente se considera llama) está ubicada en una capa ligeramente rica respecto al frente de llama. Las llamas de difusión laminares ocurren cuando aire y combustibles arriban separados y cuando el número de Reynolds del flujo es suficientemente bajo para no permitir la aparición de turbulencia. Los ejemplos de tales llamas incluyen fugas de gas de muy pequeño diámetro, llamas alrededor de gotas, la llama de una vela y de quemadores de mecha.
- **Llamas premezcladas:** el combustible y comburente van mezclados previamente, es decir la mezcla de los dos fluidos se realiza parcial o totalmente antes de alcanzar la cámara de combustión.

VI.H. De acuerdo al modelo y estructura de la llama o flama: se tiene que sin importar el tipo o clasificación de la llama o flama se comporta teóricamente igual y presenta las siguientes características

Se distinguen cuatro zonas en el seno de la llama (Ver imagen 1):

- 1.-) **Zona de precalentamiento:** aquí la mezcla se calienta hasta la temperatura de combustión. En esta zona, el soluto se des-solvata parcialmente.
- 2.-) **Cono azul o interno:** zona en donde se produce la vaporización y descomposición de las moléculas del soluto comienza su proceso de excitación. Aquí se producen fuertes emisiones por parte de los radicales de los gases de la llama (uniones C—C y C—H), por lo que no constituye una zona muy adecuada para el registro de la radiación.

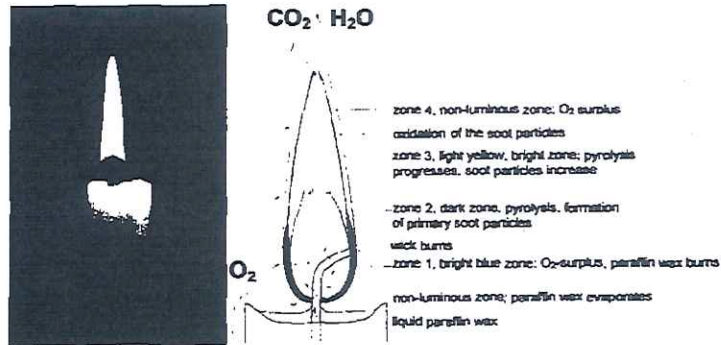


Figure 14: Flame Zones

Imagen 2.

VI.J. En el estudio mencionado anteriormente se menciona que :

- 1.) **Zona 1 (zona azul):** esta zona rodea la parte inferior de las llamas como haz luminoso de color azul. En esta zona existe la presencia de oxígeno. Parte del combustible se quema completamente, sin formación de partículas de carbono. La temperatura en esta zona es de unos 800 °C. La Transferencia de energía por radiación de calor por debajo y al lado de esta zona permite en la fusión del combustible que se encuentra por debajo.
- 2.) **Zona 2 (zona oscura):** esta zona forma una superficie elipsoidal, como un hueco en el tercio inferior de la llama. Esta zona se caracteriza por la escasez de oxígeno. La parte inferior de esta zona, donde el combustible se evapora de la mecha, es oscuro. En la región junto a la mecha ronda una temperatura de alrededor de 600 ° C. La viscosidad y la entalpia de la evaporación del combustible son cruciales para el suministro de combustible por la mecha. En el exterior, la parte superior de la zona oscura empieza la pirolisis del combustible por la escasez de oxígeno; generando partículas de carbón; en esta zona la temperatura eta en el orden de los 1.000 °C.
- 3.) **Zona 3 (zona luminosa):** esta zona tiene la forma de un cono amarillo-blanco, luminoso, que es hueco en el tercio inferior. Se dispone de oxígeno insuficiente, así la pirolisis continúa. Generando más partículas de carbono más grandes, el resplandor que se produce en esta zona es debido a la radiación de luz y calor. En esta zona la temperatura alcanza 1.200 ° C. (ver fig.14).

Rev.: 0

REF: IT-IE-01

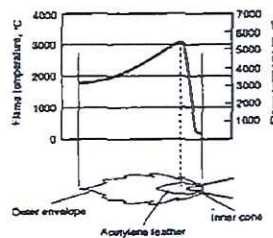
Av. Río Consulado No. 715-721, Colonia Santa María Insurgentes, C.P. 06430, Delegación Cuauhtémoc, México, D. F.
Tel. (55) 5346 1920, (55) 53461980 fax - www.pgr.gob.mx



- 4.) **Zona 4 (llamada velo):** la parte inferior de esta zona se superpone con la zona 1 y rodea la llama como un cono no luminoso, hueco. El oxígeno está presente en el exceso y la temperatura es aproximada a los 1,400 °C. En el límite entre la zona 3 y 4, las partículas de carbón son quemadas más rápido y más completamente, siempre y cuando la temperatura sea más alta que 1,000 °C. Si la temperatura se cae debajo de este valor, p.ej. debido a corrientes, dejan de producirse las partículas del hollín, sin tener en cuenta si independientemente de si se dispone de oxígeno suficiente o no.

- VI.K. Este comportamiento de la flama es universal y la teoría se aplica independientemente de que se trate de llamas de difusión o de premezcla tal como puede observarse en la gráfica de la imagen 3.

Temperaturas de una flama premezclada de alta eficiencia



Gráfica de temperatura de la flama en una flama premezclada.

FIG. 2 FLAME TEMPERATURE AS A FUNCTION OF RELATIVE DISTANCE FROM THE TORCH TIP FOR A NEUTRAL (1:1 RATIO OF ACETYLENE TO OXYGEN) OXYACETYLENE FLAME. SOURCE: REF 4

ASNT HANDBOOK: WELDING, BURNING AND SOLDERING

Imagen 3.

- VI.L. Si se observa atentamente las gráficas del comportamiento de la temperatura de las llamas de difusión y de premezcla anteriores (Imagen 1 y 3), **es posible determinar que la zona más fría de la flama está en el orden de 20% de la temperatura máxima alcanzada**, por lo que puede determinar que la parte baja de la flama es la zona más fría; en conclusión, un fuego, por definición, necesariamente tiene que comportarse de la misma manera que el modelo, estructura y teoría de la flama.

- VI.M. Tomando en cuenta lo anterior, se tiene que las muestras (rocas y tierra de suelos) que fueron recolectadas del lugar, presentan daños consistentes a su exposición al fuego directo y/o calor radiante, en un rango de temperatura entre los 200 a 400°C; por lo que se determina que las muestras estuvieron permanentemente expuestas sólo a la parte baja del fuego directo, es decir estuvieron sometidas a la temperatura más baja de la flama y por lo tanto del fuego directo.

Rev.: 0

REF.: IT-IE-01

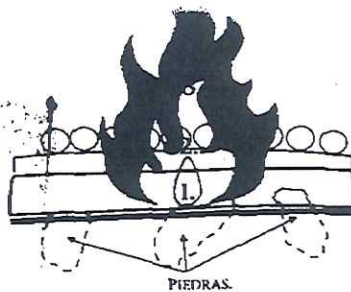
-09

Av. Río Consulado No. 715-721, Colonia Santa María Insurgentes, C.P. 06430, Delegación Cuauhtémoc, México, D.F.
Tel. (55) 5346 1920, (55) 5346 1980 fax - www.pgr.gob.mx



VI.N. Ahora atendiendo al modelo, estructura y teoría de la flama se puede inferir, que el hecho bajo estudio, se cataloga como un fuego donde existieron llamas de difusión (fuego que se desarrolla de forma natural) y de acuerdo a esta, las rocas y suelos analizados por el Instituto de Geología de la UNAM estuvieron expuestos únicamente a las temperaturas que se desarrollan en la zona baja de las llamas ocasionadas por el fuego directo en estudio, esta comparación se muestra en la imagen 4.

- 1) ZONA FRÍA (CONO INTERNO O FRÍO), 300° - 350°C.
- 2) ZONA REDUCTORA (CONO DE REDUCCIÓN) 1570°C. - 1540°C.
- 3) ZONA OXIDANTE (CONO CALORÍFERO) 1540°C.
- 4) ZONA DE FUSIÓN (CONO DE FUSIÓN) 1500°C.



Esquema probable del lugar donde se
obtuvieron las muestras

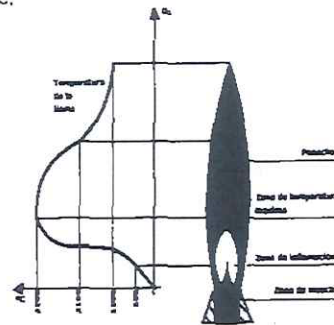


Diagrama y gráfica de la teoría de la
flama.

Imagen 4.

VI.O. Tomando en cuenta que las muestras enviadas al Instituto de Geología de la UNAM, estuvieron sometidas a un rango entre los 200 y 400°C., que estuvieron expuestas a fuego directo a nivel de piso, y dado el modelo, estructura y teoría de la flama; es posible determinar por medio de la comparación, que si las muestras estuvieron entre un rango de temperatura de 200 a 400°C, en consecuencia, la zona de [REDACTED] temperatura del fuego directo y controlado alcanzó un rango que va por arriba de los 7 [REDACTED] se ilustra en la imagen 5.

Rev.: 0

REF.: IT-IE-01

FO-IE-

Av. Río Consulado No. 715-721, Colonia Santa María Insurgentes, C.P. 06430, Delegación Cuauhtémoc, México, D.
Tel. (55) 5346 1920, (55) 53461980 fax - www.pgr.gob.mx

- 1) ZONA FRÍA (CONO INTERNO O FRÍO), 300° - 350°C.
- 2) ZONA REDUCTORA (CONO DE REDUCCIÓN) 1570°C. - 1540°C.
- 3) ZONA OXIDANTE (CONO CALORÍFERO) 1540°C.
- 4) ZONA DE FUSIÓN (CONO DE FUSIÓN) 1500°C.

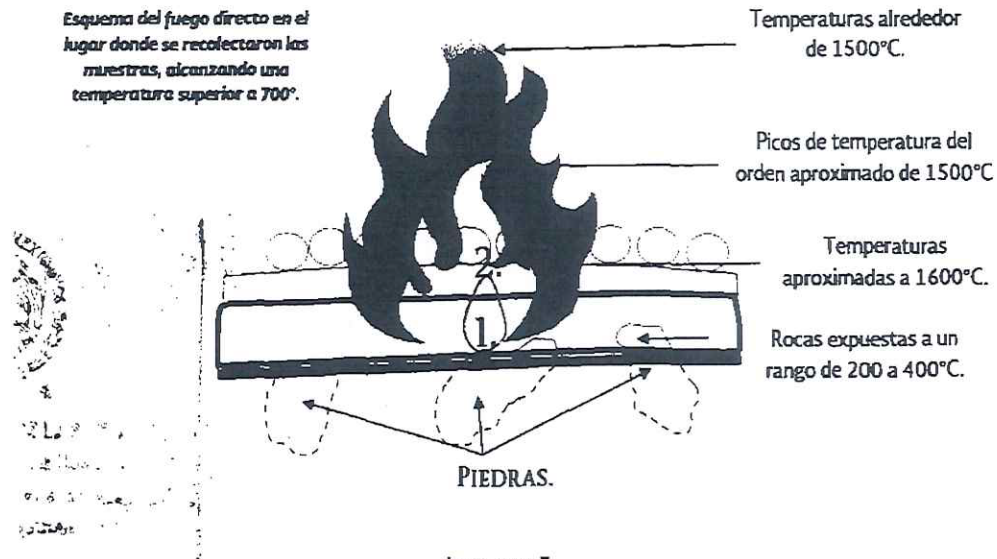


Imagen 5.

VI.P. De acuerdo a los resultados del citado estudio se tiene que s: "las muestras contienen evidencia de haber estado expuestas a fuego, tales como Fragmentos vegetales carbonizados, material plástico derretido, evidencias de ahumamiento en la superficie de los fragmentos de roca y abundante ceniza"; lo que indica que este tipo de materiales intervino en el sostenimiento del fuego directo, es decir fue parte del material combustible que se empleó.

Rev.: 0

REF.: IT-IE-01

FOHE-U

Av. Río Consulado No. 715-721, Colonia Santa María Insurgentes, C.P. 06430, Delegación Cuauhtémoc, México, D.F.
Tel. (55) 5346 1920, (55) 53461980 fax - www.pgr.gob.mx



IV. CONCLUSIONES.

Tomando en consideración la Opinión técnica del Instituto de Geología de la UNAM, y Consideraciones técnicas del presente dictamen; es como se llega a lo siguiente:

Primera.- Las rocas y suelos, analizadas por el Instituto de Geología de la UNAM, fueron expuestas a un fuego directo, el cual ocurrió en el lugar donde se recolectaron las muestras en estudio.

Segunda.- Se determina que las muestras de rocas y suelos, estuvieron sometidas a un rango de temperatura entre los 200 y 400°C., lo que es concordante con el inicio, desarrollo de un fuego directo el cual ocurrió en el sitio en donde se recolectaron, que de acuerdo al modelo, estructura y teoría de la flama, así como, a la física del fuego, se establece que estuvieron localizadas en la zona baja del fuego directo donde se presenta la menor temperatura.

Tercera.- De las muestras enviadas al instituto de Geología de la UNAM se identificaron fragmentos vegetales carbonizados, material plástico derretido, abundantes materiales orgánicos calcinados, caucho de neumático derretido y ceniza, se determina que éste tipo de materiales sirvió de combustible para sostener el fuego directo que afectó a las rocas analizadas.

ATENTAMENTE
LOS PERITOS
EN INCENDIOS Y EXPLOSIONES



Nota: Las imágenes incluidas en el presente dictamen, sólo tienen carácter ilustrativo.

Rev.: 0

REF.: IT-IE-01

FO-IE-09

Av. Río Consulado No. 715-721, Colonia Santa María Insurgentes, C.P. 06430, Delegación Cuauhtémoc, México, D.
Tel. (55) 5346 1920, (55) 53461980 fax – www.pgr.gob.mx