

1-1-2008

## **Determinación del impacto ambiental al recurso agua ocasionado por la desactivación de los explosivos pólvora y anfo con el método de disolución química y valoración del ruido producido por la destrucción de los explosivos incautados por la Policía Nacional de Colombia**

Yudy Zuleima Peña Jiménez  
*Universidad de La Salle, Bogotá*

Rodrigo Eduardo Silva Riaño  
*Universidad de La Salle, Bogotá*

Follow this and additional works at: [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_ambiental\\_sanitaria](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria)

---

### **Citación recomendada**

Peña Jiménez, Y. Z., & Silva Riaño, R. E. (2008). Determinación del impacto ambiental al recurso agua ocasionado por la desactivación de los explosivos pólvora y anfo con el método de disolución química y valoración del ruido producido por la destrucción de los explosivos incautados por la Policía Nacional de Colombia. Retrieved from [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_ambiental\\_sanitaria/171](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/171)

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ingeniería at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Ingeniería Ambiental y Sanitaria by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact [ciencia@lasalle.edu.co](mailto:ciencia@lasalle.edu.co).

**DETERMINACION DEL IMPACTO AMBIENTAL AL RECURSO AGUA  
OCASIONADO POR LA DESACTIVACION DE LOS EXPLOSIVOS  
POLVORA Y ANFO CON EL METODO DE DISOLUCION QUIMICA Y  
VALORACION DEL RUIDO PRODUCIDO POR LA DESTRUCCION DE  
LOS EXPLOSIVOS INCAUTADOS POR LA POLICIA NACIONAL DE  
COLOMBIA**

**YUDY ZULEIMA PEÑA JIMENEZ      41002144  
RODRIGO EDUARDO SILVA RIAÑO 41021018**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE  
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA  
BOGOTÁ D.C.  
2008**

**DETERMINACION DEL IMPACTO AMBIENTAL AL RECURSO AGUA  
OCASIONADO POR LA DESACTIVACION DE LOS EXPLOSIVOS POLVORA Y  
ANFO CON EL METODO DE DISOLUCION QUIMICA Y VALORACION DEL  
RUIDO PRODUCIDO POR LA DESTRUCCION DE  
LOS EXPLOSIVOS INCAUTADOS POR LA POLICIA NACIONAL DE  
COLOMBIA**

**YUDY ZULEIMA PEÑA JIMENEZ  
RODRIGO EDUARDO SILVA RIAÑO**

**Proyecto de Grado para optar al título de  
Ingenieros Ambientales y Sanitarios**

**Directora**  
**ROSALINA GONZALEZ FORERO**  
Ingeniera química – Universidad Nacional  
Especialista en Investigación Criminal

**Asesor**  
**MIGUEL ANDRES ORJUELA**  
Teniente Ingeniero Químico Policía Nacional

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE  
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA  
BOGOTÁ D.C.  
2008**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

**Firma de la directora**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

**Bogota 4, Febrero, 2008**

*“HEMOS PREPARADO A LOS HOMBRES PARA PENSAR EN EL FUTURO  
COMO UNA TIERRA PROMETIDA QUE ALCANZAN LOS HEROES, NO COMO  
LO QUE CUALQUIERA ALCANZA A UN RITMO DE SESENTA MINUTOS POR  
HORA, HAGA LO QUE HAGA”*

Clive Staples Lewis

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Miguel Andres Orjuela teniente de la Policia Nacional; como al Grupo de técnicos de la Policía Nacional en Explosivos : Edgar Narváez, Edgardo Gardon, Rondolph Bonini, Ignacio Romero, Marcelo Reyes, Julio Castañeda, Rodrigo Pochana, Eliécer Barrios, Jhon Quevedo, Ferney Doncel, Fabio Guerra, Jairo Mojica, Helver Ruiz, Fredy Villamil, Hector Zuluaga; por la asesoramiento técnico, el suministro de información y por la contribución en general significativa al desarrollo del tema.

Rosalina González Ingeniera química, Universidad Nacional Especialista en Investigación Criminal y Directora de la investigación por brindarnos esta oportunidad de trabajar con otra institución en este caso la Policia Nacional de Colombia, realizar los contactos respectivos, la asesoria en ingeniería, sus valiosas orientaciones y la ayuda en general para el desarrollo del tema.

Adriana Laverde secretaria de la Universidad de la Salle por los favores recibidos a lo largo de la elaboración de nuestra tesis y por su constante motivación en este trabajo.

Oscar Contenido jefe de laboratorio de ambiental, por la ayuda en el mismo así como la paciencia a la hora de realizar las practicas y las pruebas de la tesis, y por su constante motivación en este trabajo.

## **CONTENIDO**

	<b>Pág.</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>20</b>
<b>INTRODUCCION</b>	<b>22</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>23</b>
<b>1. MARCO DE REFERENCIA</b>	<b>23</b>
<b>1.1 MARCO TEORICO</b>	<b>23</b>
1.1.1 Explosivos	23
1.1.1.1 Generalidades Sobre Explosivos	23
1.1.1.2 Características de los Explosivos	25
1.1.1.3 Particularidades de una Explosión	27
1.1.1.4 Clasificación de los explosivos	29
1.1.1.5 Métodos de destrucción de explosivos	34
1.1.1.6 Características explosivos Anfo y Pólvora	35
1.1.2 Efectos al Medio Ambiente	39
1.1.2.1 Contaminación al Aire	40
1.1.2.2 Contaminación al Agua	41
<b>1.2 MARCO CONCEPTUAL</b>	<b>44</b>
<b>1.3 MARCO LEGAL</b>	<b>51</b>
<b>2. DISEÑO METODOLOGICO</b>	<b>60</b>
2.1 Enfoque Investigativo	60
2.2 Población y muestra	60
<b>3. DESARROLLO DEL PROYECTO</b>	<b>67</b>
3.1 Identificación de los dos Explosivos de Mayor Incautación en el Territorio Colombiano	67
3.2 Identificación de los Métodos de Destrucción de los Explosivos de Mayor Incautación en Colombia por los Técnicos en Explosivos	

de la Policía Nacional	71
<b>3.3 Determinación del Impacto sobre al Recursos Aire y Recurso Agua Generado por la Destrucción de los Dos Explosivos de Mayor Incautación en el País, Mediante los Métodos de Mayor Utilización en Colombia</b>	<b>73</b>
<b>3.4 Protocolo para destrucción de Anfo</b>	<b>74</b>
<b>3.5 Comparación del Método Propuesto con el de Mayor Utilización por los técnicos de la policía</b>	<b>75</b>
<b>3.5.1 Destrucción <i>Pólvora y Anfo</i></b>	<b>76</b>
<b>3.5.2 Método Planteado (Destrucción por Disolución Química)</b>	<b>77</b>
<b>3.6 Ubicación del sitio para desarrollar las pruebas en campo</b>	<b>78</b>
<b>3.6.1 Ubicación del sitio para los explosivos anfo y pólvora</b>	<b>78</b>
<b>3.7 Cantidades de explosivos a utilizar</b>	<b>80</b>
<b>3.8 Calibración de equipos</b>	<b>81</b>
<b>3.9 Ubicación de puntos de detonación</b>	<b>83</b>
<b>3.10 Pruebas en el laboratorio</b>	<b>88</b>
<b>3.10.1 Resultados para NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub></b>	<b>88</b>
<b>3.10.2 Resultados para Pólvora</b>	<b>88</b>
<b>3.10.2.1 Recurso Aire</b>	<b>88</b>
<b>3.10.2.1.1 Ruido</b>	<b>89</b>
<b>3.10.2.3 Recurso Agua</b>	<b>90</b>
<b>3.10.2.4 Análisis</b>	<b>91</b>
<b>3.10.2.4.1 Análisis general</b>	<b>91</b>
<b>3.10.3 Resultados para Anfo</b>	<b>92</b>
<b>3.10.3.1 Recurso aire</b>	<b>92</b>
<b>3.10.3.1.1 Ruido</b>	<b>92</b>
<b>3.10.3.1.1.1 Análisis</b>	<b>95</b>
<b>3.10.3.1.1.2 Análisis general</b>	<b>95</b>



<b>3.10.3.1.1.3 Análisis Global</b>	<b>96</b>
<b>3.11 Propuesta de un Método de Destrucción para los Explosivos de Mayor Incautación en el Territorio Colombiano, Diferentes a los Utilizados en la Actualidad por los Técnicos Colombianos</b>	<b>97</b>
<b>3.11.1 Pólvora</b>	<b>97</b>
<b>3.11.1.1 Marcha a escala Semipiloto</b>	<b>102</b>
<b>3.11.2 Anfo</b>	<b>109</b>
<b>3.11.3 Analisis</b>	<b>115</b>
<b>4. IMPACTO AMBIENTAL</b>	<b>117</b>
<b>4.1 Criterios para la Evaluación Cualitativa o Matriz de Importancia de Vicente Conesa</b>	<b>117</b>
<b>4.1.1 Descripción de Atributos de la Matriz de Importancia</b>	<b>118</b>
<b>4.2 Identificación, Calificación y Jerarquización de los Impactos Ambientales Causados por la Destrucción de los Explosivos</b>	<b>121</b>
<b>4.2.1 Explosivos Anfo</b>	<b>127</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>128</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>130</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>133</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>139</b>

## **LISTA DE TABLAS**

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1. Categoría de los explosivos según la NFPA 704</b>	<b>32</b>
<b>Tabla 2. Criterios para la selección de la población a muestrear</b>	<b>60</b>
<b>Tabla 3. Incautación de Pólvora y ANFO años 2005, 2006 y 2007 (hasta septiembre 24)</b>	<b>67</b>
<b>Tabla 3.1 Total incautaciones de explosivos durante los años 2005, 2006 y 2007 (hasta septiembre 24)</b>	<b>68</b>
<b>Tabla 4. Métodos de destrucción utilizados por los Técnicos en Explosivos</b>	<b>72</b>
<b>Tabla 5. Porcentaje de método de destrucción utilizados por los Técnicos en Explosivos</b>	<b>72</b>
<b>Tabla 6. Intensidad de ruido antes de la explosión (pólvora)</b>	<b>89</b>
<b>Tabla 7. Intensidad de ruido durante la explosión (pólvora)</b>	<b>89</b>
<b>Tabla 8. Incremento intensidad de ruido</b>	<b>89</b>
<b>Tabla 9. Intensidad de ruido antes de la explosión (Sonómetro 1) (Anfo)</b>	<b>92</b>
<b>Tabla 10. Intensidad de ruido durante la explosión (Sonómetro 1) (Anfo)</b>	<b>93</b>
<b>Tabla 11. Intensidad de ruido durante la explosión (sonómetro 2) (Anfo)</b>	<b>93</b>
<b>Tabla 12. Promedio de ruido durante la explosión (Anfo)</b>	<b>94</b>
<b>Tabla 13. Intensidad de ruido después de la explosión (Sonómetro 1) (Anfo)</b>	<b>94</b>
<b>Tabla 14. Porcentaje respecto al permitido por la normatividad ambiental (Anfo)</b>	<b>94</b>

<b>Tabla 15. Conductividad eléctrica soluciones (pólvora) Nitrato de Potasio (Anfo)</b>	<b>90</b>
<b>Tabla 16. Conductividad eléctrica soluciones (pólvora) Nitrato de Potasio</b>	<b>97</b>
<b>Tabla 17. Cantidad Nitrato de Potasio en solución de Nitrato de Potasio (laboratorio)</b>	<b>102</b>
<b>Tabla 18. Porcentaje de Nitrato de Potasio en solución de Nitrato de Potasio (laboratorio)</b>	<b>102</b>
<b>Tabla 19. Conductividad eléctrica soluciones (Anfo) Nitrato de Amonio</b>	<b>110</b>
<b>Tabla 20. Cantidad Nitrato de Amonio en solución de Nitrato de Amonio (laboratorio)</b>	<b>112</b>
<b>Tabla 21. Porcentaje de Nitrato de Amonio en solución de Nitrato de Amonio (laboratorio)</b>	<b>112</b>
<b>Tabla 22. Cantidad Nitrato de Amonio en solución de Nitrato de Amonio (laboratorio)</b>	<b>115</b>
<b>Tabla 23. Concentración de grasas Anfo</b>	<b>115</b>
<b>Tabla 24. Identificación de impactos ambientales del explosivo Anfo</b>	<b>122</b>

## **LISTA DE FIGURAS**

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1. Molécula de un compuesto explosivo</b>	<b>24</b>
<b>Figura 2. Proceso de explosión</b>	<b>28</b>
<b>Figura 3. Rótulos de los Explosivos</b>	<b>32</b>
<b>Figura 4. Niveles de peligrosidad de los explosivos por categorías</b>	<b>33</b>
<b>Figura 5. Pictograma de peligros</b>	<b>44</b>

## **LISTA DE GRÁFICAS**

	<b>Pág.</b>
<b>Gráfica 1. Distribución explosivos incautados los años 2005, 2006 y 2007 (hasta septiembre 24)</b>	<b>70</b>
<b>Gráfica 2. Distribución métodos de destrucción utilizados por los Técnicos en Explosivos para destrucción de Pólvora</b>	<b>72</b>
<b>Gráfica 3. Distribución métodos de destrucción utilizados por los Técnicos en Explosivos</b>	<b>73</b>

## LISTA DE FOTOS

	Pág.
Foto 1. Destrucción por Combustión	35
Foto 2. Terreno utilizado para destrucción con Pólvora	78
Foto 3. Terreno utilizado para destrucción de ANFO	79
Foto 4. Realización de los barrenos por parte de los técnicos de la policía	79
Foto 5. Barrenos realizados para destrucción con pólvora	80
Foto 6. Barreno utilizado para destrucción de ANFO	80
Foto 7. Carga Pólvora (3kg)	80
Foto 8. Carga ANFO (3 Kg)	81
Foto 9. Equipo medidor de tres (3) gases	81
Foto 10. Equipo	81
Foto 11. Calibración equipo medidor de tres (3) gases	81
Foto 12. Tiempo para calibrar el equipo	81
Foto 13. Ubicación del trípode	82
Foto 14. Ubicación del equipo	82
Foto 15. Ubicación del sonometro	82
Foto 16. Ubicación Carga para explosión (5Kg) Anfo	86
Foto 17. Ubicación carga para explosión pólvora	86
Foto 18. Detonación pólvora	86
Foto 19. Detonación Anfo	87
Foto 20. Toma de datos detonación (Pólvora)	87
Foto 21. Explosión de Pólvora	88
Foto 22. Explosión de Anfo	88
Foto 23. Utilización de las micro pipetas	98
Foto 24. Programación del Hach	99

<b>Foto 25. Disolución de pólvora en agua (laboratorio)</b>	<b>99</b>
<b>Foto 26. Disolución de pólvora en agua</b>	<b>100</b>
<b>Foto 26.1 Evaporación solución de pólvora – agua (laboratorio)</b>	<b>101</b>
<b>Foto 27. Presencia de sales después de la evaporación</b>	<b>101</b>
<b>Foto 28. Pesaje de pólvora (semipiloto)</b>	<b>103</b>
<b>Foto 29. Disolución de pólvora en agua (semipiloto)</b>	<b>103</b>
<b>Foto 30. Agitación disolución de pólvora en agua (semipiloto)</b>	<b>104</b>
<b>Foto 31. Pesaje de pólvora (semipiloto)</b>	<b>104</b>
<b>Foto 32. Filtrado disolución de pólvora en agua (semipiloto)</b>	<b>106</b>
<b>Foto 33. Sólidos obtenidos de separación de solución de pólvora en agua (semipiloto)</b>	<b>105</b>
<b>Foto 34. Sales en solución de Nitrato de Potasio (semipiloto)</b>	<b>106</b>
<b>Foto 35. Prueba de reactividad a la llama sólidos pólvora</b>	<b>107</b>
<b>Foto 36. Terreno pruebas explosividad (pólvora)</b>	<b>107</b>
<b>Foto 37. Barreno prueba explosividad solución Nitrato de Potasio</b>	<b>107</b>
<b>Foto 38. Multiplicador para prueba explosividad solución Nitrato de Potasio</b>	<b>108</b>
<b>Foto 39. Detonador eléctrico cebado al cordón detonante</b>	<b>108</b>
<b>Foto 40. Barreno y contenedor después de la detonación</b>	<b>109</b>
<b>Foto 41. Resultado del carbón después de la detonación</b>	<b>109</b>
<b>Foto 42. Disolución de ANFO en agua (laboratorio)</b>	<b>110</b>
<b>Foto 43. Filtrado solución de ANFO – agua (laboratorio)</b>	<b>111</b>
<b>Foto 44. Disolución ANFO en agua (semipiloto)</b>	<b>113</b>
<b>Foto 45. Agitación disolución de ANFO en agua (semipiloto)</b>	<b>113</b>
<b>Foto 46. Prueba de seguridad disolución de ANFO en agua (semipiloto)</b>	<b>113</b>
<b>Foto 47. Filtrado disolución de pólvora en agua (semipiloto)</b>	<b>114</b>
<b>Foto 48. Sólidos obtenidos de separación de solución de pólvora en agua (semipiloto)</b>	<b>114</b>

## **LISTA DE MAPAS**

	<b>Pág.</b>
<b>Mapa 1. Velocidad y Dirección De Vientos</b>	<b>84</b>
<b>Mapa 2. Zonificación Climática</b>	<b>84</b>
<b>Mapa 3. Temperatura Media</b>	<b>85</b>
<b>Mapa 4. Red Hidrometereologica</b>	<b>85</b>
<b>Mapa 5. Ubicación de los puntos de detonación</b>	<b>83</b>



## **LISTA DE ANEXOS**

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo A. Protocolo para determinar Grasas</b>	<b>139</b>
<b>Anexo B. Cálculos para Determinación de Aceites y Grasas y Presencia de Nitratos</b>	<b>144</b>
<b>Anexo C. Protocolo para determinar Nitratos</b>	<b>147</b>
<b>Anexo D. Tren de Muestreo del Medidor de Tres Gases</b>	<b>149</b>
<b>Anexo E. Mapas</b>	<b>150</b>

## **GLOSARIO**

**ANFO:** explosivo de composición 96% Nitrato de Amonio y 4% Aceite Combustible

**BAJOS EXPLOSIVOS:** estos explosivos son aquellos cuya velocidad de detonación es menor a 500m/s y son conocidos con el nombre de pólvoras; cambian lentamente de un estado a otro, porque se queman. Pólvora negra (75% de nitrato de potasio, 15% de carbón vegetal y 10% azufre).

**DEFLAGRACIÓN:** es una explosión donde se producen ondas subsónicas y las reacciones que provoca son idénticas a las de una combustión, pero se desarrollan a una velocidad comprendida entre 1 m/s y la velocidad del sonido. Es un proceso de combustión lenta, sin aporte alguna de oxígeno u otras combustibles externos, la cual se caracteriza por iniciarse a la temperatura de inflamación propia del explosivo.

**DETONACIÓN:** es una explosión donde se producen ondas supersónicas o de choque, que avanzan a una velocidad superior a la del sonido. Es un proceso de combustión que se caracteriza por que la zona de reacción química existente entre el estado físico inicial del explosivo y los productos finales de la descomposición, se desplaza por intermedio de un frente de onda mecánica a una velocidad muy elevada, que no depende de la presión, sino de la velocidad de detonación del explosivo.

**EXPLOSIVO:** es un compuesto químico o mezcla de estas que por influencia de un agente externo se convierte violentamente en gases liberando presión, calor y ruido en todas las direcciones.

**EXPLOSIVOS ALTOS:** estos explosivos son aquellos cuya velocidad de detonación es mayor a 500 m/s, se subdividen en: altos primarios o iniciadores, altos secundarios y multiplicadores o boosters.

**FERTILIZANTE:** es cualquier sal inorgánica como nitrato de amonio, sustancias orgánicas, como las sales de estiércol de bobino pulverizado, aplicado al suelo para promover el desarrollo de los cultivos.

**NITROGENO:** es un nutriente esencial para el crecimiento de los vegetales. Es un constituyente de todas las proteínas bajo la forma de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) y amonio ( $\text{NH}_4^+$ )

**POLVORA:** explosivo de composición 75% Nitrato de Potasio, 15% Carbón Vegetal y 10% Azufre.

**PROPULSORES O EXPULSORES:** Estos explosivos son los que cambian su estado natural a un estado gaseoso en una forma lenta, es decir, se deflagran. Generalmente todas las pólvoras se encuentran en esta clasificación.

**ROMPEDORES:** Estos explosivos son los que cambian rápida y violentamente de estado natural a un estado gaseoso. Ejemplo: TNT, C-4, Flex-X, las pólvoras cuando se hallan confinadas.

**REACCIONÓ POR SIMPATÍA:** Se le denomina a la acción después de la detonación de un explosivo ante una mecha, no se presenta reacción no se presenta afinidad del explosivo y el cordón detonante.

## **RESUMEN**

El objetivo de este trabajo es analizar los impactos ambientales al agua por la desactivación por el método de la disolución química y el ruido producido por los explosivos anfo y pólvora, fabricados por la delincuencia colombiana e incautados por la Policía Nacional de Colombia, así como determinar de forma cualitativa y cuantitativa los posibles impactos generados al medio ambiente. Se realiza una fase de diagnóstico y selección donde se identifican las cantidades de explosivos a utilizar, teniendo en cuenta las recomendaciones por los técnicos de la Policía Nacional. En la fase dos se realizaron las pruebas en campo teniendo en cuenta el terreno y la dirección del viento para la ubicación de los equipos, luego se promedios a la recolección de cada una de las muestras. En la fase tres análisis de laboratorio se realizaron pruebas de comportamiento para los explosivos con el método de ensayo y error. En la fase cuatro se realiza la evaluación de los impactos y ya por último fase cinco se muestra un análisis de los resultados obtenidos tanto en campo como en el laboratorio; Se planteó una alternativa de destrucción de Pólvora y Anfo consistente en disolución química, la cual disminuye la afectación del impacto ambiental y los riesgos sobre la salud en comparación con los métodos utilizados por los técnicos en explosivos de la Policía Nacional. El proceso de destrucción mediante disolución química ofrece otras ventajas como la obtención de subproducto o residuos que pueden ser tratados antes de su disposición final. En cuanto a los procedimientos tradicionales realizados, se encuentra que el procedimiento de disolución química reduce en forma notoria el impacto sobre el medio ambiente y por ende los posibles costos legales. así pues el documento es una ayuda para la investigación de los técnicos de explosivos y cualquier persona interesada en profundizar el tema ya que presenta una alternativa de solución como es el método de disolución química minimizando el impacto negativo producido al medio ambiente.

Abstract: The objective of this work is to analyze the environmental impacts to the water for the deactivation for the method of the chemical breakup and the noise taken place by the explosive anfo and gunpowder, manufactured by the Colombian delinquency and confiscated by the National Police of Colombia, as well as to determine in a qualitative and quantitative way the possible impacts generated to the environment. He is carried out a phase then of diagnostic and selection where the quantities of explosive are identified to use, keeping in mind the recommendations for the technicians of the National Police. In the phase two were carried out the tests in field keeping in mind the land and the address of the wind for the location of the teams, then you averages to the gathering of each one of the samples. In the phase three laboratory analysis they were carried out behavior tests for the explosive with the rehearsal method and error. In the phase four are carried out the evaluation of the impacts and already lastly phase five an analysis of the obtained results is shown as much in field as in the laboratory; He thought about an alternative of destruction of Gunpowder and consistent Anfo in chemical breakup, which diminishes the affectation of the environmental impact and the risks about the health in comparison with the methods used by the technicians in explosive of the National Police. The destruction process by means of chemical breakup offers other advantages like the by-product obtaining or residuals that can be treated before its final disposition. As for the carried out traditional procedures, it is found that the procedure of chemical breakup reduces in notorious form the impact on the environment and consequently the possible legal costs. therefore the document is a help for the investigation of the technicians of explosive and any person interested in deepening the topic since it presents a solution alternative like it is the method of chemical breakup minimizing the negative impact taken place to the environment.

Keywords: anfo, gunpowder, deactivation, chemical breakup, explosive, dilution.

## INTRODUCCION

Hoy en día los problemas ambientales abarcan más a las instituciones del estado, tanto así que la policía en la búsqueda del cumplimiento de la norma y la conservación del medio ambiente busca por medio de la investigación diferentes alternativas de destrucción a los explosivos decomisados.

Durante los últimos 3 años el Estado Colombiano a través de sus organismos de seguridad ha neutralizado e incautado alrededor de veintidós (22) Toneladas de sustancias explosivas<sup>1</sup> los cuales según el Artículo 256 del Código de procedimiento Penal<sup>2</sup> deben ser destruidos inmediatamente según ordene el fiscal o miembros de la Policía Judicial.

En el campo de acción del saber de ingenieros se debe tener claro los impactos producidos por cualquier acción al medio ambiente, es por esto que las estudiantes Karla Polanco y Martha Prado elaboraron los procedimientos para la manipulación, transporte, almacenamiento y propuesta de alternativas de destrucción de los explosivos, la idea de continuar con estas propuestas nace a partir de realizar lo teórico a practico a nivel piloto para llevarlo luego a cabo a escala real.

Para dar un mayor entendimiento de la normatividad y los impactos generados asimismo con el objeto de ampliar los conocimientos sobre el comportamiento de los explosivos Anfo y Pólvora, este documento presenta entonces los resultados de la investigación experimental para determinar el impacto generado por dos métodos de destrucción utilizados por los técnicos de la Policía Nacional de Colombia, la destrucción por detonación y el método de dilución química.

En la actualidad la ciudadanía se ve enfrentada a diversos problemas ambientales, como lo son el aumento de residuos peligrosos, el deterioro de la calidad del agua, contaminación de suelos, contaminación del aire, falta de conocimiento de la normatividad, y en general toda la problemática que abarca la falta de manejo desde la generación hasta la disposición final de los residuos.

Los métodos hallados en la literatura para la destrucción de explosivos pueden clasificarse en: destrucción por combustión, por explosión y destrucción química por disolución<sup>3</sup>; entre los cuales los de mayor aplicación en Colombia son por explosión y combustión, sin que hasta el momento no se encuentren antecedentes de la aplicación de este último procedimiento en nuestro territorio.

---

<sup>1</sup> BASE DE DATOS CEDAB PONAL

<sup>2</sup> LEY 906 DE 31 DE AGOSTO DE 2004

<sup>3</sup> DIVISION DE EDUCACION CONTINUADA, Op.cit., Disponible en Internet: <<http://www.concretonline.com/pdf/Destruccion.pdf> >.

Organismos como la Policía Nacional y la Universidad de La Salle están involucrados en este tema en pro de el mejoramiento y el bienestar común de la población; con el fin de conocer y ver alternativas de solución a los diferentes impactos ocasionados por la destrucción de los explosivos al medio ambiente. través de ensayos de campo y pruebas en laboratorio.

Cualquier procedimiento que involucre destrucción de explosivos es conocido también como “*destrucción de residuos peligrosos*”, actividad en la cual no solo debe considerarse la valoración del riesgo sobre la salud humana, sino también la protección al medio ambiente, porque, “La introducción de compuestos químicos en un ecosistema proporciona un peligro directo para los organismos individuales o puede afectar su capacidad de reproducción. Estas perturbaciones también pueden afectar a la estructura y función de un ecosistema o a sus componentes”, situación que se ve agravada cuando éstos son introducidos en forma violenta (Como son las explosiones). No en vano las autoridades ambientales, del mundo y de Colombia han evaluado la gestión de residuos peligrosos, los cuales han sido reglamentados por leyes promulgadas para garantizar la protección ambiental y la salud. Esta reglamentación tiende y debe ser cada vez más estricta según los lineamientos establecidos últimamente por las organizaciones mundiales dedicadas a los temas en ambientales.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Determinar los impactos ambientales al agua por desactivación con el método de dilución química, y el ruido producido por la destrucción de los explosivos Anfo y Pólvora fabricados por la delincuencia Colombiana, e incautados por la Policía Nacional de Colombia.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Caracterizar y evaluar por medio de pruebas en campo y en laboratorio los efectos ambientales que tiene la destrucción de los explosivos Anfo y Pólvora en el agua, aire y ruido.
- Determinar de forma cualitativa y cuantitativa los posibles impactos ambientales en el agua, y el recurso aire específicamente el ruido generado por las diferentes técnicas de destrucción (detonación, disolución y combustión) de los explosivos Anfo y Pólvora, a través de la metodología de evaluación ambiental.
- Establecer los niveles sonoros de la actividad de detonación de los explosivos Anfo y Pólvora con los valores especificados en la resolución 0627 de 2006 con respecto al ruido.
- Comparar con la normatividad ambiental vigente con los resultados obtenidos por el método de destrucción de explosivos por dilución química con la norma de vertimientos (Decreto 1594 / 84) si aplica o la (Resolución 1074 / 97).
- Proponer soluciones con análisis de costos viables y ambientalmente realizables con respecto a los impactos en el agua y aire dependiendo de los resultados encontrados.



## 1. MARCO DE REFERENCIA

### 1.1 MARCO TEÓRICO

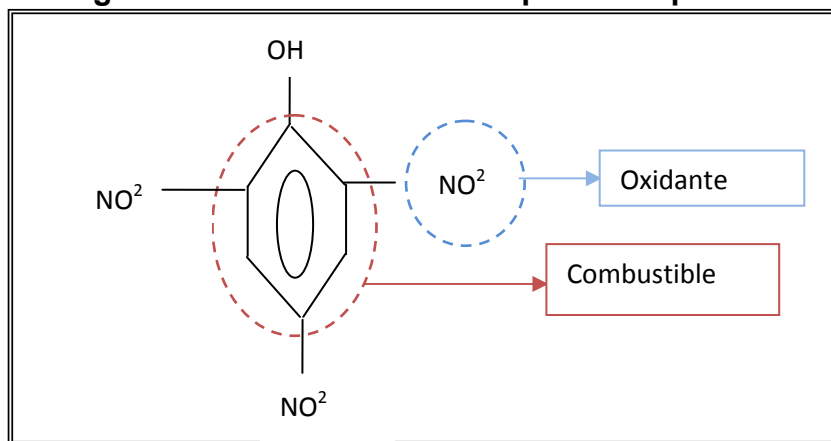
#### 1.1.1 Explosivos.

##### 1.1.1.1 Generalidades Sobre Explosivos

Se entiende por Explosivo, aquella sustancia o mezcla de sustancias de naturaleza química, cuya reacción de descomposición y de carácter oxidante, adopta la descomposición definida en la detonación, efectuándose en un tiempo muy breve con gran producción de calor y siendo los productos finales en su mayor parte gaseosos, de tal modo, que el calor generado en su reacción se acumula en el gas producido, en forma de energía cinético-molecular, capaz de transformarse en trabajo mecánico.

Es importante tener en cuenta, que toda sustancia explosiva debe tener como requisito fundamental la presencia de un agente oxidante, es decir una sustancia con tendencia a ceder oxígeno, y un agente combustible. Dichas sustancias se pueden encontrar al mismo tiempo incluidas dentro de la molécula que hacen parte del explosivo, como es el caso del ácido pícrico, el cual cuenta con un anillo aromático siendo éste el combustible y adherido enlaces  $\text{NO}_2$  que hacen parte de la sustancia oxidante.

**Figura 1. Molécula de un compuesto explosivo**



Fuente: autores, 2007

De igual manera, para el caso de las mezclas explosivas se encuentran presentes las mencionadas partes, por ejemplo: para el caso del ANFO, cuya composición

Es 96% de Nitrato de Amonio y 4% de aceite combustible (porcentajes que pueden variar según el fabricante); El Nitrato de Amonio cumple el papel de agente oxidante y el Aceite combustible como su nombre lo indica hace las veces de combustible, situación similar ocurre para las demás mezclas explosivas, donde por demás se tiene como característica que el ya mencionado oxidante es en la mayoría de los casos una sal.

#### 1.1.1.2 Características de los Explosivos<sup>4</sup>.

Las características de los explosivos son las que permiten elegir el explosivo más idóneo para un fin determinado. Además, pueden predecir cuales serán los posibles efectos que se presentaran en el momento de ser utilizados. Las características son las siguientes:

**Estabilidad.** Comprende las modificaciones que los explosivos pueden sufrir en las condiciones normales o extremas de su conservación, desde el punto de vista de los peligros que pueden generar, la variación de sus propiedades o efectos explosivos. La estabilidad puede considerarse desde el punto de vista químico y físico.

- ✓ **Estabilidad química:** Es la aptitud que el explosivo posee para mantenerse químicamente inalterado durante un cierto periodo de tiempo. Las pérdidas de estabilidad en los explosivos se producen bien por un almacenamiento excesivamente prolongado o bien porque las condiciones del lugar no sean las adecuadas.
- ✓ **Estabilidad física:** Es la aptitud que el explosivo posee para mantenerse físicamente inalterado durante un cierto periodo de tiempo. Estas condiciones físicas son:

**Temperatura:** El calentamiento excesivo puede provocar alteraciones importantes, como por ejemplo producir plastificación excesiva en los explosivos plásticos y aumentar su insensibilidad al cebo, para que ocurran explosiones incompletas. La congelación hace a los explosivos más sensibles al choque y por lo tanto, más peligrosos; pero contrariamente existe una disminución de la sensibilidad al cebo en los climas fríos, lo que obliga al uso de detonadores más potentes.

**Humedad:** La humedad afecta las propiedades iniciales de algunos explosivos como por ejemplo los amonales y las pólvoras, generándose muchas veces insensibilidad al cebado o alteraciones en su densidad.

---

<sup>4</sup> HERMANN, Kast. Examen químico de los materiales explosivos. Madrid: Aguilar, 1959. p. 368.

**Sensibilidad:** Es la capacidad que tienen los explosivos para reaccionar o no a factores externos como choque, fricción, calor, electricidad y al detonador.

**Velocidad de detonación.** Es la rapidez con que viaja la onda explosiva a través de la masa del explosivo. Ésta es la característica más importante del explosivo, cuanto más grande sea ésta, mayor es su potencia. A medida que aumenta la velocidad, el explosivo generalmente produce un mayor efecto de fragmentación en materiales duros.

**Potencia explosiva.** Es la capacidad de un explosivo para fragmentar y proyectar la roca. Depende de la composición del explosivo, mide el contenido de energía del mismo y el trabajo que puede efectuar.

**Densidad.** Es la relación peso-volumen de un explosivo con relación a otro. Un explosivo con mayor densidad tiene mayor cantidad de energía y por consiguiente, mayor capacidad para realizar un trabajo.

Es también una característica importante de los explosivos, que depende en gran parte de la granulometría de los componentes sólidos, y tipo de materias primas empleadas en su fabricación.

**Resistencia al agua.** Se pueden diferenciar tres clases de resistencia:

- ✓ **Resistencia al contacto con el agua:** es aquella característica por la cual un explosivo sin tener una envoltura, puede estar en contacto con el agua y mantiene sus propiedades de uso inalterables.
- ✓ **Resistencia a la humedad:** es la capacidad del explosivo para resistir una exposición prolongada a la humedad sin alterar sus propiedades.
- ✓ **Resistencia al agua bajo presión de la misma:** se refiere no solo a que el explosivo soporte el contacto con el agua, sino que además permita altas presiones debidas a las grandes profundidades.

**Gases.** Idealmente se deben producir gases no tóxicos, tales como: CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, esto ocurre si la reacción química esta perfectamente balanceada, es decir, si la estequiometría es correcta. Si no esta balanceada se presenta la falta de oxígeno, generando una combustión incompleta, o exceso de oxígeno produciendo compuestos de nitrógeno tóxicos.

Se define como gases al conjunto de los productos resultantes de una explosión, entre los que se encuentran vapor de agua, material particulado, óxidos de carbono y de nitrógeno etc. El volumen de gases se mide en litros por kilogramo de explosivo.

### 1.1.1.3 Particularidades de una Explosión

**La Explosión:** Se entiende como el fenómeno en el curso del cual se libera una gran cantidad de energía, en un tiempo muy breve, dando lugar a la producción de un gran volumen de gases a elevada temperatura<sup>5</sup>.

Las explosiones se pueden categorizar como<sup>6</sup>:

- **Deflagración:** Es una explosión donde se producen ondas subsónicas y las reacciones que provoca son idénticas a las de una combustión, pero, se desarrollan a una velocidad comprendida entre 1 m/s y la velocidad del sonido. Es un proceso de combustión lenta, sin aporte alguna de oxígeno u otros combustibles externos, esta se caracteriza por iniciarse a la temperatura de inflamación propia del explosivo.
- **Detonación:** Es una explosión donde se producen ondas supersónicas o de choque, que avanzan a una velocidad superior a la del sonido. Es un proceso de combustión que se caracteriza por que la zona de reacción química existente entre el estado físico inicial del explosivo y los productos finales de la descomposición, se desplaza por intermedio de un frente de onda mecánica a una velocidad muy elevada, que no depende de la presión, sino, de la velocidad de detonación del explosivo.

**Físico-Química de la Explosión<sup>7</sup>:** El proceso de explosión se puede originar en un compuesto explosivo o mezcla explosiva, mediante una onda de choque capaz de provocar la reacción química de descomposición consiguiente, de forma tal que la energía liberada en la reacción sea capaz de mantener de una manera continua la onda de choque.

Para que se produzca una explosión, es necesario que tres condiciones antecedentes:

- Onda de choque que provoque la reacción.
- Energía positiva de la reacción capaz de realimentar la onda de choque.
- Celeridad suficiente en la transmisión de la energía desprendida en la reacción a la onda de choque para que ésta se mantenga.

---

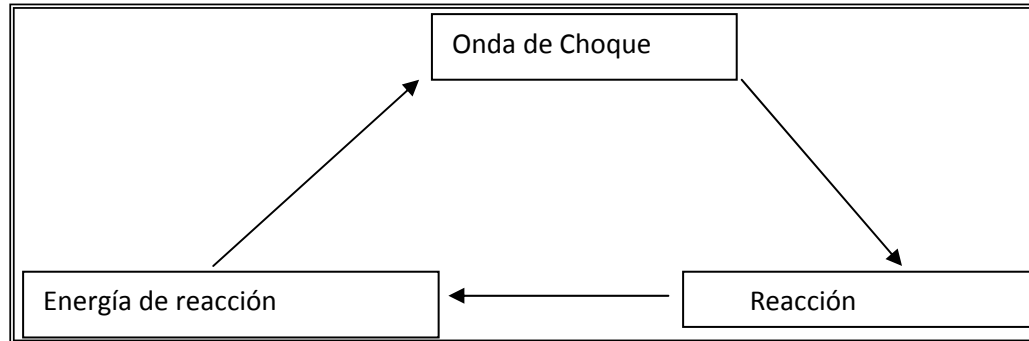
<sup>5</sup> ESTADO MAYOR DEL EJERCITO (ESPAÑA), Manual Técnico de Explosivos, Madrid, 1984 p. 1

<sup>6</sup> DIVISION DE EDUCACION CONTINUADA. Destrucción de explosivos industriales (en línea). España: Unión española de explosivos, 2000. Disponible en Internet: < <http://www.concretonline.com/pdf/Destruccion.pdf> >.

<sup>7</sup> ESTADO MAYOR DEL EJERCITO (ESPAÑA), Manual Técnico de Explosivos, Madrid, 1984 p. 3 - 5

Esquemáticamente, de manera gráfica un proceso de explosión se puede considerar generado como se expone en la siguiente figura:

**Figura 2. Proceso de explosión**



**Fuente:** triángulo del proceso de una explosión. Autores, 2007

Las características que definen cada una de estas fases son:

La onda de choque queda definida por su:

- Velocidad.
- Elevación de Presión.
- Transcurso de la presión.

La reacción química por:

- Transformación molecular.

La energía de la reacción a través de su:

- Magnitud.
- Tiempo preciso para su aporte.

El concepto de onda de choque en carácter general se define como un fenómeno de la dinámica de fluidos, que se caracteriza por una variación brusca muy rápida, de las magnitudes termodinámicas y de corriente de una superficie de discontinuidad designada como “*frente de onda de choque*” según se trate de una variación de densidad o de energía, ésta variación de presión se designa como onda de choque de enrarecimiento o bien onda de choque de presión. Las ondas de choque pueden presentarse en medios gaseosos, líquidos o sólidos.

#### 1.1.1.4 Clasificación de los Explosivos<sup>8</sup>

Clasificación de los explosivos según su origen. Los explosivos según su origen se clasifican en:

- **Explosivos industriales.** Son todos aquellos que son fabricados bajo normas y pautas comúnmente señaladas en tratados o leyes internacionales, debiendo llevar el mismo patrón de fabricación. Estos se clasifican en:
- **Explosivos comerciales:** son aquellos diseñados para ser utilizados en la industria, en trabajos de minería, en obras civiles y consideradas de suma peligrosidad. Ejemplos: ANFO, Pentofex, Indugel, entre otros.
- **Explosivos militares:** son los fabricados bajo normas que los adaptan al uso del combatiente, según los requerimientos. Ejemplos: Pentolita, TNT, entre otros.
- **Explosivos pirotécnicos:** son utilizados como artificios pirotécnicos, especialmente para efectos de luces. Ejemplo: Pólvoras.
- **Explosivos artesanales.** Son todas aquellas sustancias o mezclas fabricadas artesanalmente, en forma improvisada, por usuarios que a veces no tienen los más mínimos conocimientos sobre la materia, y que no pueden adquirir explosivos convencionales. Son muy peligrosos por no tener normas de fabricación específicas y son generalmente usados por grupos al margen de la ley. Ejemplo: Amonal, R1, BENCLO, ANFO, Amatol.

**Clasificación de los explosivos por su velocidad de detonación.** Los explosivos según su velocidad de detonación se clasifican en:

- **Explosivos altos.** Estos explosivos son aquellos cuya velocidad de detonación es mayor a 1000 m/s, se clasifican en:
- **Altos explosivos primarios o iniciadores:** son aquellos cuya velocidad de detonación tiene la fuerza necesaria, para hacer reaccionar a los explosivos secundarios o cargas base; generalmente son utilizados en los detonadores. Éstos presentan una sensibilidad extrema. Ejemplos: fulminato de mercurio, Nitruro de plomo, entre otros.

---

<sup>8</sup> WIKIPEDIA, Op..cit., Disponible en Internet: <[http://es.wikipedia.org/wiki/Explosivo#Clasificaci.C3.B3n\\_de\\_explosivos](http://es.wikipedia.org/wiki/Explosivo#Clasificaci.C3.B3n_de_explosivos)>.

- **Altos explosivos secundarios:** son aquellos explosivos utilizados como cargas principales o cargas bases; están compuestos de elementos sólidos, líquidos y/o gaseosos; cambian de un estado a otro en forma violenta. Ejemplo: TNT, Tetril, Tritonal, C-4, entre otros.
- **Explosivos multiplicadores o boosters:** son explosivos altos, los cuales tienen la capacidad de hacer reaccionar a otros altos explosivos, o de darle más potencia y rapidez a la activación de otra sustancia explosiva. Ejemplos: RDX, Pent, Tetril, HND, Acido Pícrico.
- **Bajos explosivos.** Son aquellos cuya velocidad de detonación es menor a 1000 m/s y son conocidos con el nombre de pólvoras; cambian lentamente de un estado a otro, porque se queman. Ejemplo: Pólvora negra.

### Clasificación de los Explosivos por sus Efectos

- ✓ **Propulsores o expulsos:** Son los que cambian su estado natural a estado gaseoso en forma lenta, es decir, se deflagran. Ejemplo: la pólvora.
- ✓ **Rompedores.** Son los que cambian rápida y violentamente de estado natural a un estado gaseoso. Ejemplos: TNT, C-4, Flex-X.

### Clasificación de Explosivos a Nivel Internacional

A continuación se presenta la clasificación de los explosivos según la Organización de las Naciones Unidas, la norma NFPA 704 y según la categoría de peligros.

Clasificación de explosivos según la Organización de las Naciones Unidas (UN). Los explosivos o Clase 1 comprenden:

- ✓ **Sustancias explosivas:** son sustancias o mezcla de sustancias sólidas o líquidas que de manera espontánea o por reacción química, pueden desprender gases a una temperatura, presión y velocidad tales que causen daños en los alrededores.
- ✓ **Sustancias pirotécnicas:** son sustancias o mezcla de sustancias destinadas a producir un efecto calorífico, luminoso, sonoro, gaseoso o fumígeno o una combinación de los mismos, como consecuencia de reacciones químicas exotérmicas auto sostenidas no detonantes.

- ✓ **Objetos explosivos:** son objetos que contienen una o varias sustancias explosivas.

Los explosivos dentro de la clase 1, se dividen de la siguiente manera:

***División 1.1:*** sustancias y objetos que presentan un riesgo de explosión en masa (se entiende por explosión en masa la que afecta de manera prácticamente instantánea a casi toda la carga).

***División 1.2:*** sustancias y objetos que presentan un riesgo de proyección sin riesgo de explosión en masa.

***División 1.3:*** sustancias y objetos que presentan un riesgo de incendio con ligero riesgo de que se produzcan pequeños efectos de onda expansiva o de proyección, o ambos efectos, pero sin riesgo de explosión en masa.

***División 1.4:*** sustancias y objetos que no presentan ningún riesgo considerable. Se incluyen en esta división las sustancias y objetos que sólo presentan un pequeño riesgo en caso de ignición o de cebado durante el transporte. Los efectos se limitan en su mayor parte al bulto, y normalmente no se proyectan a distancia fragmentos de tamaño apreciable. Los incendios exteriores no habrán de causar la explosión prácticamente instantánea de casi todo el contenido del bulto.

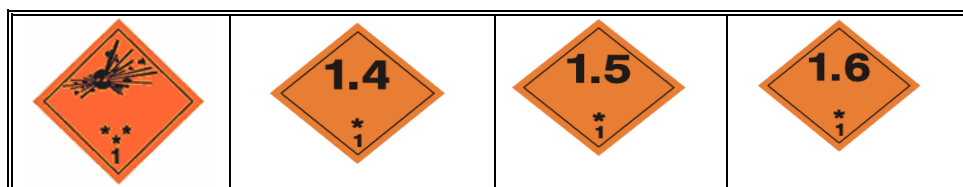
***División 1.5:*** sustancias muy insensibles que presentan un riesgo de explosión en Masa. Se incluyen en esta división las sustancias que presentan un riesgo de explosión en masa, pero, que son tan insensibles que, en condiciones normales de transporte, presentan una probabilidad muy reducida de cebado o de que su combustión se transforme en detonación.

***División 1.6:*** objetos extremadamente insensibles que no presentan riesgo de explosión en masa. Se incluyen en esta división los objetos que contienen solamente sustancias detonantes sumamente insensibles y que presentan una probabilidad ínfima de cebado o de propagación accidental.

A continuación se presentan los diferentes rótulos de los explosivos, según la clasificación de la UN:

**Figura 3. Rótulos de los Explosivos**





Fuente: ONU, 2003.

## Número de la Organización de las Naciones Unidas (UN)

El número UN, es un código numérico de cuatro cifras, que se le ha dado a las sustancias peligrosas, con el fin de facilitar la identificación de cada una de ellas cuando son transportadas.

## Clasificación de explosivos según la norma NFPA 704

El Código NFPA (National Fire Protection Asociación) es un sistema de identificación de riesgos para que en un eventual incendio o emergencia, las personas afectadas puedan reconocer los riesgos de los materiales respecto del fuego, aunque éstos no resulten evidentes.

Consiste en una etiqueta que consta del nombre del material y cuatro categorías con un color asignado en cada caso como se muestra a continuación:

**Tabla 1. Categorías de los explosivos según la NFPA 704**

● <b>Salud</b>	Azul	
● <b>Inflamabilidad</b>	Rojo	
● <b>Reactividad</b>	Amarillo	
● <b>Riesgo especial</b>	Blanco	

**Fuente:** SISTEMA. Clasificación de productos químicos según la norma NFPA 704. Biblioteca, centro de documentación [en línea]. [Bogotá]: SURATEP, mayo 2005. Disponible en Internet:

< [http://www.suratep.com.co/index.php?option=com\\_content&task=view&id=312&Itemid=5](http://www.suratep.com.co/index.php?option=com_content&task=view&id=312&Itemid=5)>.

Las categorías son las siguientes:

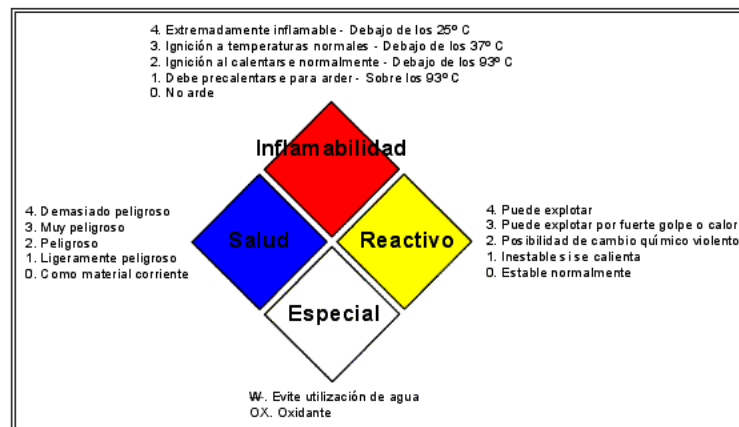
- ✓ Riesgo para la salud: se considera la capacidad del material para producir lesiones por contacto con la piel, ingestión o inhalación.

- ✓ Riesgo por inflamabilidad: se considera la capacidad de los materiales para quemarse.
- ✓ Riesgo por reactividad: se considera la capacidad de los materiales para liberar energía.
- ✓ Riesgo especial: se indican riesgos especiales como una letra W atravesada por una raya cuando el material puede tener reacción peligrosa al entrar en contacto con agua. Y las letras OX indican si la sustancia es oxidante.

En cada una de las categorías se coloca el grado de peligrosidad: 0, 1, 2, 3, 4, siendo en líneas generales, 0 el menos peligroso, aumentando la peligrosidad hasta llegar a 4, nivel más alto.

A continuación se presentan los niveles de peligrosidad por categorías:

**Figura 4. Niveles de peligrosidad de los explosivos por categorías**








**Fuente:** SISTEMA. Clasificación de productos químicos según la norma NFPA 704. Biblioteca, centro de documentación [en línea]. [Bogotá]: SURATEP, mayo 2005. Disponible en Internet: <  
[http://www.suratep.com.co/index.php?option=com\\_content&task=view&id=312&Itemid=5](http://www.suratep.com.co/index.php?option=com_content&task=view&id=312&Itemid=5)>.

### Clasificación de explosivos según la categoría de peligros

Para la clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas también son utilizados las abreviaturas y pictogramas de la categoría de peligro.

En la figura 3 se muestran los pictogramas de las categorías de peligro. Las letras E, O, F, F+, T, T+, Xn, Xi, C, no forman parte del símbolo.

**Figura 5. Pictograma de peligros**

 <b>E</b> Explosivo	 <b>O</b> Comburente	 <b>F</b> Fácilmente inflamable <b>F+</b> Extremadamente inflamable	 <b>N</b> Peligroso para el medio ambiente
 <b>T</b> Tóxico <b>T+</b> Muy tóxico	 <b>Xn</b> Nocivo <b>Xi</b> Irritante	 <b>C</b> Corrosivo	

**Fuente:** INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (España). NTP 459: Peligrosidad de productos químicos: etiquetado y fichas de datos de seguridad [en línea]. [Barcelona, España]: Ministerio de trabajo y asuntos sociales, 1995. Disponible en Internet: < [http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp\\_459.htm](http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_459.htm)>.

## ➤ **Destrucción de Explosivos**

A continuación se presentan los métodos de destrucción utilizados como destrucción de los explosivos.

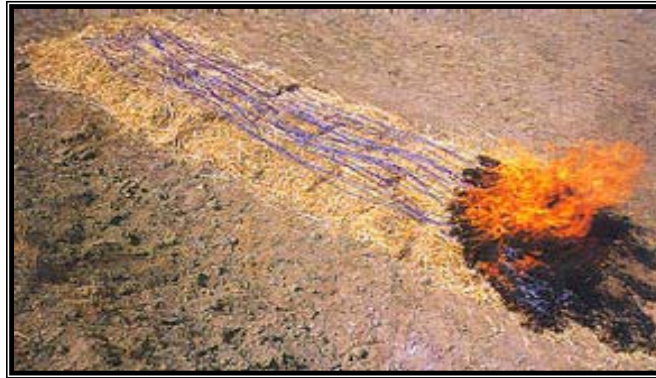
**1.1.1.5 Métodos de destrucción de explosivos.** Para la destrucción de explosivos pueden utilizarse diversos métodos que se clasifican en: destrucción por combustión, por explosión y destrucción química por disolución.

Los sistemas más utilizados son la destrucción por explosión y por combustión. La destrucción por medios químicos ofrece, en general, el inconveniente de un alto costo y una cierta dificultad.

✓ **Destrucción por combustión.** La mayoría de las sustancias explosivas utilizadas en condiciones correctas, pueden quemarse y esta descomposición destruye sus primitivas cualidades explosivas. Sin embargo, debe tenerse en cuenta siempre la posibilidad de que la combustión se transforme en una deflagración enérgica o una detonación, con repercusión tanto sobre los seres vivos y edificaciones del entorno, como sobre el propio personal que efectúa la destrucción. No debe olvidarse que, aunque los explosivos están formados por materias químicas estables, son capaces de explotar, es decir, transformarse

con producción de energía y gases, bajo la acción de pequeñas cantidades de energía.

**Foto 1. Destrucción por combustión**



**Fuente:** ESTADO MAYOR DEL EJERCITO (ESPAÑA),  
Manual Técnico de Explosivos, Madrid, 1984 p.230 - 241

✓ ***Destrucción por explosión.*** Es el método más adecuado para destruir materiales explosivos, por su simplicidad y rapidez, pero, en ocasiones se restringe su uso por la proximidad de zonas habitadas.

✓ ***Destrucción química por disolución.*** Este método sólo es aconsejable para aquellos explosivos que, siendo pulverulentos, se disuelvan en algún agua y no generan residuos peligrosos contaminantes. Por lo tanto, se debe garantizar la no contaminación de manantiales y acuíferos del entorno, ya que el agua queda contaminada principalmente por nitratos.

#### **1.1.1.6 Características Explosivos ANFO y Pólvora**

##### **Anfo**

Como ya se mencionó el ANFO es una mezcla explosiva a base de Nitrato de Amonio, cuya formulación química es:  $\text{NO}_3\text{NH}_4$ , sus propiedades físicas son las siguientes<sup>9</sup>:

- ✓ Estado: Sólido
- ✓ Color: Blanco
- ✓ Punto de Fusión: 169.9°C. No puede ebulir puesto que se descompone antes.
- ✓ Solubilidad:
  - \* En agua: Muy alta. A 20 °C. es de 66.1% y a 100°C. del 91.0%
  - \* En alcohol metílico y alcohol etílico: soluble. En Metanol se disuelve un 14% de Nitrato de Amonio a 18.5°C.
- ✓ Miscible con sales fundidas de ácido nítrico (nitratos de sodio, potasio, calcio, de guanidina) y con nitroguanidina.
- ✓ Higroscopicidad: Altamente higroscópico. Se licua en atmósfera húmeda. Dependiendo de la humedad relativa y de la temperatura, el nitrato de amonio o sus mezclas puede dar lugar a un aglomerado en forma de masa dura difícil de deshacer.
- ✓ Calor de combustión: 628 Kcal/Kg a volumen constante Calor de fusión: 13.23 cal/g Calor de formación 1059 – 1092 Kcal/Kg.

## Propiedades Químicas

**Generalidades:** El Nitrato de Amonio se descompone por la acción de las bases fuertes, con formación de amoníaco, y por el ácido sulfúrico, dando lugar a sulfato amónico y ácido nítrico. En presencia de humedad reacciona con el cobre para Nitrato Tetramincúprico que es un explosivo de la misma sensibilidad al impacto que la ácida de plomo, ataca igualmente al hierro, al cadmio y al plomo, pero, no actúa sobre aluminio. Es un oxidante energético que activa la combustión de cualquier materia inflamable con la que esté mezclado.

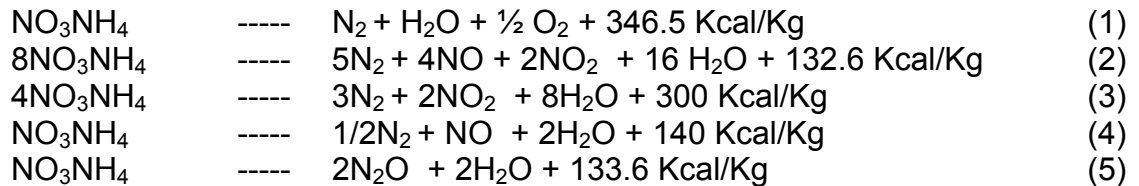
**Efecto del calor:** El Nitrato de Amonio es estable a temperatura ambiente, aunque en su almacenamiento, desprende un poco de amoníaco. Al aumentar la temperatura se produce la descomposición originándose diferentes productos de acuerdo con la temperatura de ensayo.

---

<sup>9</sup> ESTADO MAYOR DEL EJERCITO (ESPAÑA), Manual Técnico de Explosivos, Madrid, 1984 p.230 - 241

## Propiedades Explosivas

**Ecuación de descomposición:** La detonación completa del Nitrato de Amonio viene definida por la ecuación (1), si bien recientes investigaciones sugieren una descomposición de acuerdo con la ecuación (2). Las reacciones (3), (4) y (5) corresponden a procesos de explosión incompleta.



**Volumen de gases:** De acuerdo con la ecuación (1) del apartado 5.1 el volumen de gases es igual a 980 l /Kg.

**Sensibilidad al impacto:** Es relativamente baja: la explosión tiene lugar cuando se deja caer un peso de 10 Kg de una altura de 20 cm. La sensibilidad al choque crece al aumentar la temperatura.

## Cuidados de Manejo

**Manejo: Toxicidad y peligrosidad:** El Nitrato de Amonio no es tóxico. Por otra parte se le considera como uno de los explosivos más difíciles de detonar. Este hecho ha conducido a que se originen importantes accidentes, como resultado de su manejo inadecuado.

La presencia de materias orgánicas en el  $\text{NO}_3\text{NH}_4$  facilita su iniciación. Entre aquellas se encuentran el aceite mineral y el Fuel Oil.

## Pólvora Negra<sup>10</sup>

La pólvora negra se obtiene mediante una mezcla física de azufre, nitrato de potasio y carbón vegetal, en proporciones relativas variables, la composición más generalizada es:

Nitrato de Potasio:	74 +/- 1 %
---------------------	------------

---

<sup>10</sup> ESTADO MAYOR DEL EJERCITO (ESPAÑA), Manual Técnico de Explosivos, Madrid, 1984 p.298 - 306

Azufre	10 +/- 1%
Carbón Vegetal	16 +/- 1%

## Propiedades Físicas

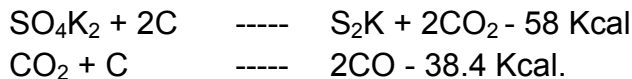
**Aspecto exterior:** Es variable desde una apariencia de polvo muy fino de color negro hasta la de perdigones densos que puedan ser negros o tener un color negro grisáceo si su superficie ha sido grafitada.

**Densidad:** Varía entre 1.5 – 1.8 dependiendo del uso que se le quiera dar.  
Densidad aparente: 0.9 – 0.98 g/cm<sup>3</sup>.

**Calor de combustión:** La combustión de la pólvora negra se lleva a cabo en un proceso de dos etapas. La primera es una oxidación de acuerdo con la siguiente reacción exotérmica.



Los productos así formados se reducen según la reacción endotérmica:



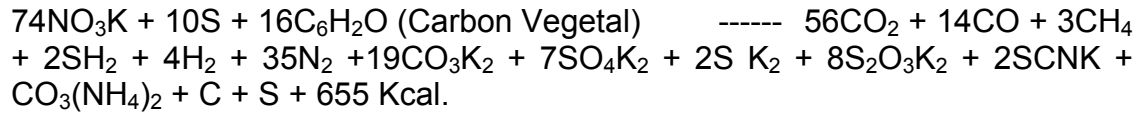
*El balance energía total arroja un valor de 882.6 Kcal*

**Higroscopicidad:** La higroscopicidad de la pólvora negra, debida en mayor medida al carbón vegetal que al nitrato de potasio también presente, es un factor perjudicial, puesto que la presencia de humedad, si bien no es causa de inestabilidad en las sustancia, proporciona el que se lleven a cabo reacciones internas (solubilización del nitrato) y corrosión en metales tales como el acero, bronce o cobre.

**Efectos del Calor:** En ausencia de humedad la pólvora negra muestra una estabilidad térmica muy alta: sus ingredientes son esencialmente no reactivos entres si ni aún a 12°C. , Sin embargo, a temperaturas superiores a los 70°C, aparecen cambios en la composición y en la uniformidad de la mezcla, debidos al rápido incremento en la volatilidad del azufre que tiene lugar por encima de esa temperatura.

## Propiedades Explosivas

### *Ecuación de descomposición*



Este calor de explosión depende de la composición de la pólvora.

**Calor de explosión y volumen de gases:** Ambas propiedades dependen de la composición de la pólvora.

**Temperatura de encendido:** 300°C.

**Temperatura de explosión:** 2100 – 2770 °C. según la composición de la pólvora.

**Velocidad de combustión:** La velocidad de combustión de la pólvora negra, con una densidad de 1.8 y sometida a 1660 Kg/cm<sup>2</sup> de presión, es de 10 cm/s, de acuerdo con Blackwood, un grano de pólvora negra se quema a una velocidad de 0.4 cm/s a presión atmosférica, la llama se propaga a lo largo de una línea de granos a razón de 60 cm/s también a la presión atmosférica.

**Velocidad de detonación:** 400m/s con la pólvora de densidad de carga y confinada en un tubo de hierro de 35 – 41 mm de diámetro.

La pólvora negra sólo detona si se encuentra confinada y se la inicia con un explosivo potente.

## Cuidados de Fabricación y Transporte

**Precauciones de fabricación:** La manufactura de la pólvora negra es una de las más peligrosas dentro de la producción de explosivos. Por ello deben extremarse las precauciones.

**Transporte:** Una vez fabricada la pólvora negra debe empaquetarse, para su transporte en bolsas de tela o colocadas en cajas de madera perfectamente cerradas.



### 1.1.2 Efectos al Medio Ambiente

Se entiende como el efecto que produce una determinada acción humana sobre el medio ambiente en sus distintos aspectos. El concepto puede extenderse, con poca utilidad, a los efectos de un fenómeno natural catastrófico. Técnicamente, es la alteración de la línea de base (medio ambiente), debido a la acción antrópica o a eventos naturales.

Las acciones humanas, motivadas por la consecución de diversos fines, provocan efectos colaterales sobre el medio natural o social. Mientras los efectos perseguidos suelen ser positivos, al menos para quienes promueven la actuación, los efectos secundarios pueden ser positivos y, más a menudo, negativos. La evaluación de impacto ambiental (EIA) es el análisis de las consecuencias predecibles de la acción; y la Declaración de Impacto ambiental (DIA) es la comunicación previa, que las leyes ambientales exigen bajo ciertos supuestos, de las consecuencias ambientales predichas por la evaluación<sup>11</sup>.

#### 1.1.2.1 Contaminación al Aire

Es la contaminación de la atmósfera por residuos o productos secundarios gaseosos, sólidos o líquidos, que pueden afectar la salud de los seres humanos y producir daños en las plantas y los animales, atacar a distintos materiales, reducir la visibilidad o producir olores desagradables.

El ruido y el calor también son formas de contaminación que alteran los ciclos vitales, y por lo tanto, afectan el medio en el que vivimos.

**Ruido:** Se entiende que es cualquier emisión de sonido que afecte adversamente la salud o seguridad de los seres humanos, la propiedad o el disfrute de la misma, se puede clasificar éste de manera general así:

***Ruido continuo:*** Es aquel cuyo nivel de presión sonora permanece constante o casi constante, con fluctuaciones hasta de un (1) segundo, y que no presenta cambios repentinos durante su emisión.

***Ruido Impulsivo o de impacto:*** Es aquel cuyas variaciones en los niveles de presión sonora involucran valores máximos a intervalos mayores de uno por segundo. Cuando los intervalos son menores de un segundo, podrá considerarse el ruido como continuo.

---

<sup>11</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Impacto\\_ambiental](http://es.wikipedia.org/wiki/Impacto_ambiental)

La unidad de medida del ruido es el decibel (dB) que expresa la relación entre las presiones de un sonido cualquiera y un sonido de referencia en escala logarítmica. Equivale a 20 veces el logaritmo de base 10 del cociente de las dos presiones.

Los equipos utilizados para medir cualquier presión sonora son conocidos con el nombre de sonómetros.

De la experiencia se sabe que un objeto caliente que entra en contacto con uno frío se enfría, mientras que el objeto frío se calienta. Un punto de vista razonable es que algo se transfiere del objeto caliente al frío, y ese algo es lo que se llama “calor”, así se afirma que el calor siempre fluye de una temperatura mayor hacia otra menor<sup>12</sup>, para el caso de una explosión o combustión, entonces se tendrá que del foco de la misma se transmitirá energía hacia el medio afectando así a éste en un incremento de la temperatura.

### 1.1.2.2 Contaminación al Agua

La incorporación al agua de materias extrañas, como microorganismos, productos químicos, residuos industriales y de otros tipos, en este caso los subproductos de la destrucción de los explosivos, deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los diferentes usos cuando se presentan en cantidades que el sistema no alcanza asimilar.

También los productos químicos, incluyendo los pesticidas, diversos productos industriales, las sustancias tensioactivas contenidas en los detergentes, y los productos de la descomposición de otros compuestos orgánicos; y la presencia de nitratos (sales del ácido nítrico) en el agua potable puede producir enfermedades entre otras consecuencias.

Debido a la presencia de la contaminación de manera directa e indirecta por la disolución química.

**Tipos de fertilizantes nitrogenados:** El nitrógeno añadido como abono, puede estar como urea,  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$ . Este nitrógeno sigue los mismos modelos de reacción que el nitrógeno liberado por los procesos bioquímicos a partir de residuos de plantas.

Así la urea es sometida a la amonificación (formación de  $\text{NH}_4^+$ ) y nitrificación previas para su utilización por los microorganismos y plantas.

---

<sup>12</sup> SMITH, VAN NESS, ABBOT. Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química. Mc Graw Hill 1997 p. 17

El amonio puede ser oxidado a  $\text{NO}_3^-$  y fijado por las partículas sólidas del suelo o utilizado sin cambio por los microorganismos y las plantas.

Los nitratos pueden ser absorbidos directamente por microorganismos y plantas o pueden perderse por volatilización y lavado.

#### *Efectos secundarios del abono nitrogenado*

- ◆ Aportación de nutrientes, aparte del nitrógeno, como S, Mg, Ca, Na y B.
- ◆ Variación de la reacción el suelo (acidificación o alcalinización).
- ◆ Incremento de la actividad biológica del suelo con importantes efectos indirectos sobre la dinámica global de los nutrientes.
- ◆ Las sales de nitrato son muy solubles, por lo que la posibilidad de que se produzca la lixiviación del anión es elevada y más teniendo en cuenta el bajo poder de adsorción que presentan la mayoría de los suelos para las partículas cargadas negativamente.
- ◆ El problema ambiental más importante relativo al ciclo del N, es la acumulación de nitratos en el subsuelo que, por lixiviación, pueden incorporarse a las aguas subterráneas o bien ser arrastrados hacia los cauces y reservorios superficiales. En estos medios los nitratos también actúan de fertilizantes de la vegetación acuática, de tal manera que, si se concentran, puede originarse la eutrofización del medio. En un medio eutrofizado, se produce la proliferación de especies como algas y otras plantas verdes que cubren la superficie. Esto trae como consecuencia un elevado consumo de oxígeno y su reducción en el medio acuático, así mismo dificulta la incidencia de la radiación solar por debajo de la superficie. Estos dos fenómenos producen una disminución de la capacidad autodepuradora del medio y una merma en la capacidad fotosintética de los organismos acuáticos.
- ◆ La lixiviación de nitratos hacia el subsuelo puede contaminar los acuíferos subterráneos, creando graves problemas de salud si se consume agua rica en nitratos, debido a su transformación en nitritos por participación de unas bacterias existentes en el estómago y vejiga urinaria. A su vez los nitritos se transforman en ciertos compuestos cancerígenos (Nitrosaminas), que afectan al estómago e hígado.
- ◆ La cantidad de nitratos que se lixivia hacia el subsuelo depende del régimen de pluviosidad y del tipo del suelo. La mayoría de los suelos poseen abundantes partículas coloidales, tanto orgánicas como inorgánicas, cargadas negativamente, con lo que repelerán a los aniones, y como consecuencia,

estos suelos lixiviaran con facilidad a los nitratos. Por el contrario, muchos suelos tropicales adquieren carga positiva y por tanto, manifiestan una fuerte retención para los nitratos.

- ♦ La textura de los suelo es un factor importante en relación con la lixiviación. Cuanto más fina sea la textura más capacidad de retención presentarán.
- ♦ Daños por salinidad y contaminación de acuíferos, causados por una dosificación muy alta.
- ♦ Daños causados por las impurezas y productos de descomposición.
- ♦ Efecto secundario, herbicida y fungicida, de la cianamida cálcica.

### ***Impacto Ambiental por Exceso de Nitratos***

El termino “vulnerabilidad” es usado para identificar un conjunto de factores del complejo hidrogeológico que marcan la susceptibilidad de recibir y difundir un contaminante soluble o transportable en el agua, estos factores están relacionados a diferentes procesos naturales que pueden afectar el ciclo del contaminante, resultando en un patrón irregular de distribución. El problema ambiental más importante relativo al ciclo del N, es la acumulación de nitratos en el subsuelo que, por lixiviación, pueden incorporarse en la planta, también en las capas freáticas o bien ser arrastrados hacia los cauces y reservorios superficiales.

La concentración admisible de nitratos en el agua para consumo humano es de 50 mg/l y el nivel recomendado es inferior a 25 mg/l de nitrato. La cantidad de nitratos que se lixivian hacia el subsuelo depende del régimen de pluviosidad y del tipo del suelo. La mayoría de los suelos poseen abundantes partículas coloidales, tanto orgánicas como inorgánicas, cargadas negativamente, con lo que repelerán a los aniones, y como consecuencia, estos suelos lixiviaran con facilidad a los nitratos.

### ***Factores que influyen en la lixiviación de nitrato***

La disolución de los nitratos es básicamente un proceso químico, una vez diluido sufre a lo largo de su camino un conjunto de factores físicos y químicos que influyen en su movimiento y distribución. En primera instancia es preciso hablar del desplazamiento del agua y compuestos disueltos en ella a través de una zona no saturada, en este caso el suelo (hacia el manto del acuífero), la componente vertical de este desplazamiento es más importante que la pequeña dispersión horizontal.

Puesto que el movimiento del soluto depende en una gran medida del movimiento del agua, debe también depender de los mismos factores físicos, en lo que respecta en el medio no saturado se pueden considerar los siguientes aspectos: La conductividad hidráulica del suelo juntamente con el gradiente hidráulico determina el movimiento del agua, el contenido de humedad del suelo representa el volumen del mismo ocupado por el agua, a una mayor saturación menor será el flujo del contaminante; la dimensión de los poros; la presencia de capas sedimentarias ejercen su influencia en la lixiviación del agua, afectando la percolación en sentido vertical y favoreciendo el horizontal, no obstante es insignificante ante el hecho de que el contaminante seguirá su trayectoria hacia las profundidades del suelo.

## 1.2 MARCO CONCEPTUAL

**Agua:** En química, es un compuesto formado por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. Su fórmula molecular es  $H_2O$ .

El agua cubre el 72% de la superficie del planeta Tierra y representa entre el 50% y el 90% de la masa de los seres vivos. Es una sustancia relativamente abundante aunque solo supone el 0,022% de la masa de la Tierra. Se puede encontrar esta sustancia en prácticamente cualquier lugar de la biosfera y en los tres estados de agregación de la materia: sólido, líquido y gaseoso.

Y en forma gaseosa se halla formando parte de la atmósfera terrestre como vapor de agua.

**Aire:** Se denomina a la mezcla de gases que forma la atmósfera terrestre, sujetos alrededor de la Tierra por la fuerza de gravedad.

Es esencial para la vida en el planeta, es particularmente delicado y está compuesto en proporciones ligeramente variables por sustancias tales como el nitrógeno (78%), oxígeno (21%), vapor de agua (variable entre 0-7%), ozono, dióxido de carbono, hidrógeno y algunos gases nobles como el criptón o el argón.

**Anfo:** Sus iniciales en inglés significa (Ammonium Nitrate - Fuel Oil), es decir, Nitrato de Amonio al 90% al 97% y Aceite Combustible al 3% al 10%, es un explosivo de alto o bajo orden, de acuerdo a su humedad. Estas mezclas son muy utilizadas principalmente por las empresas mineras y de demolición, debido a que son muy seguras, baratas y sus componentes se pueden adquirir con mucha facilidad.

Las cantidades de nitrato de amonio y combustible varían según la longitud de la cadena hidrocarbonada del combustible utilizado. El uso de un combustible insoluble en agua.

Acaba con el principal problema del nitrato de amonio, su tendencia a absorber agua (es higroscópico).

**El nitrato amónico o nitrato de amonio:** es una sal formada por iones de nitrato y de amonio. Su fórmula es  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .

- ♦ Se trata de un compuesto incoloro, altamente soluble en el agua.
- ♦ El nitrato amónico se obtiene por neutralización de ácido nítrico con amoníaco tras la evaporación del agua, se utiliza sobre todo como fertilizante es debido a su buen contenido en nitrógeno.

El nitrato es aprovechado directamente por las plantas mientras que el amonio es oxidado por los microorganismos presentes en el suelo a nitrito o nitrato y sirve de abono de más larga duración.

Una parte de la producción se dedica a la producción del óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) mediante la termólisis controlada:  $\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{N}_2\text{O}$

**Azufre:** Es un elemento químico de número atómico 16 y símbolo **S**. Es un no metal abundante e insípido, se encuentra en sulfuros y sulfatos e incluso en forma nativa (especialmente en regiones volcánicas).

Es un elemento químico esencial para todos los organismos y necesario para muchos aminoácidos y por consiguiente también para las proteínas. Se usa principalmente como fertilizante pero también en la fabricación de pólvora, laxantes, cerillas e insecticidas.

Este no metal tiene un color amarillo, es blando, frágil, ligero, desprende un olor característico a huevo podrido al mezclarse con hidrógeno y arde con llama de color azul desprendiendo dióxido de azufre. Es insoluble en agua pero se disuelve en disulfuro de carbono. Es multivalente y son comunes los estados de oxidación  $-2, +2, +4$  y  $+6$ .

**Carbón:** es un combustible fósil, de color negro, muy rico en carbono. Suele localizarse bajo una capa de pizarra y sobre una capa de arena y tiza. Se cree que la mayor parte del carbón fue formada durante la era carbonífera (hace 280 a 345 millones de años).

Existen diferentes tipos de carbones minerales en función del grado de carbonificación que haya experimentado la materia vegetal que originó el carbón. Estos van desde la turba, que es el menos evolucionado y en el que la materia vegetal muestra poca alteración, hasta la antracita que es el carbón mineral con una mayor evolución.

**Combustión:** Es una reacción química en la que un elemento combustible se combina con otro comburente, (generalmente oxígeno en forma de  $O_2$  gaseoso), desprendiendo calor y produciendo un óxido.

La combustión es una reacción exotérmica, debido a que su descomposición en los elementos libera:

- ♦ Calor al quemar
- ♦ Luz al arder

El proceso de destruir materiales por combustión se conoce como incineración.

**Combustible:** Es cualquier material capaz de liberar energía cuando se cambia o transforma su estructura química. Supone la liberación de una energía de su forma potencial a una forma utilizable (por ser una reacción química, se conoce como energía química). En general se trata de sustancias susceptibles de quemarse, pero hay excepciones que se explican a continuación.

Entre los combustibles fluidos, se encuentran los líquidos como el gasóleo, el queroseno o la gasolina (o nafta) y los gaseosos, como el gas natural o los gases licuados de petróleo (GLP), representados por el propano y el butano. Las gasolinas, gasóleos y hasta los gases, se utilizan para motores de combustión interna.

Se llaman también combustibles las sustancias empleadas para producir la reacción nuclear en el proceso de fisión, cuando este proceso no es propiamente una combustión.

**Característica del Combustible:** La principal característica de un combustible es su poder calorífico, que es el calor desprendido por la combustión completa de una unidad de masa (kilogramo) de combustible. Este calor o poder calorífico, también llamado capacidad calorífica, se mide en Joule o julio, caloría o BTU, dependiendo del sistema de unidades.

**Deflagración:** Velocidad de propagación subsónica. Con o sin confinamiento, es una explosión isóbara con llama a baja velocidad de propagación. Las reacciones que provoca una deflagración son idénticas a las de una combustión, pero se desarrollan a una velocidad comprendida entre 1 m/s y la velocidad del sonido; este tipo de explosión recibe el nombre de deflagración.



En la deflagración el frente de llama avanza por fenómenos de difusión térmica. Por el contrario en una detonación la combustión está asociada a una onda de choque que avanza a velocidad superior a la del sonido.

**Detonación:** Velocidad de propagación supersónica. Es un proceso de combustión supersónica que implica onda expansiva y zona de reacción detrás de ella.

Una detonación es un drástico proceso de transformación de la energía que contiene un material, casi siempre de naturaleza química, que se intercambia a elevadas velocidades con el medio adyacente. Así, para medir el poder detonante de un material con propiedades explosivas, se utiliza la definición de "poder detonante" y se expresa en metros por segundo, dadas las características particulares del material químico en cuestión.

**Disolución:** En química, proviene del latín (*disolutio*) o solución es una mezcla homogénea, a nivel molecular de una o más especies químicas que no reaccionan entre sí; cuyos componentes se encuentran en proporción que varía entre ciertos límites.

Toda disolución está formada por una fase dispersa llamada soluto y un medio dispersante denominado disolvente. También se define disolvente como la sustancia que existe en mayor cantidad que el soluto en la disolución. Si ambos, soluto y disolvente, existen en igual cantidad (como un 50% de etanol y 50% de agua en una disolución), la sustancia que es más frecuentemente utilizada como disolvente es la que se designa como tal (en este caso, el agua).

Una disolución puede estar formada por uno o más solutos y uno o más disolventes. Una disolución será una mezcla en la misma proporción en cualquier cantidad que tomemos (por pequeña que sea la gota), y no se podrán separar por centrifugación ni filtración.

Se distingue de una suspensión, que es una mezcla en la que el soluto no está totalmente disgregado en el disolvente, sino dispersado en pequeñas partículas. Así, diferentes gotas pueden tener diferente cantidad de una sustancia en suspensión. Mientras una disolución es siempre transparente, una suspensión presentará turbidez, será traslúcida u opaca. Una emulsión será intermedia entre disolución y suspensión.

Son mezclas homogéneas.

La cantidad de soluto y la cantidad de disolvente se encuentran en proporciones que varían entre ciertos límites. Normalmente el disolvente se encuentra en mayor proporción que el soluto, aunque no siempre es así. La proporción en que tengamos el soluto en el seno del disolvente depende del tipo de interacción que

se produzca entre ellos. Esta interacción está relacionada con la solubilidad del soluto en el disolvente.

Una disolución que contenga poca cantidad es una disolución diluida. A medida que aumente la proporción de soluto tendremos disoluciones más concentradas, hasta que el disolvente no admite más soluto, entonces la disolución es saturada. Por encima de la saturación se obtienen las disoluciones sobresaturadas. Por ejemplo, 100g de agua a 0°C son capaces de disolver hasta 37,5g de NaCl (cloruro de sodio o sal común), pero si mezclamos 40g de NaCl con 100g de agua a la temperatura señalada, quedará una solución saturada.

**Explosión:** Es la liberación en forma violenta de energía mecánica, química o nuclear, normalmente acompañada de altas temperaturas, liberación de gases, choque violento y ruido fuerte, causando ondas expansivas en los alrededores donde se produce.

**Explosivos:** Se denomina a toda sustancia que por alguna causa externa (roce, calor, percusión, etc.) se transforma en gases; liberando calor, presión o radiación en un tiempo muy breve.

**Filtración:** Es una técnica, proceso tecnológico u operación unitaria de separación, por la cual se hace pasar una mezcla de sólidos y fluidos, gas o líquido, a través de un medio poroso o medio filtrante que puede formar parte de un dispositivo denominado filtro, donde se retiene de la mayor parte del o de los componentes sólidos de la mezcla.

**Grasas:** En bioquímica, es un término genérico para varias clases de lípidos, aunque generalmente se refiere a los acilglicéridos, ésteres en los que uno, dos o tres ácidos grasos se unen a una molécula de glicerina, formando mono glicéridos, di glicéridos y triglicéridos respectivamente.

Todas las grasas son insolubles en agua teniendo una densidad significativamente inferior (flotan en el agua).

**Impacto ambiental:** Se entiende el efecto que produce una determinada acción humana sobre el medio ambiente en sus distintos aspectos. El concepto puede extenderse, con poca utilidad, a los efectos de un fenómeno natural catastrófico. Técnicamente, es la alteración de la línea de base (medio ambiente), debido a la acción antrópica o a eventos naturales.

Las acciones humanas, motivadas por la consecución de diversos fines, provocan efectos colaterales sobre el medio natural o social. Mientras los efectos perseguidos suelen ser positivos, al menos para quienes promueven la actuación, los efectos secundarios pueden ser positivos y, más a menudo, negativos. La evaluación de impacto ambiental (EIA) es el análisis de las consecuencias

predecibles de la acción; y la Declaración de Impacto ambiental (DIA) es la comunicación previa, que las leyes ambientales exigen bajo ciertos supuestos, de las consecuencias ambientales predichas por la evaluación.

**Monóxido de carbono:** También denominado *óxido de carbono (IV)* y *anhídrido carbónico*, es un gas cuyas moléculas están compuestas por dos átomos de oxígeno y uno de carbono. Su fórmula química es CO<sub>2</sub>.

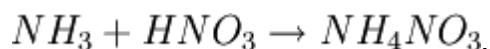
Su representación por estructura de Lewis es: **O=C=O**. Es una molécula lineal y no polar, a pesar de tener enlaces polares.

Es un gas inodoro, incoloro, inflamable y altamente tóxico. Puede causar la muerte cuando se respira en niveles elevados. Se produce cuando se queman materiales combustibles como gas, gasolina, keroseno, carbón, petróleo, tabaco o madera en ambientes de poco oxígeno. Las chimeneas, las calderas, los calentadores de agua o calefones y los aparatos domésticos que queman combustible, como las estufas u hornallas de la cocina o los calentadores a kerosene, también pueden producirlo si no están funcionando bien. Los vehículos detenidos con el motor encendido también lo despiden.

**Oxidante:** Es un compuesto químico que oxida a otra sustancia en reacciones electroquímicas o redox. En estas reacciones, el compuesto oxidante se reduce.

- ♦ Básicamente:

- ♦ El nitrato amónico se obtiene por neutralización de ácido nítrico con amoníaco tras la evaporación del agua:



- ♦ El nitrato amónico se utiliza sobre todo como fertilizante es debido a su buen contenido en nitrógeno. El nitrato es aprovechado directamente por las plantas mientras que el amonio es oxidado por los microorganismos presentes en el suelo a nitrito o nitrato y sirve de abono de más larga duración.

**Precipitado:** Es el sólido que se produce en una disolución por efecto de una reacción química, puede ocurrir cuando una sustancia insoluble se forma en la disolución debido a una reacción química o a que la disolución ha sido sobresaturada por algún compuesto, esto es, que no acepta más soluto y que al no poder ser disuelto, dicho soluto forma el precipitado.

En la mayoría de los casos, el precipitado (el sólido formado) cae al fondo de la disolución, aunque esto depende de la densidad del precipitado:

Si el precipitado es más denso que el resto de la disolución, cae.

Si es menos denso, flota, y si tiene una densidad similar, se queda en suspensión.

El efecto de la precipitación es muy útil en muchas aplicaciones, tanto industriales como científicas, en las que una reacción química produzca sólidos que después puedan ser recogidos por diversos métodos, como la filtración, la decantación o por un proceso de centrifugado.

En síntesis, la precipitación es la sustancia sólida que se forma al combinar varias sustancias.

**Pólvora:** Como su nombre lo indica viene de elementos sumamente pulverizados, su velocidad de detonación no excede a los 600 m/s.

Es una sustancia explosiva utilizada principalmente como propulsor de proyectiles en las armas de fuego y como propulsor y con fines acústicos en los juegos pirotécnicos.

Está compuesta de determinadas proporciones de carbón vegetal al 15%, azufre al 10% y nitrato de potasio (salitre) al 75%.

**Sales minerales:** Son moléculas inorgánicas de fácil ionización en presencia de agua y que en los seres vivos aparecen tanto precipitadas como disueltas.

Las sales minerales precipitadas forman cuerpos sólidos de funciones estructurales. Ejemplos de este tipo de cuerpos sólidos son las conchas y los huesos.

Los procesos vitales requieren la presencia de ciertas sales bajo la forma de iones como los cloruros, los carbonatos y los sulfatos.

Las sales minerales disueltas en agua siempre están ionizadas. Estas sales tienen función estructural y funciones de regulación del pH, de la presión osmótica y de reacciones bioquímicas, en las que intervienen iones específicos.

La mayoría de las sales minerales se encuentran en el suelo, minerales y en la propia tierra.

El cuerpo requiere frecuentemente de la ingesta de éstas, ya que sin ellas se dificulta el proceso de digestión. Participan en reacciones químicas a niveles electrolíticos

**Sonómetro:** Es un instrumento de medición de presión sonora, compuesto de micrófono, amplificador, filtros de ponderación e indicador de medida, destinado a la medida de niveles sonoros, siguiendo unas determinadas especificaciones

### 1.3 MARCO LEGAL

La normatividad ambiental es el conjunto de objetivos, principios, criterios y orientaciones generales para la protección del medio ambiente de una sociedad particular.

En Colombia la normatividad ambiental ha tenido un importante desarrollo en las últimas tres décadas, en especial, a partir de Estocolmo de 1972, cuyos principios se acogieron en el Código de recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente (Decreto Ley 2811 de 1974). Este se constituyó en uno de los primeros esfuerzos en Iberoamérica para expedir una normatividad integral sobre el medio ambiente.

Tenemos entonces que la Constitución Política de Colombia de 1991. Por la cual se rige la normatividad colombiana contempla que:

<b>Artículo</b>	<b>Corresponde a</b>
<b>Artículo 7°.-</b>	El Estado reconoce y protege la diversidad étnica y cultural de la Nación Colombiana.
<b>Artículo 80°.-</b>	El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas.
<b>Artículo 334°.-</b>	La dirección general de la economía estará a cargo del Estado. Este intervendrá, por mandato de la ley, en la explotación de los recursos naturales, en el uso del suelo, en la producción, distribución, utilización y consumo de los bienes, y en los servicios públicos y privados, para racionalizar la economía con el fin de conseguir el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes, la distribución equitativa de las oportunidades y los beneficios del desarrollo y la preservación de un ambiente sano.

Fuente: autores 2007

**DECLARACIÓN DE LA CONFERENCIA DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE HUMANO (Estocolmo, Suecia, 5-16 de junio de 1972) • Declaración de Estocolmo •**

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente, Reunida en Estocolmo del 5 al 16 de junio de 1972, Atenta a la necesidad de un criterio y principios comunes que ofrezcan a los pueblos del mundo inspiración y guía para preservar y mejorar el medio ambiente;

**Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo Río de Janeiro, junio de 1992**

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, Habiéndose reunido en Río de Janeiro del 3 al 14 de junio de 1992, Procurando alcanzar acuerdos internacionales en los que se respeten los intereses de todos y se proteja la integridad del sistema ambiental y de desarrollo mundial, Reconociendo la naturaleza integral e interdependiente de la Tierra, nuestro hogar.

Leyes en nuestro país:

<b>Leyes</b>	<b><i>Habla sobre</i></b>
<b>Ley 99/ 93</b>	Art. 83, 84 sanciones y medidas de policía ART 85 sanciones y medidas de policía.
<b>Ley 61 de 1993</b>	agosto 12 por lo cual se reviste al presidente al presidente de la república de facultades extraordinarias sobre armas municiones y explosivos y para reglamentar la vigilancia y seguridad privada
<b>Ley 525 DE 1999</b>	del 12 Agosto por medio de la cual se aprueba la "Convención sobre la prohibición del desarrollo, la producción, el almacenamiento y el empleo de armas químicas y sobre su destrucción" hecha en París el trece (13) de enero de mil novecientos noventa y tres (1993).
<b>Ley 540 DE 1999</b>	del 15 de Diciembre Por medio de la cual se aprueba la "Convención Interamericana contra la fabricación y el tráfico ilícito de armas de fuego, municiones, explosivos y otros materiales relacionados".
<b>Ley 554 DE</b>	del 14 de Enero Por medio de la cual se aprueba la "Convención

<b>2000</b>	sobre la prohibición del empleo, almacenamiento, producción y transferencia de minas antipersonal y sobre su destrucción", hecha el dieciocho (18) de septiembre de mil novecientos noventa y siete (1997).
<b>Ley 670 DE 2001</b>	del 30 de Julio Diario Oficial No. 44.503, de 30 de julio de 2001 por medio de la cual se desarrolla parcialmente el artículo 44 de la Constitución Política para garantizar la vida, la integridad física y la recreación del niño expuesto al riesgo por el manejo de artículos pirotécnicos o explosivos.
<b>Ley 737 DE 2002</b>	del 5 de Marzo Diario Oficial No 44.734, de 9 de marzo de 2002 por medio de la cual se aprueba la "Convención Interamericana contra la fabricación y el tráfico ilícitos de armas de fuego, municiones, explosivos y otros materiales relacionados".
<b>Ley 759 DE 2002</b>	25 de Julio Diario Oficial No. 44.883, de 30 de julio de 2002 Por medio de la cual se dictan normas para dar cumplimiento a la Convención sobre la Prohibición del Empleo, Almacenamiento, Producción y Transferencia de minas antipersonal y sobre su destrucción y se fijan disposiciones con el fin de erradicar en Colombia el uso de las minas antipersonal.
<b>Ley 804 DE 2003</b>	del 1 de Abril Diario Oficial No. 45.146, de 2 de abril de 2003 Por medio de la cual se aprueba el Convenio Internacional para la Represión de los Atentados Terroristas Cometidos con Bombas, adoptado por la Asamblea General de las Naciones Unidas, el quince (15) de diciembre de mil novecientos noventa y siete (1997).
<b>Ley 831 DE 2003</b>	del 10 de Julio Diario Oficial No. 45.248, de 14 de julio de 2003 Por medio de la cual se aprueba el Convenio sobre la Marcación de Explosivos Plásticos para los fines de Detección, hecho en Montreal, el primero (1°) de marzo de mil novecientos noventa y uno (1991)
<b>Ley 906 de 21 de Agosto de 2004.</b>	Congreso de la República. Esta ley expide el Código de Procedimiento Penal. En esta se establecen cuales son las funciones de la Policía Judicial, además se presenta la cadena de custodia en la que se establece las consideraciones que se deben tener en cuenta cuando se decomisan explosivos como elementos de materiales de prueba en procesos judiciales.



--	--

Fuente: autores 2007

Decretos que se han expedido:

<b>Decreto</b>	<b>Se refiere a</b>
<b>Decreto 2 de 1982</b>	(emisiones atmosféricas) por el cual se reglamenta parcialmente el título I de la ley 09 de 1979 y el decreto ley 2811/74 en cuanto a emisiones atmosféricas.
<b>Decreto 2003 de 1982</b>	del 12 de Julio Por el cual se modifica parcialmente el Decreto No. 1663 del 06 de Julio de 1979. Modifica el Estatuto Nacional para el control comercio armas, municiones y explosivos.
<b>Decreto 695 de 1983</b>	del 08 de Marzo Por el cual se determina el material de Guerra o reservado de las fuerzas militares y la Policía Nacional. Clasifica sistemas de armas, armamento mayor y menor de todos los tipos, modelos o calibres usado por las Fuerzas militares y la Policía Nacional.
<b>Decreto 1594 de Junio 26 de 1.984</b>	Este decreto reglamenta el uso del agua y los residuos líquidos a nivel nacional. En este decreto se establecen los parámetros y las concentraciones máximas admisibles, que pueden estar presentes en un residuo líquido según el uso que se quiera dar a este.
<b>Decreto 1335 de 1987</b>	Reglamento de seguridad en las labores subterráneas Regula aspectos relacionados con productos explosivos los cuales son vendidos por Indumil.
<b>Decreto 624 de 1989</b>	del 30 de Marzo Por el cual se expide el estatuto tributario de los impuestos administrados por la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales. Artículo 523. Actuaciones y documentos sin cuantía gravados con el impuesto. Numeral 4. Las licencias para portar armas de fuego. Numeral 5. Licencias para comerciar en municiones y explosivos.
<b>Decreto 2222 de 1993</b>	del 05 de Noviembre Por el cual se expide el reglamento de higiene y seguridad en las labores mineras a cielo abierto. La compra, transporte, almacenamiento, manejo y empleo de explosivos

	requeridos en las labores mineras deberá cumplir con la reglamentación establecida por las autoridades competentes.
<b>Decreto 2269 de 1993</b>	del 16 de Noviembre Por el cual el gobierno nacional le corresponde intervenir en la fijación de normas sobre pesas, medidas, calidad, empaque, de normalización en consecuencia dicha función fue delegada al Instituto Colombia de Normas Técnicas Colombianas, ICONTEC.
<b>Decreto 2535 de Dic 1993</b>	Por el cual se expiden normas sobre armas, municiones y explosivos. En este decreto se fijan normas y requisitos que se deben tener en cuenta para la tenencia y el porte de armas, municiones, explosivos y sus accesorios. Además establece algunas condiciones para la importación y exportación de armas, municiones y explosivos.
<b>Decreto 948 de 1995</b>	<b>Aire</b> (control de la contaminación atmosférica y protección de la calidad de aire).
<b>Decreto 2107 de 1996</b>	<b>Aire.</b> Reglamenta la protección y control de la calidad del aire
<b>Decreto 1283 de 1996</b>	Del 23 de Julio Por el cual se reglamenta el funcionamiento del Fondo de solidaridad y garantía del Sistema general de seguridad social en salud.
<b>Decreto 2685 de 1999</b>	del 28 de Diciembre Recoge en un solo cuerpo normativo todas las operaciones aduaneras y de comercio exterior en concordancia con los tratados internacionales.
<b>Decreto 751 de 2001</b>	del 01 de Octubre Por el cual se adoptan medidas de control sobre fabricación, almacenamiento, transporte, venta y manipulación de fuegos artificiales o artículos pirotécnicos en el Distrito Capital de Bogotá.
<b>Decreto 334 de 2002</b>	del 18 de Marzo Por el cual se establecen normas en materia de explosivos. Mecanismos de control relacionados con la producción, importación, comercialización, distribución, venta directa,

	almacenamiento de explosivos.
<b>Decreto 1609 de 2002</b>	del 31 de Julio Por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre de mercancías peligrosas por carretera. Tiene por objeto establecer los requisitos técnicos y de seguridad para el manejo y transporte de mercancías peligrosas por carretera en vehículos automotores en todo el territorio nacional.
<b>Decreto 1607 de 2002</b>	del 31 de Julio Por el cual se modifica la tabla de clasificación de actividades económicas para el sistema general de riesgos profesionales y se dictan otras disposiciones. El DANE, estableció la única clasificación para Colombia, adoptando la Clasificación Industrial Internacional Uniforme., Clase de riesgo: 2. Código CIIU 2927, dígitos adicionales. 01. Empresas dedicadas a la fabricación de armas y municiones incluye los talleres de reparación de las armas.

Fuente: autores 2007

### Con respecto a la resoluciones.

<b>Resolución</b>	<b>Habla sobre</b>
<b>Resolución número 02400 Mayo 22 de 1979</b>	Disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad industrial en establecimientos de trabajo. En esta resolución se establecen algunas consideraciones relacionadas con la manipulación, transporte y almacenamiento de explosivos.
<b>Resolución 8321 de 1983</b>	Protección y conservación de la audición.
<b>Resolución 1792 Mayo 3 de 1990</b>	Valores limite permisibles para la exposición ocupacional al ruido.
<b>Resolución 6050 de 1999</b>	del 14 de Abril Por la cual se regulan las actividades relacionadas con el control de normas técnicas colombianas oficiales obligatorias a cargo de la Superintendencia de industria y Comercio.

<b>Resolución 5758 de 1999</b>	del 27 de Julio Por la cual se modifican las resoluciones 930 del 28 de febrero de 1997 y 2724 del 7 de mayo de 1997 Todo productor o importador podrá registrar las características que determinen la calidad e idoneidad de los bienes y servicios que ponga en el mercado.
<b>Resolución 29930 de 2000</b>	del 26 de Octubre Por la cual se fijan los estándares para la autorización y funcionamiento de las entidades de certificación y sus auditores. Certificación de entidades clasificadas como abiertas y cerradas.
<b>Resolución 02217 de 2001</b>	del 21 de Diciembre Por la cual se establecen y adoptan los formatos de recaudos especiales del Fosyga.
<b>Resolución 00005 de 2002</b>	del 02 de Enero Por la cual se reglamenta el registro de calidad e idoneidad de bienes y servicios. Todo productor o importador podrá registrar las características que determinen la calidad e idoneidad de los bienes y servicios que ponga en el mercado.
<b>Resolución 00093 de 2002</b>	del 19 de Abril Por la cual se fijan los cupos de importación de nitrato de amonio, Categoría I para uso como materia prima de fertilizantes y para la importación y/o producción de fertilizantes categoría II.
<b>Resolución 081 de 2002</b>	del 08 de Mayo Por la cual se clasifican como explosivos para todos los efectos legales, las materias primas o insumos que sin ser explosivos individualmente, en conjunto conforman una sustancia explosiva
<b>Resolución 14471 de 2002</b>	del 14 de Mayo Por la cual se fijan unos requisitos mínimos de calidad e idoneidad. La Superintendencia y de industria y Comercio fija los requisitos de calidad que deben tener las entidades certificadas.
<b>Resolución 0627/ Abril 7 de 2006</b>	Por el ministerio de ambiente vivienda y desarrollo territorial; Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental..

Fuente: autores 2007

**Y las circulares que los técnicos de la policía deben tener presente:**

	<b>Se refiere ha</b>
--	----------------------

<b>Numero de la circular</b>	
<b>Circular N° 0277</b>	Del 26 de Noviembre de 1997, Se imparten instrucciones sobre la seguridad en la utilización de material explosivo. Transcribe, resume y reitera el cabal cumplimiento de las Normas de Seguridad en labores subterráneas y de superficie con explosivos en el territorio Nacional.
<b>Circular N° 13645</b>	Del 25 de Septiembre de 1998: Procedimiento y requisitos, para importación de productos Químicos y Explosivos., expedida por Indumil. 1. Autorización Gerencia Industria militar. 2. Licencia de Importación. 3. Porcentajes y valores para liquidación de la importación. 4. Declaración de Importación. 5. Recepción y nacionalización de la mercancía.
<b>Circular Externa N° 161</b>	Del 06 de Diciembre de 1999: Productos de importación a través de Indumil. Circular expedida por el Ministerio de Comercio Exterior, en la cual aparecen las subpartidas arancelarias de los productos de importación exclusiva de la Industria Militar.
<b>Circular Externa N° 036</b>	del, 15 de Marzo del 2000: Circular general por medio de la cual se recopilan los vistos buenos y requisitos para el registro de importación de bienes. Circular expedida por el Instituto Colombiano de Comercio Exterior, la cual establece los bienes que únicamente pueden importarse por intermedio de Indumil.
<b>Circular Externa N° 021</b>	del 01 de Marzo del 2001: Por la cual se establece el registro de exportadores de bienes y servicios. Circular expedida por el Ministerio de Comercio Exterior, la cual regula asuntos en materia de exportaciones.
<b>Circular Única N° 010</b>	Del 19 de Julio del 2001 Se reúnen en un solo cuerpo normativo todas las reglamentaciones e instrucciones generales de la Superintendencia de Industria y Comercio. Título II. Normas sobre protección al consumidor. Título IV. Promoción y control de normas técnicas.
<b>Circular</b>	Del 28 de Febrero del 2002 Por medio de la cual se adiciona un

<b>Externa Nº 020</b>	producto a la Circular Externa 161/99. El monoleato de sorbitol – smo, producto identificado con la partida arancelaria 29.15.15.20.00, es de importación exclusiva de la Industria Militar INDUMIL.
<b>Circular Externa Nº 068</b>	Del 26 de Agosto del 2002 Productos de importación a través de Indumil. Circular expedida por el Ministerio de Comercio Exterior, en la cual aparecen las subpartidas arancelarias de los productos de importación exclusiva de la Industria Militar.
<b>Circular Externa Nº 069</b>	Del 29 de Agosto del 2002 Pone en conocimiento el listado de bienes con normas técnicas colombianas oficiales obligatorias para productos importados y procedimiento para la obtención del certificado

Fuente: autores 2007

La normatividad que citamos anteriormente Hace referencia a la incautación de explosivos a la delincuencia colombiana y los procedimientos que se deben tener en cuenta para la destrucción de estos explosivos; también quienes y como se deben realizar estas actividades.

Donde se puede ver claramente que como fruto de la nueva Constitución Política colombiana, se redimensionó la protección medio ambiental, elevándola a la categoría de derecho colectivo y dotándola de mecanismos de protección por parte de los ciudadanos, en particular, a través de las acciones populares o de grupo y, excepcionalmente, del uso de las acciones de tutela y de cumplimiento.

- I. intradomiciliario, que permitan exponer un panorama de riesgo para la salud en la población infantil de las tres localidades de Bogotá.

## 2. DISEÑO METODOLÓGICO

### 2.1 Enfoque Investigativo

La presente investigación es de tipo exploratorio cuantitativo, la cual parte de la observación del fenómeno, continua con la experimentación en la cual se miden y cuantifican los datos correspondientes al mismo, seguidamente se realiza una deducción y análisis de los datos obtenidos con anterioridad para así inferir propuestas, analizarlas y realizar un planteamiento final.

### 2.2 Población y Muestra

- **Población:** La presente investigación se encuentra orientada a brindar una alternativa nueva que ofrezca menores riesgos y costos, a los técnicos en explosivos de la Policía Nacional, teniendo en cuenta que estos últimos suman a lo largo del territorio nacional un total de 144, los cuales a su vez, se encargarán de manera bien sea directa o indirecta de multiplicar la misma, luego de ser difundida a las demás personas que hacen parte de los organismos de seguridad del estado y que son también encargados de la destrucción de sustancias explosivas según lo indican sus competencias laborales.
- **Muestra:** La población que se tomó como parte representativa para el estudio de la presente investigación corresponde a un 20% del total de los técnicos en explosivos de la Policía Nacional, éstos se encuentran a lo largo de las seccionales de policía Judicial y de la dirección de la misma, de ésta manera, se logró asegurar y determinar el pensamiento y modo de actuar de los técnicos en explosivos.

Las variables y las constantes, que se tendrán en cuenta para la escogencia de la población de muestreo más expuesta y menos expuesta, son las siguientes:

**Tabla 2. Criterios para la selección de la población a muestrear.**

Constantes	Variables
Técnicos de la Policía Nacional de Colombia	País y región
Desactivación del explosivos	Técnica mas utilizada
Lugar donde se realiza la destrucción	Velocidad y dirección del viento.

Fuente: Autores. 2007

Al hablar de explosivos, se habla de una gran cantidad de los mismos, los cuales son innumerables debido a la diversidad que se pueden obtener, pues como ya se vio en el marco teórico tan solo es necesario tener unos conocimientos básicos para crear una de ellas, situación que por demás ha sido aprovechada por los terroristas y que ha hecho bastante difícil su control.

Por los motivos expuestos en el párrafo anterior y debido a que si realizáramos el trabajo con todos los posibles explosivos éste sería interminable sumado al desconocimiento y falta de documentación del trabajo que se pretende realizar, se ha decidido limitar esta investigación a los dos explosivos de mayor incautación en el territorio colombiano, que según datos CEDAB PONAL corresponden a ANFO y Pólvora, siendo éstos a su vez estandarizados en ANFO de producción INDUMIL con una composición de Nitrato de Amonio (94%) y Aceite Combustible (6%) y Pólvora negra con una composición de Nitrato de Potasio (75%), Carbón Vegetal (15%) y Azufre (10%).

Para la ejecución del proyecto de investigación, se requiere seguir la siguiente metodología:



### **Fase I: DIAGNÓSTICO Y SELECCIÓN**

I.I. Respecto a los explosivos Anfo y Pólvora se tomaron valores representativos escogidos por los técnicos de la Policía Nacional de Colombia, teniendo en cuenta el área a utilizar para la prueba ya que era un factor determinante en el sentido a mayor área, mayor cantidad de explosivo a detonar.; en este caso los que se detonaron y defraglaron (*defraglación*: combustión acelerada controlada).

I.II. Se Identifico y seleccionó un sitio para la realización de las detonaciones, para la respectiva actividad; Teniendo en cuenta las especificaciones de los técnicos de antiexplosivos de la Policía Nacional de Colombia, donde se verificó que el sitio debía ser una zona rural, limpia con poca vegetación, y con poca presencia de asentamientos urbanos;

I.III. Se realizo una visita y se estableció el sitio específico para la actividad teniendo en cuenta las anteriores observaciones, con el Secretario de Gobierno de Municipio de Zipaquirá, se expidió el respectivo permiso y se realizaron así las pruebas en la finca ubicada en el Municipio de Cogua más exactamente en la vereda La Plazuela.



<b>Parámetro</b>	<b>Equipo</b>
SO <sub>x</sub> , NO <sub>x</sub> , Y CO	Passport Five Stars,
Ruido	Sonómetros Larson Davis DSP 81
<b>Descripción</b>	
Las pruebas se realizaron en dos días; un día entero para un solo explosivo, al cual se le hizo la detonación, Pólvora y a la siguiente sección para el otro explosivo al Anfo; se dividió la zona en partes iguales y se clasificará como (A) para la pólvora y (B) para Anfo, con el fin de no confundir los lugares de detonación , esta clasificación se hizo en dos fincas diferentes.	
Zona A (Polvora)	Zona B (Anfo)
	

**Fuente:** Autores, 2007

I.IV. Las pruebas para la zona A y la zona B, donde se realizó la detonación estuvo sujeta, a la adquisición de los explosivos por parte de los técnicos de la policía, por esto se realizó en un día entero y no en dos, y en dos lugares diferentes y no en la misma finca como se había planteado en el anteproyecto.

I.V. Como los explosivos no se podían almacenar por mucho tiempo se realizaron primero las pruebas para la Pólvora Barragán en zona A posteriormente el Anfo en la zona B.

## **Fase II : PRUEBAS EN CAMPO**

II.I. se buscó información en la CAR de Cundinamarca que da fundamento para la posición de los equipos con respecto a la dirección de los vientos en lugar donde se realizó la detonación.

**Mapa 5. Ubicación de los sitios de detonación**



**Fuente:** Autores, 2007

Para el proyecto se tuvo en cuenta la información meteorológica adquirida de la corporación debido a que las detonaciones se realizaron en los puntos señalados en el mapa, esta información, se busco ser la más cercana posible a la zona de afectación para explicar así las condiciones iniciales y finales de las detonaciones.

II.II. Las diferentes pruebas en campo se siguieron bajo las indicaciones y recomendaciones de los técnicos para la manipulación de los explosivos, con el fin de evitar accidentes como quemaduras, problemas auditivos y esquirlas.

RUIDO			
Descripción	Cantidad de ANFO y Pólvora (Barragán)	Tiempo	Equipo
La prueba se realizo in- situ en el Municipio de Cogua teniendo en cuenta la dirección del viento y las condiciones del terreno.	Se tomaron 3 cantidades (3 Kg., 5 Kg. y 10 Kg. ).  Se tomo estos valores por seguridad del equipo técnico y las personas que estábamos en la practica, ya que a mayor carga mayor riesgo.	Se realizaron dos replicas antes y después de cada explosión para cada cantidad de explosivos.	<i>Sonómetros Larson Davis DSP 81</i>
SO <sub>x</sub> , NO <sub>x</sub> , Y CO			

Descripción	Cantidad de ANFO y Pólvora (Barragán)	Tiempo	Equipo
La prueba se realizo in- situ en el municipio de Cogua teniendo en cuenta la dirección del viento y las condiciones del terreno.	Se tomaron 3 cantidades ( 3 Kg., 5 Kg. y 10 Kg. ) de cada explosivo.	Se realizaron dos replicas antes y después de cada explosión.	<i>Passport Five Stars</i>
<b>SO<sub>x</sub> y NO<sub>x</sub></b>			
Descripción	Cantidad de ANFO y Pólvora	Tiempo	Equipo
La prueba se realizo in- situ en el municipio de Cogua teniendo en cuenta la dirección del viento y las condiciones del terreno.	Se tomaron 3 cantidades ( 3 Kg., 5 Kg. y 10 Kg. ) de cada explosivo.	Se realizo el muestreo durante todo el día de detonación, siguiendo los protocolos del laboratorio, para la recolección de la muestra.	<i>Medidor de tres gases</i>

### Fase III : ANALISIS DE LABORATORIO

III.I Con respecto a las diluciones se tuvo en cuenta los valores teóricos que se utilizaron como valores representativos para ser tomados como base piloto para la realización en la práctica, esto se hizo con respecto a la composición de cada explosivo y tomando una base; Las muestras fueron adquiridas por parte de los técnicos de la Policía; llamando muestras a los explosivos Anfo y Pólvora.

Las diluciones se realizaron por ensayo y error hasta encontrar en punto en el cual la dilución se podía realizar a escala real o piloto tanto de Anfo como de pólvora.

<b>Ph</b>	
<i>Descripción</i>	Se diluyo 0.5 gr de cada explosivo, en valores del rango 50 ml de agua hasta 200ml y con el equipo phmetro o papel pH y así se tomaran los valores.
<i>Cantidad de Anfo y Pólvora</i>	Se realizo la dilución de 0.5 gr de cada explosivo, en valores del rango 50ml de agua hasta 200ml
<b>Conductividad</b>	

<i>Descripción</i>	Se diluye 0.5 gr de cada explosivo, en valores del rango 50ml de agua hasta 200ml y con el equipo el conductímetro se registraron los valores.
<i>Cantidad de Anfo y Pólvora</i>	Se realizó la dilución de 0.5 gr de cada explosivo, en valores del rango 50 ml de agua hasta 200ml.
<b>Temperatura</b>	
<i>Descripción</i>	Se diluyo 0.5 gr de cada explosivo, en valores del rango 50ml de agua hasta 200ml y con el termómetro se registraran los valores.
<i>Cantidad de Anfo y Pólvora</i>	Se realizó la dilución de 0.5 gr de cada explosivo, en valores del rango 50ml de agua hasta 200ml
<b>Turbiedad</b>	
<i>Descripción</i>	Se diluyo 0.5 gr de cada explosivo, en valores del rango 50ml de agua hasta 200ml y con el equipo el turbidímetro se registraran los valores.
<i>Cantidad de Anfo y Pólvora</i>	Se realizó la dilución de 0.5 gr de cada explosivo, en valores del rango 50ml de agua hasta 200ml.
<b>SO<sub>x</sub> y NO<sub>x</sub></b>	
<i>Descripción</i>	El análisis de las muestras se realizó en el laboratorio con respecto al los protocolos para la determinación de SO <sub>x</sub> y NO <sub>x</sub> ;
<i>Cantidad de Anfo y Pólvora</i>	Se realizaron las soluciones antes y se siguió el protocolo para la determinación de. SO <sub>x</sub> y NO <sub>x</sub> después del muestreo
<b>NITRATOS</b>	
<i>Descripción</i>	La prueba se realizó en el laboratorio teniendo las especificaciones técnicas para los análisis de las muestras y así obtener un resultado con un margen de error mínimo.
<i>Cantidad de Anfo y Pólvora</i>	Se tomaron muestras de cada uno de los explosivos. Para la determinación de cantidades se realizaron unas pruebas piloto cuales son las más representativas para las diluciones, con respecto a la norma. 10 ppm.

#### **Fase IV EVALUACION DE LOS IMPACTOS**

IV.1. Se Elaboro la **matriz** para la destrucción por disolución; Basados en la Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental; donde para el Anfo, los parámetros a calificar fueron los (nitratos y pH). y en Pólvora (nitratos y pH) comparado con diversas mediciones, se adaptaron para el recurso agua y aire con los parámetros anteriores.

#### **Fase V ANALISIS DE RESULTADOS**

V.I. Se Analizaron los datos obtenidos para cada uno de los parámetros de Anfo y Polvora utilizando la **matriz**. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental.

V.II. Se Analizaron los resultados de las pruebas de ruido (decibeles) con el equipo sonómetro Larson Davis, y los valores se comparan con la norma.

V.III. Se Compararon los impactos por matriz de evaluación en cada uno de los recursos (agua y aire); Un grado de comparación debido a que la matriz ecológica utiliza cuatro criterios de evaluación mientras que la de importancia se usan de 8 a 12 criterios de evaluación.

## **Fase VI ENTREGA Y PUBLICACIÓN**

VI.I. Se Compararon los resultados con la referencia bibliografía en este caso la normatividad de ruido, vertimientos, y aire; la respectiva observación por parte del grupo de investigación, y el curso de técnico profesional de explosivos de la Policía.

VI.II. Se elaboro de un artículo científico en la Universidad de la salle.; Realizo el documento tesis.

### 3. DESARROLLO DEL PROYECTO

#### 3.1 Identificación de los dos Explosivos de Mayor Incautación en el Territorio Colombiano.

Con el objeto de determinar los dos explosivos de mayor incautación en el territorio nacional se acudió a la información almacenada en las bases de datos que suministrasen la mejor información en lo referente al tema en cuestión, estas son el Centro de Investigaciones Criminológicas (CIC), de la Dirección de Investigación Criminal (DIJIN), Centro de Información Antiexplosivos y rastreo de armas (CIARA) y al sistema (CEDAB) Centro de Datos de Bombas de la misma dirección.

Los datos registrados en las bases de datos en mención reportan incautaciones durante los años 2005, 2006 y 2007 (a fecha Septiembre 24) los cuales se totalizaron como se muestra en la tabla 3. Es de anotar que no reposa información tabulada en lo referente a años anteriores.

Una vez sumadas las incautaciones durante los años en mención, se encontró que a lo largo de éstos se han incautado un total de 22 655 929 g de explosivos, de las cuales el mayor corresponde a Anfo con un total de 5 703 861 g equivalente a un **25%**, seguido por la Pólvora con un total de 5 304 000 g equivalente al **24 %**.

A continuación se muestra el comportamiento de las incautaciones de los dos explosivos Pólvora y ANFO durante los años en mención:

**Tabla 3. Incautación de Pólvora y ANFO años 2005, 2006 y 2007 (hasta septiembre 24)**

<b>AÑO</b>	<b>ANFO Gramos</b>	<b>PÓLVORA Gramos</b>
<b>2005</b>	1,150,699	2,021,000
<b>2006</b>	2,204,861	3,089,000
<b>2007</b>	2,534,229	-----
<b>TOTAL</b>	5,703,861	5.304.000

**Fuente:** Centro de Investigaciones Criminológicas (CIC), de la Dirección de Investigación Criminal (DIJIN), Centro de Información Antiexplosivos y rastreo de armas (CIARA) y al sistema (CEDAB) Centro de Datos de Bombas de la misma dirección.

**Tabla 3.1 Total incautaciones de explosivos durante los años 2005, 2006 y 2007 (hasta septiembre 24)**

	GRAMOS DE EXPLOSIVOS INCAUTADOS											
UNIDAD	ALUMINIO NEGRO	AMONAL	ANFO	BENCLO	C4	CORDON DETONANTE	(T.N.T.)	EXPLOSIVO PLASTICO	INDUGEL	PENTOLITA	R1	POLVORA
ANTINARCOTICOS	2,000,020	1,000,000	300,000			912	2,500		240	2,050,000		
ANTIOQUIA	15,250	109,000	199,001	1600	1,500	506	1	0	2,136,802	18,190	397,850	3000
ARAUCA					150	37					10,000	
ATLANTICO		5,500	0			76	800		730		8,008	1000
BOLIVAR			360,000			1			4			
BOYACA			67,550	14,000	20	1,155	28	5	304,440		30,000	
CALDAS	400					74	8,500		1371	20		
CAQUETA	0	20,000	2,000		150	534			751	9,935	100	3,300,000
CASANARE		80,000				67			20,750			
CAUCA		25,000	204,000		1,500	2,284		5	9,700	65,960	69,500	
CESAR		504,000	82,891		1,940	188	5		57,756		65,000	
C.O.E.S.C. BUENAVENTURA			59,250						22,400	3,000		
CORDOBA	40,000				6,533	896			2,100	8,473		
CUNDINAMARCA	6		326,030			1,815			23,525	1,500	47,000	2,000,000
CHOCO			3,000			150						
DIJIN			1,962,000	480,000	270,170	1,965	17,185		15,000	44,563		
DIVISION PROTECCION DEL MEDIO AMBIENTE										51,000		
GUAINIA						6					40	
GUAVIARE		40,000	9,000			80						
HUILA	0	80,000	9,800			190			0	6,770	233,000	
MAGDALENA			1,000			2,007		450	1,800	0	0	
MAGDALENA MEDIO		41,500	3,000					1	1,000			

**Fuente:** Centro de Investigaciones Criminológicas (CIC), de la Dirección de Investigación Criminal (DIJIN), Centro de Información Antiexplosivos y rastreo de armas (CIARA) y al sistema (CEDAB) Centro de Datos de Bombas de la misma dirección.

	GRAMOS DE EXPLOSIVOS INCAUTADOS											
UNIDAD	ALUMINIO NEGRO	AMONAL	ANFO	BENCLO	C4	CORDON DETONANTE	(T.N.T.)	EXPLOSIVO PLASTICO	INDUGEL	PENTOLITA	R1	POLVORA
M. BOGOTA	303	12,700	833,500		1	110		58	5,178	212	1,000	
M. CALI	0	44,000	1,109,750			1300	2,900	26	5,225	20,550		
M. CARTAGENA	495					4			5000		20,000	
META		50,000	80,000			7		1	500	4	21,000	
M. MEDELLIN	1		50,329			546	3,556	990	38,110	21,550		
NARIÑO	140	15,000	1,560			507	408,501	14	750	24,000		
NTE SANTANDER		11,000				32	26,000	1	3,400		5,000	
PUTUMAYO			12,000		200	1,083	20	1	200	94,700		
QUINDIO						21			20,000	196	6,000	
RISARALDA						9	400		1			
SANTANDER						124			12,001		30,000	
SUCRE							30			547	3,500	
TOLIMA		6,000	6,500		33,533	58	51,145	0	12,477	4,000	10	
URABA						30	0		2,500	800		
VALLE		4,000	20,450			1,244	7,280		48,205	60,037	0	
VICHADA			1,250									
<b>TOTAL</b>	<b>2,056,615</b>	<b>2,047,700</b>	<b>5,703,861</b>	<b>495,600</b>	<b>315,697</b>	<b>17,122</b>	<b>528,851</b>	<b>1,552</b>	<b>2,751,916</b>	<b>2,486,007</b>	<b>947,008</b>	<b>5,304,000</b>
<b>PORCENTAJES</b>	9	9	25	2	1	0	2	0	12	11	4	23

**Fuente:** Centro de Investigaciones Criminológicas (CIC), de la Dirección de Investigación Criminal (DIJIN), Centro de Información Antiexplosivos y rastreo de armas (CIARA) y al sistema (CEDAB) Centro de Datos de Bombas de la misma dirección.

**Total Incautaciones 22 655 929 g**



**Gráfica 1. Distribución explosivos incautados los años 2005, 2006 y 2007 (hasta septiembre 24)**



**Fuente:** Centro de Investigaciones Criminológicas (CIC), de la Dirección de Investigación Criminal (DIJIN), Centro de Información Antiexplosivos y rastreo de armas (CIARA) y al sistema (CEDAB) Centro de Datos de Bombas de la misma dirección.

Como no todo los explosivos son Anfo y Pólvara en la grafica anterior se da una información sobre los otros porcentajes de explosivos incautados en el país y a que clase de explosivo hace referencia dando como precedente que los de mayor incautación son los que ya se habían citado; el resto de explosivos son en porcentaje menor pero igual se deben tener presentes par futuras investigaciones, pues sus porcentajes siguen siendo representativos.

### **3.2 Identificación de los Métodos de Destrucción de los Explosivos de Mayor Incautación en Colombia por los Técnicos en Explosivos de la Policía Nacional.**

Debido a los accidentes presentados a lo largo del territorio colombiano y la preocupación por el desarrollo de procedimientos menos nocivos con el medio ambiente, se hizo necesario realizar una revisión y análisis de los protocolos hasta ahora establecidos y seguidos por los Técnicos en Explosivos de la Policía Nacional, para dicha revisión se aplicaron encuestas que permitieron conocer con certeza la forma de realizar estos procedimientos.

La presente encuesta, se realizó con el fin de conocer los procedimientos o métodos empleados por los Técnicos Profesionales en Explosivos de la Policía Nacional de Colombia y Panamá, para la destrucción de Pólvora y el Anfo, los cuales corresponden a una población de ciento cuarenta y cuatro (144) (para el caso colombiano) y veinticinco (25) (para el caso Panameño), estos suman a su vez un total de ciento sesenta y nueve (169), que en la actualidad se encuentran ejerciendo la especialidad y están distribuidos a lo largo de nuestra geografía.

Para la recolección de información se utilizaron como medios: el correo electrónico, el correo certificado y preguntas personalizadas, todas a manera de encuestas, que se dirigieron a las diferentes unidades de explosivos de la Policía Nacional.

Es importante destacar, que los técnicos que suministraron la información solicitada, además de ser técnicos profesionales en explosivos, cuentan con cursos y capacitaciones dictados por el Ejército Nacional, la Armada Nacional y el Departamento Administrativo de seguridad; así como instrucción por parte de otros países entre los que se destacan: Canadá, Estados Unidos, Inglaterra, Israel y España.

Se tabularon un total de 39 encuestas equivalentes al 23% del total de los técnicos que actualmente ejercen la especialidad, estos distribuidos en los departamentos de San Andrés, Cartagena, Norte de Santander, Magdalena Medio, Cundinamarca, Arauca, Bogotá, Huila, Tolima, Guaviare, DIJIN, y Panamá, se encontró además que los aquellos con mayor y menor experiencia, que contestaron la misma, cuentan con diez y ocho (18) y dos (2) años de experiencia respectivamente.

Como podemos darnos cuenta en la siguiente tabla numero 4. Donde se muestra la distribución de la información de las encuestas:

**Tabla 4. Métodos de destrucción utilizados por los Técnicos en Explosivos**

Sustancia Explosiva	Destrucción por Combustión	Destrucción por Detonación
Pólvora	17 Técnicos	21 Técnicos
Anfo	8 Técnicos	31 Técnicos

Fuente: Autores, 2007.

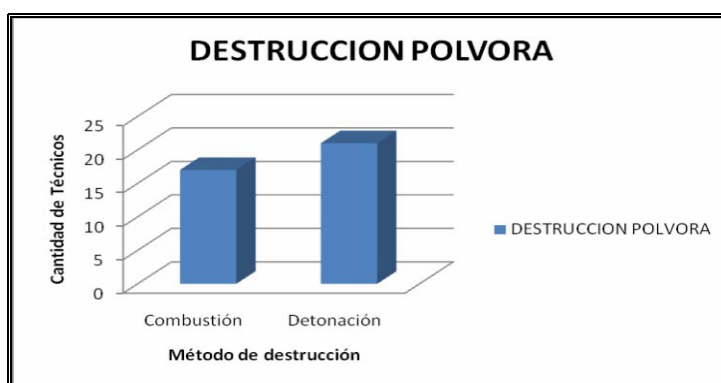
Entonces se tiene que los porcentajes correspondientes a cada método de destrucción son los siguientes:

**Tabla 5. Porcentaje de método de destrucción utilizados por los Técnicos en Explosivos**

Sustancia Explosiva	% Destrucción por Combustión	% Destrucción por Detonación
Pólvora	43,59%	53,85%
Anfo	20,51%	79,49%

Fuente: Autores, 2007.

**Gráfica 2. Distribución métodos de destrucción utilizados por los Técnicos en Explosivos para destrucción de Pólvora**



Fuente: Autores, 2007.

**Gráfica 5. Distribución métodos de destrucción utilizados por los Técnicos en Explosivos**



Fuente: Autores, 2007.

Se tiene entonces que el método de mayor aplicación para la destrucción de Pólvora y Anfo utilizado por los técnicos en explosivos de la Policía Nacional corresponde en ambos casos a la destrucción por detonación con porcentajes del 55 y 93 % respectivamente.

### **3.3 Determinación del Impacto sobre al Recursos Aire y Recurso Agua Generado por la Destrucción de los Dos Explosivos de Mayor Incautación en el País, Mediante los Métodos de Mayor Utilización en Colombia.**

El análisis de que trata el presente capítulo se realizó tomando como variables independientes pólvora negra y Anfo de fabricación INDUMIL, para el caso de la pólvora negra se trabajo con una composición estándar de 75% de Nitrato de Potasio, 15% de Carbón vegetal y 10% de Azufre (según datos suministrados por un proveedor).

Una vez determinado y conocido el método de destrucción de explosivos de mayor utilización en el país se hace necesario medir el impacto que este genera. En el apartado anterior se logró establecer que el método de mayor utilización por los Técnicos en explosivos de la Policía Nacional es aquel que consiste en explosiones en lugar abierto lejos de comunidades y que no ofrezca peligrosidad para las personas, de ahí se puede deducir que el recursos en el cual se presume la mayor afectación es el aire y de manera directa e indirecta al recurso agua, el cual se ve afectado ante la presencia de residuos por lixiviaciones a través de suelo con el paso del tiempo.

### **3.4 Protocolo para destrucción de Anfo**

Entonces se plantea el siguiente protocolo para la destrucción de Anfo a nivel piloto por parte de los Técnicos de la Policía Nacional en explosivos:

- I. **LUGAR:** El procedimiento debe realizar en un sitio desolado, alejado de zonas urbanas.

**II. MATERIALES:**

1. Balanza.
2. Recipientes o contenedores para líquidos de 120 L.
3. Tela tipo algodón.
4. Recipiente pequeño para líquidos.

**III. PROCEDIMIENTO A SEGUIR :**

1. Asuma todas las medidas de seguridad correspondientes a la Manipulación y manejo de explosivos.
2. Cerciórese que dentro del Anfo a destruir no se encuentre sistemas de activación que puedan iniciar una detonación
3. Pese la totalidad del Anfo a destruir.
4. Tenga en cuenta que por cada 12 Kg. de Anfo se deben tomar 10 L de Agua, mantenga esta relación de acuerdo al total a destruir.
5. Vierta en recipientes de plástico la cantidad de agua calculada Anteriormente hasta completar la totalidad requerida, para evitar así que se sature la mezcla.
6. Agregue el Anfo a cada recipiente con agua de acuerdo a las cantidades De agua vertidas en cada recipiente.
7. Agite las diferentes soluciones contenidas en cada recipiente con la Ayuda de una vara de madera, hasta observar disolución de las muestras.
8. Deje las muestras quietas durante 72 horas, tenga cuidado que estas no Vayan a ser movidas ni agitadas, tápelas de manera que se evite que Sean alteradas las relaciones de disolución o que se les vaya a agregar Otro tipo de sustancia. Mantener fuera del alcance de los niños o Personas inexpertas.
9. Tome recipientes vacíos en igual cantidad y tamaño a los Utilizados en el numerales anteriores.

10. Con la ayuda de una tela tipo algodón tape la boca de los Recipientes de los que trata el numeral anterior (utilice la tela doble o Triple), asegúrese que este quede fija y no haya posibilidad de que se caiga de su puesto.
11. Con un recipiente pequeño tome pequeñas cantidades de la Parte de arriba de la solución del numeral 8 y sepárelas, una vez se pueda observar que se han separado las grasas filtre el Resto de la solución a través de las telas.
12. Repita el paso 11 hasta terminar de filtrar las disoluciones.
13. Las soluciones filtradas corresponden a soluciones de Nitrato de Amonio, esta la puede verter al suelo como fertilizante para la Vegetación de la zona.
14. Las grasas presentes en las telas utilizados como filtros y de la Primera separación sométalas a incineración o quemado.

### **3.5 Comparación del Método Propuesto con el de Mayor Utilización por los técnicos de la policía.**

Antes de seleccionar el método más recomendable para la destrucción de los explosivos planteados, es necesario hacer un recuento con el fin de establecer las ventajas y desventajas que ofrecen cada uno de ellos.

El análisis parte del precepto ya demostrado durante esta investigación de que el método más utilizado por los técnicos en explosivos de la Policía Nacional para la destrucción de Pólvora y Anfo es aquel consistente en detonaciones controladas de las mismas, por tanto y teniendo como referencia los resultados obtenidos, las ventajas y desventajas de ésta clase de destrucción se analizarán en conjunto para ambos casos.

También cabe apuntar que la destrucción por detonación es un método donde se requiere mucho mas cuidado en su proceso de desactivación el cual ante el más mínimo descuido genera perdidas humanas; Todo tiene sus pro y sus contra pero no por eso es de descartar las opciones, es de poner en una balanza y poder así ver la de mayor utilidad y la de mayor economía tanto para la institución como para el medio ambiente, recomendando comparar analíticamente los niveles de riesgo generados por los métodos tradicionales y los métodos propuestos.

#### **3.5.1 Destrucción Pólvora y Anfo**

##### **VENTAJAS**

- Procedimiento fácil de realizar
- Poco tiempo durante la destrucción
- Bajos costos de operación

#### DESVENTAJAS

- Alto impacto negativo sobre el recurso aire, emitiéndose gases nocivos para el medio ambiente, material particulado el cual es realmente notorio.
- Generación de altos niveles de ruido el cual afecta notablemente la salud y el medio ambiente local aun que puntual tiene sus repercusiones.
- Contaminación visual, que va asociada con el método de destrucción.
- Afectación negativa del recurso suelo, permitiendo la pérdida de propiedades estructurales del mismo y de microorganismos presentes.
- Alto riesgo de operación para quienes realizan la destrucción, hecho que se ha evidenciado con la pérdida de vidas o graves lesiones permanentes a la salud de los técnicos en explosivos.
- Altos costos prestacionales por pérdida de vidas humanas y lesiones para la Policía Nacional en caso de que ocurran accidentes.
- Altos costos administrativos para la Policía Nacional en caso de que durante la explosión ocurran efectos no previstos.
- Altos costos administrativos para la Policía Nacional en caso de presentarse demandas por afectación del medio ambiente.
- Problemas legales para la Policía Nacional en caso de presentarse demandas por delitos contra el medio ambiente.

#### **3.5.2 Método Planteado (Destrucción por Disolución Química)**

Al igual que para el caso de las destrucciones por detonación, el método por disolución química será estudiado de conjunto para los dos explosivos.

## VENTAJAS

- Disminuye los riesgos sobre quienes realizan la destrucción.
- Disminuye el impacto ambiental al momento de la destrucción, beneficiando incluso en cierta medida las plantas del lugar donde se verte el fertilizante obtenido.
- Aumenta los nutrientes requeridos por el recurso suelo.
- Disminuye costos prestacionales debido al menor riesgo asumido durante el procedimiento.
- Disminuye costos administrativos ya que las consecuencias del procedimiento a lo largo y durante el mismo son fácilmente predecibles.
- Cumple con una de las prioridades institucionales del plan estratégico institucional 2007 – 2010 consistente en fortalecer la Policía Especial (Policía menores, Policía ambiental y ecológica, tránsito)

## DESVENTAJAS

- Largos tiempos durante el procedimiento de destrucción.
- Mayores costos durante la operación en relación con la destrucción por detonación.
- No se tiene un destino definido para las grasas provenientes de la destrucción de Anfo
- Lo mismo sucede con el carbón de la pólvora negra.
- Utilización de un cuerpo de agua o fuente hídrica para realizar la disolución.

Así pues, analizadas las ventajas y desventajas que presentan los métodos estudiados, se puede concluir que el método planteado (Disolución química) ofrece ventajas económicas y de salud ocupacional en relación con el método tradicional. Las desventajas de este, se hacen relevantes, pues aunque se tiene que los tiempos son elevados, se encuentra que la realidad de las ocupaciones de los técnicos en explosivos de la Policía Nacional, en la mayoría de los casos no los obliga a estar ocupados todos los días al cien por ciento, lo que les permite realizar procedimientos seguros y sostenibles aún con mayores tiempos de duración. La segunda desventaja concerniente a los costos de operación, se ven reducidos al momento de comparar éstos con los posibles gastos prestacionales y/o administrativos cuando se presentan efectos no deseados durante el procedimiento.

La utilización de un cuerpo de agua para su destrucción y el manejo de los residuos es lo que genera un grado de dificultad, que comparado con la vida de los técnicos de la policía se puede manejar

### 3.6 Ubicación del sitio para desarrollar las pruebas en campo



### 3.6.1 ubicación del sitio para los explosivos anfo y pólvora

Se estableció un terreno al aire libre teniendo en cuenta todas las especificaciones de los técnicos de la Policía Nacional como son: Zona Rural, con poco vegetación, que no tuviera fuentes de redes hídricas cercanas, que no ofreciera riesgos para los habitantes de la zona y donde nunca se hubiesen realizado explosiones, esto con el objeto de que no se vieran afectados los resultados.

Para la pólvora el terreno se encuentra ubicado en el municipio de Cogua (Cundinamarca) con coordenadas N 05° 05' 55,8" ; W 073° 57' 50,1"

**Foto 2 Terreno utilizado para destrucción con Pólvora**



Fuente: Autores, 2007.

Para el explosivo Anfo el terreno se encuentra ubicado en el municipio de Nemocón (Cundinamarca) con coordenadas N 05° 05' 52,4" ; W 073° 53' 53,8" Altura 2595 m.s.n.m

**Foto 3. Terreno utilizado para destrucción de ANFO**



Fuente: Autores, 2007.

Para la pólvora se realizaron 6 barrenos de 80 cm de profundidad, por 50 cm de Diámetro, esto para colocar las cantidades de explosivos con su respectiva carga detonantes, se tuvo en cuenta que estos estuvieran suficientemente distanciados entre sí, de manera tal, que los resultados de uno no afectaran al otro.

**Foto 4. Realización de los barrenos por parte de los técnicos de la policía**



Fuente: Autores, 2007.

**Foto 5. Barrenos realizados para destrucción con pólvora**



Fuente: Autores, 2007.

Para el Anfo los Barrenos se hicieron un poco más profundos ya que este explosivo tiene mayor fuerza de detonación, se realizaron barrenos de 1 m de profundidad, por 75 cm de Diámetro.

**Foto 6. Barreno utilizado para destrucción de ANFO**



Fuente: Autores, 2007.

### 3.7 Cantidades de explosivos a utilizar

Se establecieron 3 cantidades de pólvora para las pruebas en campo son las siguientes: 3 Kg, 5 Kg y 10 Kg respectivamente, se tomo estos valores por seguridad con el equipo técnico y las personas que estaban en la práctica ya que a mayor carga detonante mayores riesgo, otra razón son los costos que representa la adquisición de dichos explosivos puesto que hay que detonarlos repetitivamente para que el estudio sea representativo

Las primeras detonaciones ser realizaron con 3 Kg de pólvora y 3 Kg de Anfo cada una de estas en sus respectivos sitios, luego se confinaron dentro de una bolsa, una vez confinados se introdujo cordón detonante al interior del explosivo al que se le adosó un detonador eléctrico No 8.

**Foto 7. Carga Pólvora (3kg)**



**Foto 7.1 Carga Pólvora (3kg)**



Fuente: Autores, 2007.

**Foto 8. Carga ANFO (3 Kg)**





Fuente: Autores, 2007.

### 3.8 Calibración de Equipos

Se calibraron equipos Passport five, medidor de tres gases y sonómetros para realizar las diferentes pruebas en campo. (Anexo calibración de equipos)

**Foto 9. Equipo medidor de tres (3) gases**



**Foto 10 Equipo**



Fuente: Autores, 2007.

**Foto 11. Calibración equipo medidor**



**Foto 12. Tiempo para calibrar equipo**



Fuente:

Autores, 2007.

A 10 m de uno de los barrenos se ubicaron los equipos para la toma de muestras de gases correspondientes a equipo Passport five y medidor de tres gases (ver en anexos especificación técnica de los equipos), estos equipos para medir presencia de  $\text{SO}_x$ ,  $\text{NO}_x$  y Monóxido de Carbono ( $\text{CO}$ ), momentos antes durante y después de la explosión, Los equipos en mención se ubicaron previo análisis de la rosa de los vientos suministrados por la estación meteorológica y datos de la CAR de Cundinamarca. (Ver mapas parte superior y anexos).

**Foto13. Ubicación del trípode**



**Foto 14. Ubicación del Equipo**



Fuente: Autores, 2007.

Fuente: Autores, 2007.

**Foto 15. Ubicación del Sonómetro**



Fuente: Autores, 2007

Se utilizaron dos sonómetros a diferentes distancias, uno se ubicó a 3 mt y el otro a 4 mt de la actividad o fuente generadora teniendo en cuenta el Cap II de la Resolución 627 de 2005 y a 1.5 mt del piso para que los resultados sean verídicos, se establecieron los diferentes puntos para la toma de datos con las diferentes cargas (3Kg ,5Kg y 10 Kg) en un formato (ver anexo).

Para los tiempos de medición se realizaron según el **ART 5 Parágrafo:** *Para la evaluación de la emisión de ruido de una o más fuentes, si la(s) fuente(s) emisora(s) de ruido por su naturaleza o modo de operación, no permite(n) efectuar las mediciones en los intervalos de tiempo mencionados, estas se deben efectuar en el tiempo o tiempos correspondientes de operación de la(s) fuente(s), relacionándose el hecho y el procedimiento seguido en el respectivo informe técnico.* Esto puesto que la explosión emite un sonido de impacto y no era posible medir durante periodos largos si no solo mientras se realizaba las pruebas

antes y después para poder realizar una comparación respecto a los niveles de ruido permitidos según la Resolución 627 del 2005.

### 3.9 Ubicación de puntos de detonación

En el siguiente mapa se observa los puntos donde se realizaron las diferentes pruebas de campo (Cogua y Nemocón).

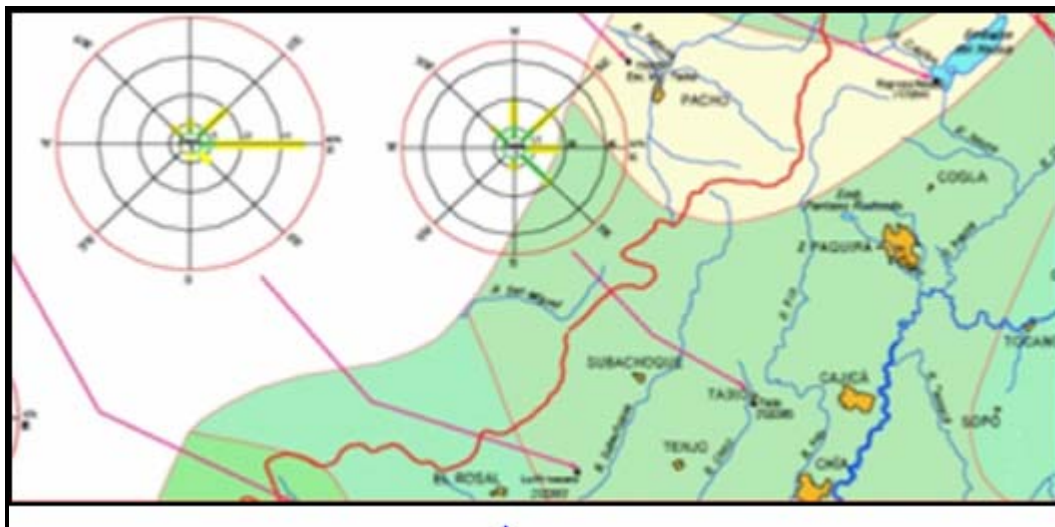
**Mapa 5.1 Ubicación de los puntos de detonación**



Fuente: CAR de Cundinamarca

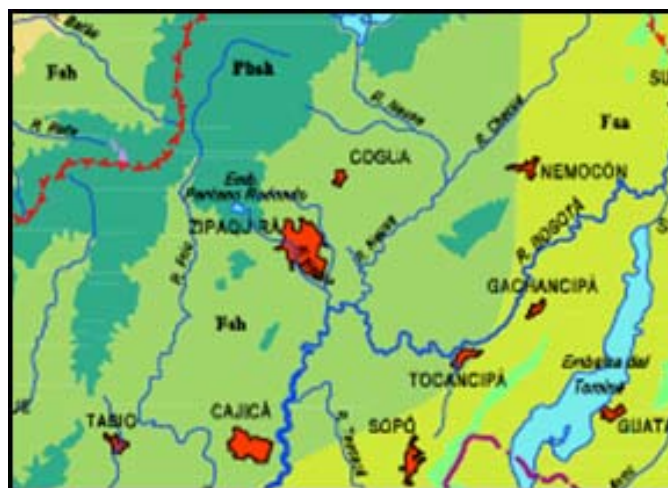
Las diferentes tomas se realizaron teniendo en cuenta la dirección de los vientos que en este caso se puede observar

**Mapa 1. Velocidad y Direccion De Vientos**



FUENTE: CAR de Cundinamarca

**Mapa 2. Zonificación Climática**



FUENTE: CAR de Cundinamarca

**Mapa 3. Temperatura Media**







Fuente: Autores, 2007.

**Foto 17. Ubicación carga para explosión Pólvora**



Fuente: Autores, 2007.

Posteriormente se incorporó la carga detonante en los barrenos y se realizó la detonación de la pólvora de manera controlada.

**Foto 18. Detonación pólvora**



Fuente: Autores, 2007.

**Foto 19. Detonación Anfo**



**Fuente:** Autores, 2007.

Se tomaron datos correspondientes al sonómetro y al medidor de gases Passport five, y se tomaron muestras para el medidor de tres gases, éste último para llevarlo al análisis de laboratorio, esto con las diferentes explosivos (Anfo y Pólvora) y con las diferentes cantidades.

**Foto 20. Toma de datos detonación (Pólvora)**



**Fuente:** Autores, 2007.

Se realizarón replicas para las tres cantidades de los dos tipos de explosivos para que los datos obtenidos se puedan aplicar a la realidad y así llegar a unas conclusiones y recomendaciones.

### **3.10 Pruebas en el laboratorio**

#### **3.10.1 Resultados para $\text{NO}_x$ y $\text{SO}_x$**

Las muestras tomadas fueron llevadas a laboratorio para medir  $\text{NO}_x$  y  $\text{SO}_x$  .

Para el análisis de  $\text{NO}_x$  se aplicó el procedimiento sugerido según el protocolo para la determinación de Dióxido de Nitrógeno en el aire ambiente, método de JACOBS – HOCHHEISER (Ver anexos).

Para el análisis de  $\text{SO}_x$  se aplicó el procedimiento sugerido según el protocolo para la determinación de Dióxido de Azufre en el aire ambiente, método de la pararrosanilina.

### **3.10.2 Resultados para Pólvora**

#### **3.10.2.1. Recurso Aire**

Una vez realizadas las mediciones planteadas en la metodología se dieron los correspondientes análisis para medir el impacto generado sobre el recurso aire, se llevaron las muestras al laboratorio para la medición de gases  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$ , y Monóxido de Carbono ( $\text{CO}$ ), los resultados no mostraron valores representativos, no por su ausencia si no porque el muestreo se llevó a cabo durante un periodo muy corto y poco representativo el tiempo fue de seis horas y otro factor determinante son los vientos los cuales afectaron los resultados puesto que ese día no hubo predominancia de vientos las detonaciones producen una sobrepresión (onda aérea), lo cual permitió que los gases se expandieron con mayor facilidad.

La presencia de estos componentes se ve reflejada en la siguiente foto ya que se observa las emisiones a la atmósfera.

**Foto 21. Explosión de Pólvora**



Fuente: Autores 2007

**Foto 22. Explosión de Anfo**



Fuente: Autores 2007

#### **3.10.2.1.1 Ruido**

Como se mencionó en el marco teórico el factor ruido juega un papel importante y determinante, pues éste puede llegar a afectar notablemente las condiciones de

salud de los seres humanos y generar desequilibrios en los ecosistemas de la zona donde se genera el mismo.

Los resultados obtenidos para la medición de ruido durante la explosión fueron los siguientes:

**Tabla 6. Intensidad de ruido antes de la explosión (pólvora)**

<b>RUIDO (dB)</b>	<b>Cantidad Pólvora 3 Kg.</b>	<b>Cantidad Pólvora 5 Kg.</b>	<b>Cantidad Pólvora 10 Kg.</b>
Explosión 1 (Mínimo)	0.34	0.35	0.37
Explosión 2 (Mínimo)	0.31	0.41	0.38
Promedio (Mínimo)	0.325	0.38	0.375

Fuente: Autores, 2007.

**Tabla 7. Intensidad de ruido durante la explosión (pólvora)**

<b>RUIDO (dB)</b>	<b>Cantidad Pólvora 3 Kg.</b>	<b>Cantidad Pólvora 5 Kg.</b>	<b>Cantidad Pólvora 10 Kg.</b>
Explosión 1 (Máximo)	111.7	112.6	112.9
Explosión 2 (Máximo)	111.5	113.2	113.6
Promedio (Máximo)	111.6	112.9	113.25

Fuente: Autores, 2007.

El valor máximo legal permitido por la legislación colombiana para intensidad de ruido corresponde a 55 dB<sup>13</sup>, equivalente al 100%; entonces para 3Kg se presenta entonces un incremento al 202 % , para 5 Kg es de 205.3 % y para 10 Kg de 205 % como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 8. Porcentaje por encima de la normatividad ambiental**

	<b>Cantidad</b>	<b>Cantidad de</b>	<b>Cantidad de</b>	<b>Valor según</b>
--	-----------------	--------------------	--------------------	--------------------

<sup>13</sup> Norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental. Resolución 0627 de 7 de Abril de 2006. Ministerio de Medio Ambiente

	de Pólvora 3 Kg.	Pólvora 5 Kg.	Pólvora 10 Kg.	la Norma
Porcentaje por encima del permitido (%)	202.9	205.3	205.9	100

Fuente: Autores, 2007.

### 3.10.2.3 Recurso agua

Para el factor agua se midieron algunos parámetros como conductividad, Ph , temperatura, nitratos para poder así determinar las características del agua.

A pesar de la solubilidad del Nitrato de Potasio en agua y la insolubilidad del carbón vegetal y el azufre, se hizo necesario corroborar que ésta bajo las condiciones en las cuales se encontraba la pólvora efectivamente solubilizase las sales presentes.

Para realizar el presente análisis se tomaron 500 ml de agua des ionizada a los cuales se les midió la conductividad para determinar la pureza relativa del agua.

La conductividad se expresa en microSiemens por centímetro ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y se utiliza como una medida de la calidad del agua sin depurar o de calidad primaria., seguidamente se agregaron 10 g de Pólvora (cantidades que se tomaron aleatoriamente pero asegurándose que la cantidad de agua fuese suficiente para que no alcanzase su punto de saturación), y se sometió la solución a agitación constante durante 30 min con el fin de que toda la solución quede en lo posible homogénea , luego se filtró la solución obtenida con la ayuda de un papel de filtro y a la solución ya filtrada se le midió la conductividad eléctrica, los resultados obtenidos fueron:

**Tabla 15. Conductividad eléctrica soluciones (pólvora) Nitrato de Potasio**

<b>CONDUCTIVIDAD</b>	Conductividad ( $\mu\text{S}$ )
Agua Des ionizada	0.8
Filtrado	13.2

Fuente: Autores, 2007.

El pH resultante fue de 6.6, 6.7, 6.5 lo cual nos indica que esta agua esta neutra y nos sirve para los respectivos estudios.  
La temperatura en el laboratorio es de 22°C.

### 3.10.2.4 Análisis

Cuando en una explosión, parte de la energía liberada (entre un 5 y un 10 %) se transforma en una sobrepresión (onda aérea) generada por la explosión, es un ruido impulsivo de rango infrasónico (energía de baja frecuencia) que puede inducir vibraciones en las estructuras. que se transmite por el aire y que puede afectar la salud humana, al medio ambiente y hasta dañar ciertas estructuras (rotura de cristales), es por estas razones que se hace necesario realizar un estudio detallado de los niveles de contaminación por ruido y conocer si la Policía Nacional está cumpliendo con las normas ambientales establecidas.

Para ello se utilizó un sonómetro Tipo 1 y se llevó a cabo las diferentes pruebas en campo teniendo en cuenta la legislación vigente y se tuvo en cuenta los siguientes parámetros: duración de mediciones es decir antes y después de cada detonación, número de puntos y condiciones meteorológicas.

Los valores permitidos según la normatividad ambiental para intensidad de ruido corresponden a un máximo de 55 dB, valor que fue notablemente superado para los tres casos en cantidades superiores al 200% como se puede observar en los gráficos y tablas anteriores, de lo anterior se encuentra que el procedimiento hasta ahora utilizado no estaría permitido, o no cumpliría con los estándares exigidos por la legislación colombiana, sumado al problema ambiental, se encontró que los niveles de ruido alcanzados al ser tan elevados indudablemente generaran daños en la salud de quien realiza el procedimiento y afectarán los ecosistemas de la zona.

#### **3.10.2.4.1 Análisis General**

Haciendo un recuento del impacto que generaron las explosiones sobre el recurso aire, se puede decir que si bien no se realizaron mediciones de material particulado de la emisión de gases contaminantes a la atmósfera éste se ve afectado como se puede observar en las fotografías, el ruido a su vez es un criterio de notable preocupación, pues, los niveles alcanzados superan en proporciones preocupantes los niveles permitidos situación que repercute negativamente en la salud de quienes se encuentren en lugares cercanos a la explosión y en los ecosistemas de la zona.

Además de las propiedades medidas se requiere para futuras investigaciones y con el fin de realizar un estudio más completo determinar la emisión de material particulado durante el momento de la explosión, de igual manera determinar las propiedades químicas y microorganismos presentes en el suelo antes y después de realizadas las explosiones, es importante señalar que las citadas no se realizaron por la imposibilidad de contar con el equipo necesario en el momento que se requería.

#### **3.10.3 Resultados para Anfo**

Se realizaron las diferentes pruebas en campo y los resultados a los recursos son los siguientes.

### 3.10.3.1 Recurso aire

La contaminación atmosférica producida por los gases y vapores son una parte muy importante y por ende existen, por la composición de los explosivos y el mecanismo que se utiliza para la destrucción de estos, para ver la presencia de gases (  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$  ) se realizó el mismo procedimiento que para la pólvora y la explicación a la ausencia de resultados durante las presentes puede entenderse igual a lo que ocurrió con esta.

#### 3.10.3.1.1 Ruido

Para estas pruebas se utilizaron dos sonómetros a una misma distancia pero diferente posición, se tomaron medidas antes, durante y después de la explosión para así poder sacar unos valores representativos y realizar sus respectivas comparaciones para observar en cuantos decibels se está sobrepasando con la normatividad, al utilizar el método por detonación.

Los resultados obtenidos para la medición de ruido durante la explosión fueron los siguientes:

**Tabla 9. Intensidad de ruido antes de la explosión (Sonómetro 1) (ANFO)**

<b>RUIDO (dB)</b>	Cantidad ANFO 3 Kg.	Cantidad ANFO 5 Kg.	Cantidad ANFO 10 Kg.	Normatividad Ambiental
Explosión 1 (Mínimo)	0.32	0.3	0.28	55 Decibels
Explosión 2 (Mínimo)	0.29	0.27	0.25	55 Decibels
Promedio (Mínimo)	0.305	0.285	0.265	55 Decibels

Fuente: Autores, 2007.

**Tabla 10. Intensidad de ruido durante la explosión (sonómetro 1)**

<b>RUIDO (dB)</b>	Cantidad ANFO 3 Kg.	Cantidad ANFO 5 Kg.	Cantidad ANFO 10 Kg.	Normatividad Ambiental
Explosión 1 (Máximo)	114.2	114	115.6	55 Decibeles
Explosión 2 (Máximo)	114.5	114	114.3	55 Decibeles
Promedio (Máximo)	114.35	114	114.95	55 Decibeles

Fuente: Autores, 2007.

**Tabla 11. Intensidad de ruido durante la explosión (Sonómetro 2) (Anfo)**

<b>RUIDO (dB)</b>	Cantidad ANFO 3 Kg.	Cantidad ANFO 5 Kg.	Cantidad ANFO 10 Kg.	Normatividad Ambiental
Explosión 1 (Máximo)	103.3	101.4	106	55 Decibeles
Explosión 2 (Máximo)	102.1	103.7	105.2	55 Decibeles
Promedio (Máximo)	102.7	102.55	105.6	55 Decibeles

Fuente: Autores, 2007

Entonces el promedio para los valores máximos de los sonómetros utilizados en la práctica en este caso dos corresponde a:

**Tabla 12. Promedio de ruido durante la explosión (Anfo)**

<b>RUIDO (dB)</b>	Cantidad ANFO 3 Kg.	Cantidad ANFO 5 Kg.	Cantidad ANFO 10 Kg.	Normatividad Ambiental
Sonómetro 1 (Máximo)	114.35	114	114.95	55 Decibeles
Sonómetro 2 (Máximo)	102.7	102.55	105.6	55 Decibeles



Promedio (Máximo)	108.525	108.275	110.275	55 Decibeles
-------------------	---------	---------	---------	--------------

Fuente: Autores, 2007.

Los siguientes son los resultados después de la explosión donde se puede notar que el aumento de ruido es demasiado y sobrepasa las normas.

**Tabla 13. Intensidad de ruido después de la explosión (Sonómetro 1) (ANFO)**

<b>RUIDO (dB)</b>	Cantidad ANFO 3 Kg.	Cantidad ANFO 5 Kg.	Cantidad ANFO 10 Kg.	Normatividad Ambiental
Explosión 1 (Mínimo)	0.34	0.3	0.27	55 Decibeles
Explosión 2 (Mínimo)	0.26	0.32	0.28	55 Decibeles
Promedio (Mínimo)	0.3	0.31	0.275	55 Decibeles

Fuente: Autores, 2007.

De igual manera, se tiene que el valor máximo legal permitido por la legislación colombiana para intensidad de ruido corresponde a 55 dB. Presentándose entonces incrementos de:

**Tabla 14. Porcentaje respecto al permitido por la normatividad ambiental (Anfo)**

	Cantidad ANFO 3 Kg.	Cantidad ANFO 5 Kg.	Cantidad ANFO 10 Kg.	Porcentaje con respecto a la norma
Sobrepaso permitido (%)	197	196.8	200.5	100

Fuente: Autores, 2007

### 3.10. 3.1.1 Análisis

Según la Resolución 0627/ 2006 el sector es Zona D Suburbana o Rural de Tranquila y Ruido Moderado.

Valores máximos permisibles: 55 Diurno y 50 Nocturnos (ver anexo)

Los valores son representativos ya que se utilizaron los sonómetros cumpliendo las especificaciones que dice la norma ya que son Tipo1, los cuales tienen la capacidad para medir el nivel equivalente de presión sonora con ponderación frecuencial A, -L<sub>Aeq</sub> -, directa o indirectamente.

Al iniciar la toma de mediciones, en el sitio de medida, el equipo se calibró antes con un pistófono el cual trae un valor ya predeterminado y lo que se hace es medir con el sonómetro los decibeles y tiene que dar el mismo valor que trae este y si es correcto se puede proceder a tomar las medidas correspondientes sin temor que el dato sea erróneo.

Se tuvo en cuenta las condiciones meteorológicas así como las medidas de protección del equipo con respecto al material resultante de las detonaciones y se ubico a una altura correspondiente a la norma.

Los valores permitidos según la normatividad ambiental para intensidad de ruido corresponden a un máximo de 55 dB, valor que fue notablemente superado para los tres casos en cantidades superiores al 150% como se puede observar en los gráficos y tablas anteriores, de lo anterior se encuentra que el procedimiento hasta ahora utilizado no estaría permitido, o no cumpliría con los estándares exigidos por la legislación colombiana, sumado al problema ambiental, encontramos que los niveles de ruido alcanzados al ser tan elevados indudablemente generaran daños en la salud de quien realiza el procedimiento y afectarán los ecosistemas de la zona.

#### **3.10.31.1. 2 Análisis General**

Haciendo un recuento del impacto que generaron las explosiones sobre el recurso aire, se puede decir que si bien no se realizaron mediciones de la emisión de gases contaminantes a la atmosfera éste se ve afectado como se puede observar en las fotografías, el ruido a su vez es un criterio de notable preocupación, pues los niveles alcanzados superan en proporciones preocupantes los niveles permitidos situación que repercute negativamente en la salud de quienes se encuentren en lugares cercanos a la explosión y en los ecosistemas de la zona; cabe anotar que estas detonaciones son un ruido de impacto los cuales no son de un periodo largo.

#### **3.10.3.1.1.3 Análisis Global**

Existen varios tipos de legislaciones y normativas en relación con el ruido, algunas de las cuales se refieren específicamente al ruido, y otras lo incluyen como parte de una problemática más amplia.

En primer lugar está la legislación laboral, que protege directa o indirectamente al trabajador, para lo cual regula los niveles de exposición a ruidos (procurando limitarlos a valores seguros) así como las posibles medidas de prevención. Luego existen las disposiciones ambientales, que protegen a la comunidad, y establecen

límites en general muy inferiores a los de las laborales, ya que contemplan por ejemplo la tranquilidad y el descanso. En tercer lugar se encuentran los reglamentos de habilitación, que enfocan los permisos para diversas actividades que involucren la producción de ruido, como el transporte o los espectáculos. Por último, existe una serie de normas y recomendaciones emitidas por comités técnicos especializados pertenecientes a organismos nacionales e internacionales, que si bien no alcanzan el rango de disposiciones legales suelen ser adoptadas en leyes, ordenanzas o reglamentos debido a la autoridad técnica de la entidad en que se originan.

Sobre las legislaciones estudiadas pueden hacerse varios comentarios. Es evidente que de todos los aspectos importantes que podría tener una normativa de cualquier especie, hay uno que está casi totalmente ausente en la gran mayoría de los casos: la prevención, es decir una serie de medidas o estrategias que permitan anticiparse a los hechos consumados. Las mediciones efectuadas en diversos lugares y ámbitos revelan que en materia de ruido la mayoría de la población no respeta la legislación respectiva.

Podría decirse que los niveles que requieren las reglamentaciones son correctos desde un punto de vista idealizado, ya que en la mayoría de los casos provienen o son adaptaciones de normas internacionales basadas en los conocimientos disponibles sobre el tema, aportados por numerosas investigaciones.

Por otra parte las legislaciones analizadas toman aspectos como la preservación de la salud (auditiva) del trabajador en este caso los operadores de la policía Nacional y la preservación del ambiente público lo cual hace que el estudio realizado tenga un aporte de gran importancia no solo para los seres humanos como también para la parte ambiental.

Finalmente podemos decir que para los dos tipos de explosivos el método de destrucción además de ser riesgoso para las personas que lo manipulan es dañino para el medio ambiente y no se encuentra dentro de los límites permisibles en la legislación colombiana, lo que no lo hace recomendable para su realización

### **3.11 Propuesta de un Método de Destrucción para los Explosivos de Mayor Incautación en el Territorio Colombiano, Diferentes a los Utilizados en la Actualidad por los Técnicos Colombianos.**

Como ya se demostró los procedimientos hasta ahora utilizados para la destrucción de los explosivos Pólvora y ANFO, no solo presentan un alto riesgo para quienes realizan estas actividades, sino, que también dañan el medio ambiente degradando el recursos aire de manera notable, es por esto que se hace necesario buscar un método que disminuya la problemática planteada haciendo éste menos riesgoso y más sostenible.

Con el objeto de encontrar una nueva alternativa se encaminó la investigación a destruir las propiedades explosivas de los explosivos en mención, de manera que no se tuviesen que detonar o quemar, para esto se analizaron uno por uno tanto el ANFO como la Pólvora, encontrándose que en ambos casos estos se encuentran compuestos por una sustancia soluble en agua como son las sales (Nitrato de Amonio para el ANFO, y Nitrato de Potasio para la pólvora), y otra (para ANFO Fuel Oil) u otras que no lo eran (para Pólvora Carbón vegetal), se escogió entonces el agua como el solvente a utilizar, teniendo en cuenta la composición en porcentaje de las sales, y la fácil adquisición por cualquier persona en todo el país.

Los procedimientos realizados fueron los siguientes:

### 3.11.1 Pólvora

Para realizar el presente análisis se tomaron 500 ml de agua des ionizada a los cuales se les midió la conductividad para determinar la pureza relativa del agua. La conductividad se expresa en microSiemens por centímetro ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y se utiliza como una medida de la calidad del agua sin depurar o de calidad primaria., seguidamente se agregaron 10 g de Pólvora (cantidades que se tomaron aleatoriamente pero asegurándose que la cantidad de agua fuese suficiente para que no alcanzase su punto de saturación), y se sometió la solución a agitación constante durante 30 min con el fin de que toda la solución quede en lo posible homogénea, luego se filtró la solución obtenida con la ayuda de un papel de filtro y a la solución ya filtrada se le midió la conductividad eléctrica, los resultados obtenidos fueron:

**Tabla 16. Conductividad eléctrica soluciones (pólvora) Nitrato de Potasio**

<b>CONDUCTIVIDAD</b>	Conductividad ( $\mu\text{S}$ )
Agua Des ionizada	0.8
Filtrado	13.2

Fuente: Autores, 2007.

Como se puede observar el incremento en la conductividad eléctrica fue notable lo que permite asegurar la solubilidad de las sales en el agua, pues se tiene que la conductividad eléctrica es un indicador de presencia de iones en la muestra analizada, los cuales solo podrían manifestarse a través del Nitrato de Potasio.

Se planteó verter la disolución obtenida al agua, pero para esto, y en aras de cumplir con una de las metas del presente trabajo que es disminuir el impacto ambiental generado en las destrucciones de pólvora, era necesario que dicha disolución cumpliera con los requisitos exigidos por la normatividad, ésta exige concentraciones de Nitratos inferiores a las 10 ppm<sup>14</sup>.

<sup>14</sup> Decreto 1594 de Junio 26 de 1984, Ministerio de Agricultura

Se realizaron los cálculos (ver anexo) correspondientes, de manera tal que se obtuviesen las 10 ppm exigidas por la legislación y se corroboraron en laboratorio así:

- Se tomaron 0.5 g de pólvora.
- Con la ayuda de una bureta se agregaron 25 ml de agua a la muestra de pólvora.
- Se sometió la disolución a 30 min de agitación constante.
- Se filtró la solución obtenida.
- Del filtrado se tomaron 10  $\mu$ L.
- Se aforaron los 10  $\mu$ l a 25 ml con la ayuda de un balón aforado.
- Con la ayuda de una bureta y una micropipeta se tomaron 8.3 ml y se aforaron nuevamente a 25 ml.

**Foto 23. Utilización de las micro pipetas**



Fuente: Autores, 2007.

- Con la ayuda del equipo Hach (Ver en anexo especificaciones técnicas) para la determinación de Nitratos se tomó una muestra y se sometió a análisis.

**Foto 24. Programación del Hach**



Fuente: Autores, 2007.

- Las pruebas se realizaron por tres veces consecutivas para realizar un promedio y los resultados obtenidos fueron los siguientes: 10.4 ppm., 10.7 ppm y 10.3 ppm el resultado final o sea el promedio resultante es de 10.46 ppm

Una vez se alcanzó el valor exigido en este caso 10 ppm para cumplimiento de la normatividad se procedió a extrapolar los resultados de laboratorio con el objeto de determinar la viabilidad del procedimiento, para esto se realizó el cálculo de acuerdo a una posible incautación de pólvora de 100 Kg, encontrándose entonces que se requerían un total de 10 000 000 litros de agua, situación que desde cualquier punto de vista que se mire la haría poco práctica y aplicable a nuestra realidad puesto que estamos buscando una alternativa de mejorar procesos ,ayudando a minimizar el impacto ambiental y con el gasto de esta cantidad de agua estaríamos dando solución a un problema pero se radicaría otro que es el alto consumo de agua lo cual no hace viable el proyecto.

**Foto 25. Disolución de pólvora en agua (laboratorio)**



Fuente: Autores, 2007.

**Foto 26. Disolución de pólvora en agua**



Fuente: Autores, 2007.

Debido al problema presentado en el numeral anterior se planteó la posibilidad de poder utilizar los productos obtenidos de la disolución como materia prima para otro procedimiento, se propuso entonces utilizar el Nitrato de Potasio como fertilizante que pudiese mejorar las propiedades del suelo y la nutrición de las plantas que se encontrasen el lugar de su vertimiento, para dar esta utilidad era necesario separar el carbón vegetal y el azufre del Nitrato de Potasio, por lo cual se realizaron las siguientes marchas de laboratorio.

- Se realizó búsqueda bibliográfica de solubilidad para Nitrato de Potasio, encontrándose que corresponde a 38 g en 100 ml de agua a 20 °C<sup>15</sup>.
- De acuerdo a la solubilidad del punto anterior se realizaron los cálculos necesarios para determinar la cantidad de agua requerida para 5 g. de pólvora con el objeto de trabajar esta a escala laboratorio, se encontró que la cantidad de agua necesaria es de 9.2 ml.
- Se procedió a disolver de acuerdo a las cantidades encontradas anteriormente, hallándose que dicha disolución era prácticamente imposible de realizar, pues el agua no alcanzaba mojar toda la superficie de pólvora.
- Como ya se conoce que con 9.2 ml de agua se solubilizan todos los nitratos presentes en la pólvora, el parámetro para determinar la cantidad de agua necesaria a utilizar se convierte entonces en aquella que alcance a cubrir la totalidad de la superficie del explosivo, para encontrar este punto se tomaron 5 g de agua a los cuales se les agregó gota a gota agua hasta que se determinase la cantidad necesaria para trabajar. Se encontró que para 5 g de pólvora es necesario agregar 55 ml de agua.
- Se tomaron entonces 5 g de Pólvora a los cuales se le adicionaron 55 ml de agua, y se sometieron a agitación durante 30 min.
- La solución obtenida se filtró con la ayuda de un papel de filtro, separándose así el carbón (combustible) y el azufre de las sales de Nitrato de Potasio.
- Con el objeto de verificar la cantidad de sales presentes en la disolución y cerciorarse de la solubilidad de estas, se sometió el filtrado a calentamiento a 105 °C hasta sequedad total, procedimiento con el cual se separa el agua del nitrato de potasio presente en la muestra, las presentes pruebas se realizaron por duplicado.

**Foto 26.1 Evaporación solución de pólvora – agua (laboratorio)**



<sup>15</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Nitrato\\_de\\_potasio](http://es.wikipedia.org/wiki/Nitrato_de_potasio)

Fuente: Autores, 2007.

Foto 27. Presencia de sales después de la evaporación



Fuente: Autores, 2007.

Tabla 17. Cantidad Nitrato de Potasio en solución de Nitrato de Potasio (laboratorio)

$\text{KNO}_3$	Cantidad de Nitrato de Potasio (g)
Muestra 1	3.09
Muestra 2	3.24
PROMEDIO	3.165

Fuente: Autores, 2007.

Se tiene entonces que la cantidad total de Nitrato de Potasio para 5 g de pólvora corresponde a 3.75 g.

Tabla 18. Porcentaje de Nitrato de Potasio en solución de Nitrato de Potasio (laboratorio)

	Porcentaje de disolución de $\text{KNO}_3$
Muestra 1	82.4 %
Muestra 2	86.4 %



PROMEDIO	84.4 %
----------	--------

Fuente: Autores, 2007.

Si se analiza la cantidad de sales obtenidas en el procedimiento experimental descrito anteriormente éstas se encuentran en su mayoría en la solución filtrada, lo que corrobora la destrucción del explosivo, pues las pequeñas cantidades que aún se puedan encontrar junto con el carbón y el azufre no reúnen las proporciones estequiométricas para producirse la explosión (afirmación que se demostrará más adelante), esto si se tiene en cuenta que para que exista el explosivo debe este contener una sustancia oxidante y un combustible en las proporciones adecuadas (ver marco teórico).

### 3.11.1.1 Marcha a escala Piloto

Determinada la cantidad de agua necesaria a escala laboratorio para la disolución de las sales se realizaron los cálculos para 100 Kg de pólvora, con el objeto de determinar la viabilidad del proyecto. Se encontró entonces que la cantidad de agua necesaria correspondía a 1100 litros valor, que aunque un poco elevado aún, disminuye notablemente la cantidad que se requería según la normatividad ambiental.

Conocidas las cantidades según laboratorio se procedió a realizar una marcha a escala piloto, esta con el fin de realizar el procedimiento según como lo realizaría un técnico en explosivos que se encontrase en cualquier lugar del territorio colombiano.

El procedimiento que se llevo fue el siguiente:

Se tomaron 6 lb de pólvora una cantidad representativa para pruebas piloto y una cantidad disponible dentro de la Policía Nacional para realizar dichas pruebas como en el laboratorio se estaba trabajando con gr se decidió trabajar con Kg de dicho componente ya que la idea es llevar el proyecto a escala Real.

**Foto 28. Pesaje de pólvora (piloto)**



**Fuente:** Autores, 2007

Se agregó poco a poco agua, encontrándose que para cantidades grandes de pólvora la cantidad de agua requerida se hacía menor, pues se alcanzaba a mojar notablemente la superficie del explosivo, convirtiéndose nuevamente en requisito la solubilidad del Nitrato de Potasio. Para determinar la cantidad de agua a utilizar, se realizaron los cálculos obteniéndose que para las 6 lb se requerían un total de 8.5 L. de agua, se realizaron cálculos para 100 Kg a fin de verificarse la viabilidad del proyecto, encontrándose que serían necesarios un total de 283 litros esto porque al realizar las pruebas se pudo concluir que el Nitrato de Potasios quedaba soluble con dicha cantidad de agua.

**Foto 29. Disolución de pólvora en agua (piloto)**



**Fuente:** Autores, 2007.

Se realizó la disolución (según las cantidades halladas en los puntos anteriores), y esta se sometió a agitación con una vara de madera durante 30 min. Se encontró como dato complementario que se presentan bajas notables de temperatura.

**Foto 30. Agitación disolución de pólvora en agua (piloto)**



**Fuente:** Autores, 2007.

Con el fin de asegurar que la solución obtenida ya no presentase riesgo de explotar se introdujo dentro de este 15 cm de mecha (factor detonante) de

seguridad prendida, a lo cual nos cercioramos de que no presentándose ningún tipo de reacción.

**Foto 31. Prueba de seguridad disolución de pólvora en agua (piloto)**



Fuente: Autores, 2007.

La solución obtenida se dejó en reposo durante 72 horas, seguidas de las cuales se presentaba separación de fases entre una solución de Nitrato de Potasio y los sólidos compuestos por Carbón vegetal y azufre, estos últimos los cuales se encontraban en el fondo del recipiente.

Se procedió a decantar la solución de la siguiente manera:

- Se tomó una tela doble tipo algodón ya que es una con las mejores características como son: resistente, con tejido muy tupido y económica lo cual no permite realizar dicha actividad.
- Con la ayuda de un recipiente pequeño se tomaron pequeñas cantidades de solución las cuales se hicieron pasar a través de la tela, este procedimiento se llevó a cabo teniéndose cuidado de no agitar violentamente la solución, pues los sólidos decantados se dispersarían nuevamente.
- Se repitió el paso anterior hasta filtrar la totalidad de la solución.

**Foto 32. Filtrado disolución de pólvora en agua (piloto)**



Fuente: Autores, 2007.

Hasta este punto se tenía por un lado una solución de Nitrato de Potasio y un sólido compuesto principalmente por Carbón vegetal y azufre, los cuales se

consideran como los subproductos del proceso, estos se llevan al pequeño relleno de Colombia ya que este recibe residuos peligrosos y los trata para así cumplir con uno de los objetivos del proyecto que es minimizar el impacto ambiental.

**Foto 33. Sólidos obtenidos de separación de solución de pólvora en agua (piloto)**



Fuente: Autores, 2007.

Con el fin de asegurar que los productos obtenidos hubiesen perdido la totalidad de sus propiedades explosivas, se llevaron inicialmente a laboratorio para analizar en el sólido la cantidad de Nitratos presentes, el procedimiento seguido para ésta determinación fue:

- Se tomaron 5 g de sólidos a los cuales se agregaron 50 ml de de agua des ionizada.
- Se sometió la solución a agitación constante durante 30 min.
- Con la ayuda de un papel de filtro se filtró la solución obtenida.
- La solución filtrada se sometió a calentamiento a 105 °C. hasta sequedad total.
- Se pesaron los sólidos obtenidos, los cuales corresponden a sales de Nitrato de Potasio.
- El peso total fue de 0.71 g que corresponden al 14.2 % de la muestra pesada.
- El porcentaje de nitratos obtenido nos da la certeza que existe perdida de propiedades explosivas, pues como ya se dijo no se reúnen las condiciones estequiometrias para que ocurra la explosión.

Se continuó con la determinación de la cantidad de Nitrato de Potasio en la solución filtrada procediéndose para esta determinación con los mismos pasos llevados a cabo en la determinación de nitratos que se le hizo a la marcha de laboratorio (toma de muestra, pesado, evaporación, pesado), se encontró entonces que para 50 ml de solución hay presentes 12.5841 g, lo que corresponde a un 21.73%.

**Foto 34. Sales en solución de Nitrato de Potasio (piloto)**



**Fuente:** Autores, 2007.

A pesar de que en laboratorio se hallaron valores que indicaban que las muestras no presentaban los porcentajes adecuados de sus componentes para ser consideradas como explosivas se realizaron pruebas directas de explosividad sobre las mismas así:

- Reactividad a la llama, a los dos productos se les realizó prueba directa ante la presencia de un fósforo sin presentar ningún tipo de reacción.

**Foto 35. Prueba de reactividad a la llama sólidos pólvora**



**Fuente:** Autores, 2007.

- Se realizó una explosión por simpatía, para corroborar los datos obtenidos en el laboratorio para ésta prueba se estableció un terreno al aire libre que no ofreciese riesgo para los habitantes de la zona y donde se procedió a determinar la explosividad de los productos obtenidos, dicho terreno se encuentra ubicado en el municipio de Mondoñedo (Cundinamarca), Coordenadas N: 04° 40'00'', W: 74° 15'44''.

**Foto 36. Terreno pruebas explosividad (pólvora)**



**Fuente:** Autores, 2007.

- Se realizó un barreno el cual arrojó dimensiones de: Largo 60 cm, Ancho: 50 cm y Profundidad: 25 cm, en dicho barreno posteriormente se introdujo el contenedor con la solución de Nitrato de Potasio.

**Foto 37. Barreno prueba explosividad solución Nitrato de Potasio**



Fuente: Autores, 2007.

- Se tomaron 30 cm de cordón detonante de 12 g/m con el cual se realizó un nudo uli (nudo empleado con el fin de activar por simpatía otra sustancia explosiva que se encuentre en contacto)

**Foto 38. Multiplicador para prueba explosividad solución Nitrato de Potasio**



Fuente: Autores, 2007.

- Se agrego un detonador eléctrico para poder activar las características de la sustancia que estábamos introduciendo en el barreno.
- Seguidamente se introdujo dentro de la solución el cordón detonante junto con el detonador, para luego a distancia ser activado de forma controlada y verificar si esta reacciona por simpatía.

**Foto 39. Detonador eléctrico cebado al cordón detonante**





Fuente: Autores, 2007.

- Una vez realizada la detonación se observó que la solución no reaccionó por simpatía, hecho que se corroboró al tomar las dimensiones del barreno realizado las cuales se mantuvieron constantes, de igual manera el contenedor no sufrió daños significativos que sugiriesen que dentro de el había ocurrido una explosión, así mismo se pudo observar que la solución se dispersó por la onda de choque otorgada por el cordón detonante, quedando esparcida dentro y fuera del barreno.

**Foto 40. Barreno y contenedor después de la detonación**



Fuente: Autores, 2007.

- Al carbón obtenido se le realizaron las mismas pruebas de explosividad que para la solución de Nitrato de Potasio, encontrándose que igualmente una vez realizada la detonación no hubo reacción por simpatía, hecho que se corroboró pues se mantuvieron las dimensiones del barreno en donde se introdujo la muestra, y así mismo se pudo observar que dicho carbón quedó esparcido.

**Foto 41. Resultado del carbón después de la detonación**



Fuente: Autores, 2007.

### 3.11.2 Anfo

Para Anfo se realizaron los mismos procedimientos que para la pólvora.

Se tomaron las mismas cantidades 500 ml de agua des ionizada a los cuales se les midió la conductividad eléctrica, seguidamente se agregaron 10 g de ANFO (cantidades que se tomaron aleatoriamente pero asegurándose que la cantidad de agua fuese suficiente para que no alcanzase su punto de saturación), y se sometió la solución a agitación constante durante 30 min, a continuación se filtró la solución obtenida con la ayuda de un papel de filtro y al filtrado se le midió la conductividad eléctrica, los resultados obtenidos fueron:

**Tabla 19. Conductividad eléctrica soluciones (Anfo) Nitrato de Amonio**

<b>CONDUCTIVIDAD</b>	Conductividad ( $\mu$ S)
Agua Des ionizada	0.8
Filtrado	25.2

Fuente: Autores, 2007.

Como se puede observar el incremento en la conductividad eléctrica fue notable lo que permite asegurar la solubilidad de las sales en el agua.

Se realizaron los cálculos correspondientes, de manera tal que se obtuviesen las 10 ppm exigidas por la legislación y se corroboraron en laboratorio así:

- Se tomaron 0.5 g de ANFO.
- Con la ayuda de una bureta se agregaron 25 ml de agua a la muestra de ANFO.
- Se sometió la disolución a 30 min de agitación constante.
- Se filtró la solución obtenida.
- Del filtrado se tomaron 10 $\mu$ L.
- Se aforaron los 10  $\mu$ l a 25 ml con la ayuda de un baló aforado.



- Con la ayuda de una bureta y una micropipeta se tomaron 8.3 ml y se aforaron nuevamente a 25 ml.
- Con la ayuda del equipo Hach (Ver en anexo especificaciones técnicas) para la determinación de Nitratos se tomó una muestra y se sometió a análisis.
- Los resultados obtenidos fueron de 10.8 ppm.

**Foto 42. Disolución de ANFO en agua (laboratorio)**



Fuente: Autores, 2007.

Dado los resultados anteriores se planteó la posibilidad de poder utilizar los productos obtenidos de la disolución como materia prima para otro procedimiento, se propuso entonces utilizar el Nitrato de Amonio como fertilizante que pudiese mejorar las propiedades del suelo y la nutrición de las plantas que se encontrasen el lugar de su vertimiento, para dar esta utilidad era necesario separar las grasas del Nitrato de Amonio, por lo cual se realizaron las siguientes marchas de laboratorio.

- Se realizó búsqueda bibliográfica de solubilidad para Nitrato de Amonio, encontrándose que corresponde a 1183g/l de agua a 20 °C<sup>16</sup>.
- De acuerdo a la solubilidad del punto anterior se realizaron los cálculos necesarios para determinar la cantidad de agua requerida para 5 g. de ANFO con el objeto de trabajar esta a escala laboratorio, se encontró que la cantidad de agua necesaria es de 4.22 ml.
- Se procedió a realizar las disoluciones de acuerdo a las cantidades encontradas anteriormente, hallándose que dicha disolución era prácticamente imposible de realizar, pues el agua no alcanzaba mojar toda la superficie del ANFO.
- Como ya se conoce que con 4.22 ml de agua se solubilizan todos los nitratos presentes en el ANFO, el parámetro para determinar la cantidad de agua necesaria a utilizar se convierte entonces en aquella que alcance a cubrir la totalidad de la superficie del explosivo, para encontrar este punto se tomaron 5 g de agua a los cuales se les agregó gota a gota agua hasta que se

---

<sup>16</sup> MERK manual de productos químicos, pp 361 - 362

determinase la cantidad necesaria para trabajar. Se encontró que para 5 g de ANFO es necesario agregar 15 ml de agua.

- Se tomaron entonces 5 g de ANFO a los cuales se le adicionaron 15 ml de agua, y se sometieron a agitación durante 30 min.
- La solución obtenida se filtró con la ayuda de un papel especial, separándose así las grasas (combustible) de las sales de Nitrato de Amonio.
- Con el objeto de verificar la cantidad de sales presentes en la disolución y cerciorarse de la solubilidad de estas, se sometió el filtrado a calentamiento a 105 °C hasta sequedad total, procedimiento con el cual se separa el agua del nitrato de amonio presente en la muestra, la presente marcha se realizó por duplicado.

**Foto 43. Filtrado solución de ANFO – agua (laboratorio)**



Fuente: Autores, 2007.

**Tabla 20. Cantidad Nitrato de Amonio en solución de Nitrato de Amonio (laboratorio)**

<b>NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub></b>	<b>Cantidad de Nitrato de Amonio (g)</b>
Muestra 1	4.43
Muestra 2	4.51
PROMEDIO	4.47

Fuente: Autores, 2007.

Se tiene entonces que la cantidad total de Nitrato de Amonio para 5 g de ANFO corresponde a 4.8 g, encontrándose así que los porcentajes totales de disolución corresponden a:

**Tabla 21. Porcentaje de Nitrato de Amonio en solución de Nitrato de Amonio (laboratorio)**

	<b>Porcentaje de disolución de NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub></b>
Muestra 1	92.3 %
Muestra 2	93.9 %
PROMEDIO	93.1 %

Fuente: Autores, 2007.

Si se analiza la cantidad de sales obtenidas en el procedimiento experimental descrito anteriormente éstas se encuentran en su mayoría en la solución filtrada, lo que corrobora la destrucción del explosivo, pues las pequeñas cantidades que aún se puedan encontrar junto con las grasas no reúnen las proporciones estequiométricas para producirse la explosión (afirmación que se demostrará más adelante), esto si se tiene en cuenta que para que exista el explosivo debe este contener una sustancia oxidante y un combustible en las proporciones adecuadas (ver marco teórico).

Determinada la cantidad de agua necesaria a escala laboratorio para la disolución de las sales se realizaron los cálculos para 100 Kg de pólvora, con el objeto de determinar la viabilidad del proyecto. Se encontró entonces que la cantidad de agua necesaria corresponde a 300 litros valor, que aunque un poco elevado aún, disminuye notablemente la cantidad requerida según la normatividad ambiental.

Conocidas las cantidades según laboratorio se procedió a realizar una marcha a escala piloto, al igual que con la pólvora esta con el fin de realizar el procedimiento según como lo realizaría un técnico en explosivos que se encontrase en cualquier lugar del territorio colombiano.

- Se tomaron 12 Kg de ANFO.
- Se agregó poco a poco agua, encontrándose que para cantidades grandes de ANFO la cantidad de agua requerida se hace menor, pues se alcanza a mojar notablemente la superficie del explosivo, convirtiéndose nuevamente en requisito la solubilidad del Nitrato de Amonio. Para determinar la cantidad de agua a utilizar, se realizaron los cálculos obteniéndose que para las 12 Kg se requiere un total de 10 L. de agua, se realizaron entonces los cálculos para 100 Kg encontrándose que se requería un total de 83 l de agua.

**Foto 44. Disolución ANFO en agua (piloto)**



Fuente: Autores, 2007.

- Se realizó la disolución con el mismo sistema que para la pólvora.

**Foto 45. Agitación disolución de ANFO en agua (piloto)**



Fuente: Autores, 2007.

- Se le introdujo una mecha de seguridad

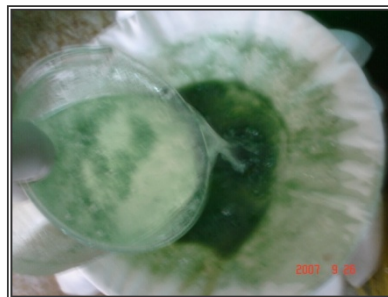
**Foto 46. Prueba de seguridad disolución de ANFO en agua (piloto)**



Fuente: Autores, 2007.

- Se le dejó el mismo tiempo que a la pólvora para la separación de fases entre una solución de Nitrato de Amonio en la parte inferior y una de grasas en la parte superior.
- Se procedió a filtrar la solución utilizando el mismo tipo de tela.

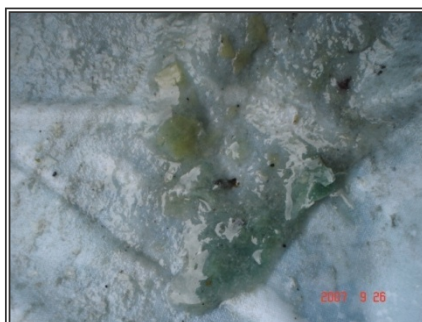
**Foto 47 Filtrado disolución de pólvora en agua (piloto)**



Fuente: Autores, 2007.

- Se obtienen los diferentes subproductos por la filtración los cuales se les realiza el mismo proceso que para la pólvora.

**Foto 48. Sólidos obtenidos de separación de solución de pólvora en agua (piloto)**



Fuente: Autores, 2007.

- Con el fin de asegurar que los productos obtenidos hubiesen perdido la totalidad de sus propiedades explosivas, se llevaron inicialmente a laboratorio para analizar cantidad de Nitratos y grasas presentes y posteriormente a campo para realizar pruebas de explosividad, el procedimiento seguido para la determinación de Nitratos en las soluciones fue similar al planteado para el caso de pólvora, encontrándose:

**Tabla 22. Cantidad Nitrato de Amonio en solución de Nitrato de Amonio (laboratorio)**

<b>% DE NITRATO DE AMONIO</b>	Solución de Nitrato de Amonio	Solución de Grasas
Muestra 1	50	48.8
Muestra 2	50	48.8
Muestra 3	49	48.8
PROMEDIO	49.8	48.8

Fuente: Autores, 2007.

**Tabla 23. Concentración de grasas Anfo**

<b>CONCENTRACIÓN DE GRASAS</b>	Solución de Nitrato de Amonio (ppm)	Solución de Grasas (ppm)
Muestra 1	153.83	562.45
Muestra 2	153.53	560.57
PROMEDIO	153.68	561.51

Fuente: Autores, 2007.

Teniendo en cuenta los valores reportados por las pruebas de laboratorio, se puede determinar que los productos alcanzados después de la filtración pierden sus propiedades explosivas, pues no cumplen con las proporciones estequiométricas necesarias para que esta ocurra.

### 3.11.3 Análisis

Las características de los fertilizantes son las siguientes: Solubilidad en agua, compatibilidad entre los productos que se agregan a las soluciones madre, reacción ácida o alcalina del fertilizante al disolverse.

Debido a la presencia de la contaminación en el suelo se hace relevante anotar los efectos de la contaminación al suelo de manera directa e indirecta por la disolución química.

El nitrógeno añadido como abono, puede estar como urea,  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$ . Este nitrógeno sigue los mismos modelos de reacción que el nitrógeno liberado por los procesos bioquímicos a partir de residuos de plantas.

Así la urea es sometida a la amonificación (formación de  $\text{NH}_4^+$ ) y nitrificación previas para su utilización por los microorganismos y plantas.

El amonio puede ser oxidado a  $\text{NO}_3^-$  y ser fijado por las partículas sólidas del suelo o utilizado sin cambio por los microorganismos y las plantas.

Los nitratos pueden ser absorbidos directamente por microorganismos y plantas o pueden perderse por volatilización y lavado.

#### *Efectos secundarios del abonado nitrogenado*

- ◆ Aportación de nutrientes, aparte del nitrógeno, como S, Mg, Ca, Na y B.
- ◆ Variación de la reacción el suelo (acidificación o alcalinización).
- ◆ Incremento de la actividad biológica del suelo con importantes efectos indirectos sobre la dinámica global de los nutrientes.
- ◆ Daños por salinidad y contaminación de acuíferos, causados por una dosificación muy alta.
- ◆ Daños causados por las impurezas y productos de descomposición.
- ◆ Efecto secundario, herbicida y fungicida, de la cianamida cálcica.

Como se pudo demostrar el procedimiento sugerido elimina las propiedades explosivas de la Pólvora, obteniéndose una solución de Nitrato de Potasio de un

porcentaje del 48.79 % que puede ser utilizado como fertilizante, el cual si bien no reúne las condiciones deseadas para un excelente producto comercial por la presencia de grasas (153.68 ppm), si beneficia en cierto grado la nutrición de las plantas.

Se recomienda para futuras investigaciones estudiar más a fondo y mejorar los mecanismos de separación de la solución de Nitrato de Potasio y grasas, así mismo plantear un mecanismo de destrucción de las grasas que sea más sostenible y amigable con el medio ambiente.

#### **4. IMPACTO AMBIENTAL**

##### **4.1 Criterios para la Evaluación Cualitativa o Matriz de Importancia de Vicente Conesa.**

Estos criterios se determinan según los parámetros o criterios del proyecto, obra o actividad. Cada casilla de cruce en la matriz o elemento tipo, dará una idea del efecto de cada acción impactante sobre cada factor ambiental impactado.

Los elementos de la matriz de importancia identifica el impacto ambiental generado por una acción simple de una actividad, sobre un factor ambiental considerado.

La importancia del impacto, mide cualitativamente el impacto ambiental, en función, tanto del grado de incidencia o intensidad de la alteración producida, como de la caracterización del efecto, que responde a su vez a una serie de atributos de tipo cualitativo, tales como extensión, tipo de efecto, plazo de manifestación, persistencia, reversibilidad, acumulación y periodicidad.<sup>17</sup>

- **Importancia del impacto.**

La importancia del efecto de una acción sobre un factor ambiental, viene representada por un número que se deduce mediante un modelo propuesto y toma valores entre 13 y 100.

Para determinar la importancia de un impacto se utiliza la siguiente expresión:

$$\text{Importancia (I)} = \pm (3 I + 2 EX + MO + PE + RV + AC + EF + PR)$$

Cuadro 1. Importancia del impacto para la Matriz de Importancia.

<b>Valor</b>	<b>Descripción</b>
<25	Irrelevantes o compatibles
25 - 50	Moderados
50 - 75	Severos
75 >	Críticos

**Fuente:** Conesa, Vicente. Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental

Presenta valores intermedios entre 40 y 60 cuando se da alguna de las siguientes circunstancias:

- Intensidad total, y afección mínima de los restantes símbolos.
- Intensidad muy alto o alta, y afección alta o muy alta de los restantes símbolos.
- Intensidad alta, efecto irrecuperable y afección muy alta de algunos de los restantes símbolos.
- Intensidad media o baja, efecto irrecuperable y afección muy alta de al menos dos de los restantes símbolos.

#### 4.1.1 Descripción de Atributos de la Matriz de Importancia.

- Signo

Es referido al carácter beneficioso (+ positivo) o perjudicial (- negativo) de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados.

- Intensidad.

<b>Intensidad (I)</b>	
Es referido al grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en el que actúa	
Calificación	Escala
Bajo	1
Medio	2
Alto	4

**Fuente:** Conesa, Vicente. Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental



- Extensión.

<b>Extensión (EX)</b>		
Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno de la actividad. (% de área, respecto al entorno que se manifiesta el efecto).		
Calificación	Escala	Significado
Puntual	1	Cuando la acción produce un efecto muy localizado.
Indirecto	2	Cuando esta considerado en las situaciones intermedias.
Directo	4	Cuando el efecto no admite una ubicación generalizada en todo el entorno también es considerado como total.

**Fuente:** Conesa, Vicente. Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental

- Momento.

<b>Momento (MO)</b>		
Es el plazo de manifestación del impacto, alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el recurso considerado.		
Calificación	Escala	Significado
Largo plazo	1	Cuando el impacto tarda más de 5 años en manifestarse
Mediano plazo	2	Cuando el periodo de tiempo es de 1 a 5 años
Inmediato	4	Cuando el tiempo transcurrido sea nulo (inmediato) o inferior a un año (a corto plazo).

**Fuente:** Conesa, Vicente. Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental

- Persistencia.

<b>Persistencia (PE).</b>		
Se refiere al tiempo que, supuestamente, permanecería el efecto desde su aparición y a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales o mediante la introducción de medidas correctoras.		
Calificación	Escala	Significado
Fugaz	1	Cuando la permanencia del efecto tiene

		lugar durante menos de un año.
Temporal	2	Cuando dura entre 1 y 10 años
Permanente	4	Cuando tiene una duración de más de 10 años

**Fuente:** Conesa, Vicente. Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental

- Reversibilidad.

<b><i>Reversibilidad (RV).</i></b>		
Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado como consecuencia de la acción acometida, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez aquella deja de actuar sobre el medio.		
Calificación	Escala	Significado
Inmediata	1	O a corto plazo, cuando sería de manera inmediata su reversibilidad.
Temporal	2	Cuando es a mediano plazo o temporal.
Permanente	4	Cuando es irreversible o permanente.

**Fuente:** Conesa, Vicente. Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental

- Acumulación.

<b><i>Acumulación (AC)</i></b>		
Este atributo da la idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de la forma continuada o reiterada la acción que lo genera.		
Calificación	Escala	Significado
Simple	1	Cuando no se producen efectos acumulativos
Compuesta	4	Cuando el efecto producido es acumulativo.

**Fuente:** Conesa, Vicente. Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental

- Efecto.

<b><i>Efecto (EF).</i></b>		
Se refiere a la relación causa-efecto, o sea a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de un acción.		
Calificación	Escala	Significado
Simple	1	Cuando no se producen efectos acumulativos
Compuesta	4	Cuando el efecto producido es acumulativo.

**Fuente:** Conesa, Vicente. Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental

- Periodicidad.

<b><i>Periodicidad (PR).</i></b>		
Se refiere a la regularidad de la manifestación del efecto.		
Calificación	Escala	Significado
Irregular	1	Cuando el efecto sea de manera de forma impredecible en el tiempo.
Periódico	2	Cuando el efecto sea de manera de forma cíclica o recurrente.
Continuo	4	Cuando el efecto sea de manera de forma constante.

**Fuente:** Conesa, Vicente. Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental

## **4.2 Identificación, Calificación y Jerarquización de los Impactos Ambientales Causados por la Destrucción de los Explosivos**

La identificación de impactos ambientales para los explosivos Anfo y pólvora, se determinó por medio de una matriz de identificación de impactos. Para la calificación y jerarquización de estos impactos se escogió la metodología de de Vicente conesa ya que ésta permite calificar en forma cualitativa y cuantitativa las consecuencias de los impactos ambientales.

**4.2.1 Explosivo Anfo.** Para la identificación de impactos ambientales del explosivo Anfo por los métodos de Detonación y Disolución Química se tuvieron en cuenta las características físicas y químicas de cada uno de los componentes del explosivo.

Es importante considerar que la Disolución Química del Anfo debe ser en agua, debido a que el Nitrato de Amonio tiene alta solubilidad en este solvente:

A continuación se presentan las tablas de identificación y jerarquización de los impactos ambientales del explosivo Anfo.

17 CONESA, Vicente. Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental. 2003, p 88. 3ª edición, 411 p, Ediciones MundiPrensa. España.

**Tabla 24. Identificación de impactos ambientales del explosivo Anfo**

Componente Ambiental	Indicador Genérico	Indicador Específico	Método de destrucción	
			Descomposición térmica	Disolución en agua
<b>Atmosférico</b>	Calidad de Aire	Material particulado	X	
		NO	X	
		NO <sub>2</sub>	X	
		CO <sub>2</sub>	X	
		SO <sub>2</sub>	X	
<b>Hidrosférico</b>	Calidad de Agua	NO <sub>3</sub>		X
		pH		X
<b>Biosférico</b>	Fauna	Hábitat	X	X
	Flora	Área	X	
<b>Paisaje</b>	Calidad	Expresión visual	X	

Fuente: Autores, 2007.

En metodo de Detonacion, el impacto que obtuvo la mayor calificación, debido a la descomposición del Nitrato de Amonio, el cuál se presenta dentro de la mezcla explosiva con un porcentaje mas alto que el aceite Diesel y la menor calificación la obtuvo el cambio de la permeabilidad en el suelo ya que la probabilidad de que se presente el impacto es mínima a un que esta aseveración esta por comprobarse por parte de otros compañeros que estar realizando el proyecto de grado en el recurso suelo para corroborar esta información.

En la actividad de disolución el impacto que obtuvo la mayor calificación es la presencia de nitratos en el agua, debido a la disociación iónica del Nitrato de Amonio y la menor calificación la obtuvo el cambio del hábitat en un cuerpo de agua, ya que la concentración de nitratos en el agua debe ser alta para afectar el recurso.

A partir de lo anterior se considera que la actividad de mayor impacto corresponde a la Detonación, por ende se determina que la mejor forma de destrucción del explosivo Anfo es aplicar el método de Disolución en el agua, el cual es el que menor impactos causa al ambiente.

Con respecto a la pólvora sucede una valoración igual debido a que los residuos generados al estar en estado sólido son mas manejables, a diferencia que cuando se presenta en estado gaseoso la dilución genera residuos e impactos , pero en valoración en menor proporción que los generados por la detonación.

Nº	ACTIVIDADES
1	Descomposición térmica.
2	Preparación del terreno
3	Acordonamiento del terreno
4	Explosiones controladas.
5	Combustión.
6	Abandono del lugar
7	Dilución en agua.
8	Preparación de los materiales
9	Conseguir el agua
10	Tiempo de estabilización de dilución
11	Tiempo de separación de los subproductos
12	Disposición de los subproductos.

Tomando como dos actividades grandes la descomposición térmica y la dilución en agua y se le realizaron sub. Actividades asociadas a estas dos dándole valores dependiendo su impacto al recurso que afectaba, como se muestra en el siguiente cuadro.

De el tenemos entonces que la descomposición termina obtuvo un valor de 40.6 mientras que la dilución química de 14.9 a escala general a la hora de la calificación, dándonos así un valor en el cual la descomposición térmica genera mas impactos a los recursos que lo que genera la dilución química, al hacer la valoración por cada componente ambiental.

Del cuadro también podemos decir que se tienen encuentra otros componentes sociales donde no se puede desligar el hecho en el cual se arriesgan vidas a la hora de desactivar explosivos y se generan impactos tanto al ambiente como a los técnicos que generan estas acciones.

COMPONENTE AMBIENTAL	INDICADOR GENÉRICO	INDICADOR ESPECÍFICO		ACTIVIDADES												Σ ( + )
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
ATMOSFÉRICO	Calidad del Aire	Ruido		-44	-14	-18	-44	-40	-13	-11	-11	-11	-11	-11	-11	
		Olores		-44	-11	-25	-44	-44	-44	-38	-44	-44	-44	-44	-44	
		CO2		-29	-11	-26	-27	-44	-44	-23	-44	-29	-44	-11	-44	
		CO		-44	-11	-29	-41	-44	-44	-11	-44	-44	-27	-44	-11	
		MP		-44	-11	-44	-44	-44	-44	-11	-11	-11	-11	-11	-32	
ANTROPOSFÉRICO	Social	Seguridad para los técnicos de la policía	Salud de los Técnicos capacitados	-44	-29	-26	-28	-44	-44	44	-44	-44	-44	-44	-44	
			Familiares	-44	-44	-11	-41	-44	-29	44	-44	-44	-44	-44	-44	
			Bajas	-44	-44	-11	-44	-44	-44	-11	-11	-11	-11	-11	-11	
		Población cercana a la actividad de destrucción.		-44	-44	-44	-44	-44	-44	-22	-44	-27	-44	-11	-44	
HIDROSFERICO	Calidad del agua	NO3		-44	-44	-44	-44	-27	-44	-44	-11	-11	-44	-44	-44	
		pH.		-11	-11	-29	-11	-44	-11	-35	-44	-11	-29	-11	-44	
BIOSFERICO	Fauna y flora	Área		-44	-44	-44	-44	-44	-44	-44	-11	-44	-44	-11	-44	
		Hábitat		-44	-44	-44	-44	-44	-44	-24	-44	-44	-44	-32	-44	
PAISAJE	Calidad	expresión visual		-44	-29	-44	-24	-44	-44	-23	-44	-27	-11	-27	-44	
Σ ( - )				-40,6	-27,9	-31,4	-37,4	-42,5	-38,4	-14,9	-32,2	-28,7	-32,3	-25,4	-36,1	
Σ ( + )																

## **BIBLIOGRAFÍA**

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ *et al.* Manual de procedimientos de Policía Judicial en homicidios y terrorismo. Bogotá: AMB, 2003. 572 p.

ALVARADO, Héctor y ROJAS, Néstor. Empleo de los explosivos en obras de ingeniería civil y militar. 2 ed. Bogotá: FF.MM., 1996. 356 p.

ASTM D422. Estándar practices for preserving and transporting soil samples.

BELLO VILLARRAGA, Henry *et al.* Proyecto de manual sobre investigación de explosivos para la Policía Nacional. Bogotá. 1988, 140 p. Trabajo de grado (Criminalista). Escuela Nacional de Policía General Santander. Facultad de Criminalística.

BENITO GIL, Florencio. Fuel oil: Almacenamiento, combustión y contaminación atmosférica. Madrid: Blume, 1969. 275 p.

BOLIVIA. MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL. Reglamento para la importación, transporte, almacenamiento y comercialización de explosivos, armas y municiones. La Paz: El ministerio, 2001. (Resolución 00665).

BURBANO, Maria Cristina. Analisis químico cualitativo: Practicas de laboratorio. Bogotá, 2006, 118 p. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Facultad de Ciencias.

CANTER LARRY W.; ECHANIZ IGNACIO ESPANOL. Manual de evaluación de impacto ambiental: técnicas para la elaboración de estudios de impacto.

CARMONA PASTOR, Francisco. Transporte de mercancías peligrosas: Explosivos. Madrid: Díaz de Santos, 2002. 334 p.



CHILE. MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL. Reglamento complementario de la ley N° 17.798, sobre control de armas, explosivos y elementos similares. Chile: El ministerio, 2005.

CISTEMA. Clasificación de productos químicos según la norma NFPA 704. Biblioteca, centro de documentación [en línea]. [Bogotá]: SURATEP, mayo 2005. Disponible en Internet:  
<[http://www.suratep.com.co/index.php?option=com\\_content&task=view&id=312&Itemid=5](http://www.suratep.com.co/index.php?option=com_content&task=view&id=312&Itemid=5)>.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Guías ambientales de almacenamiento y transporte por carretera de sustancias químicas peligrosas y residuos peligrosos. Bogotá: El ministerio, 2003. 100 p.

COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. Reglamento de higiene y seguridad en labores mineras a cielo abierto. Bogotá: El ministerio, 1993. (Decreto 2222).

COMISION NACIONAL PARA EL AHORRO DE ENERGIA (México). Ficha técnica: Vehículos con etanol [en línea]. [México]: CONAE, 2002. Disponible en Internet:  
<<http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/466/1/images/vehiculoetanol.pdf>>.

CONESA VICENTE., FDEZ-VITORA. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental.

CORTES, Daniel y GANTIVA, Diego. Técnica de voladuras a cielo abierto y en túneles. Bogotá: Ejercito, 2002. 143 p.

CORTES, Maria Ximena. Diseño de procedimientos para el manejo y control del riesgo químico en la fabrica de explosivos Antonio Ricaurte. Bogotá, 2005, 255 p. Trabajo de grado (Ingeniero Químico). Fundación Universidad América. Facultad de Ingeniería Química.

DIRECCION CENTRAL DE POLICIA JUDICIAL (Colombia). Organigrama Dijin. Policía Nacional Colombia [en línea]. [Bogotá]: DIJIN, julio 2001. Disponible en Internet:

<<http://www.policia.gov.co/inicio/portal/unidades/dijin.nsf/paginas/EstructuraOrganica>>.

DIVISION DE EDUCACION CONTINUADA. Destrucción de explosivos industriales (en línea). España: Unión española de explosivos, 2000. Disponible en Internet: < <http://www.concretonline.com/pdf/Destruccion.pdf> >.

DOMÉNECH XAVIER. Química ambiental: el impacto ambiental de los residuos.

ERICKSON JON. Ecología y medio ambiente, Edición 1 ed Pie de imprenta Santa fe de Bogotá : McGraw-Hill , 1991

ERMANN, Kast. Examen químico de los materiales explosivos. Madrid: Aguilar, 1959. 572 p.

ESPAÑA. DIVISION TECNICA DE ARMAMENTOS TERRESTRES. Manual técnico de explosivos. España: Dirección General de Armamento y Material, 1984. 450 p.

ESTADO MAYOR DEL EJERCITO (ESPAÑA), Manual Técnico de Explosivos, Madrid

ESTADOS UNIDOS. AGENCIA DE ALCOHOL, TABACO Y ARMAS DE FUEGO. Guia de ATF para la ejecución de la ley para reportar incidentes de explosivos. Washington: ATF, 1998. 123 p.

GARMENDIA SALVADOR ALFONSO. Evaluación de impacto ambiental, Pearson, 2005.

IHOBE, S.A SOCIEDAD PÚBLICA DE GESTIÓN AMBIENTAL. Investigación de la contaminación del suelo. Guía metodológica para la toma de muestras. 1994

IHOBE, S.A SOCIEDAD PÚBLICA DE GESTIÓN AMBIENTAL. Investigación de la contaminación del suelo. Control de calidad. 1994

INKA PALET. Productos. Inka palet [en línea], octubre 2006. Disponible en Internet: < <http://www.inka-palet.es/productos.html>>.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACIÓN. Embalajes y envases para transporte de mercancías peligrosas clase 1: explosivos. Bogotá: INCONTEC, 1999. p. 89. (NTC 4702-1).

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (España). Guía técnica de señalización de seguridad y salud en el trabajo [en línea]. [Barcelona, España]: Ministerio de trabajo y asuntos sociales, 1997. Disponible en Internet: <[http://www.mtas.es/insht/practice/g\\_senal.htm](http://www.mtas.es/insht/practice/g_senal.htm)>.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (España). NTP 459: Peligrosidad de productos químicos: etiquetado y fichas de datos de seguridad [en línea]. [Barcelona, España]: Ministerio de trabajo y asuntos sociales, 1995. Disponible en Internet: < [http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp\\_459.htm](http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_459.htm)>.

LINARES, Libardo y JANVA, Javier. Características de los explosivos por el método de cristalografía óptica. Bogotá, 1999, 210 p. Trabajo de grado (Criminalista). Escuela Nacional de Policía General Santander. Facultad de Criminalística.

MEDINA, Fredy y PARRA, Maria. Establecimiento del proceso analítico para la identificación de explosivos mediante cromatografía líquida de alta resolución (MPLC) en el laboratorio central de criminalística de la Policía Nacional. Bogotá, 1998, 247 p. Trabajo de grado (Ingeniero Químico). Fundación Universidad América. Facultad de Ingeniería Química.

MENA, Carlos y CAMACHO, Luís. Desactivación de Artefactos Explosivos. Bogotá, 1995, 165 p. Trabajo de grado (Criminalista). Escuela Nacional de Policía General Santander. Facultad de Criminalística.

MERCK. Benzoato de sodio. Fichas de datos de seguridad Merck [en línea], marzo 2005. Disponible en Internet:  
< <http://chemdat.merck.de/documents/sds/emd/esp/es/1301/130176.pdf>>.

MERCK. Clorato de potasio. Fichas de datos de seguridad Merck [en línea], abril 2005. Disponible en Internet:  
< <http://chemdat.merck.de/documents/sds/emd/esp/es/1063/106395.pdf>>.

MERCK. Nitrato de amonio. Fichas de datos de seguridad Merck [en línea], mayo 2006. Disponible en Internet:  
<<http://chemdat.merck.de/documents/sds/emd/esp/es/1011/101188.pdf>>.

METCALF and EDDY. Wastewater engineering, treatment, disposal reuse. 3 ed. USA: McGrawHill, 1996. v. 1, 1459 p.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS. Transporte de mercancías peligrosas: Reglamento modelo. Nueva York: UN, 2003. 2 v.

OYARZUN, Mabel y CORTES, Iván. Manual de almacenamiento de sustancias químicas peligrosas. Chile: SESMA, 2003. 61p.

PBOT de municipio de Cogua

PERU. MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS. Guía ambiental para la perforación y voladuras en operaciones mineras. Lima: El ministerio, 1995. 80 p.

POT del municipio de Zipaquirá

RANGEL, Fernando y HERNANDEZ, Sergio. Identificación de las características post-exposición y determinación de las zonas más adecuadas de recolección de residuos de explosivos cuando se utiliza dinamita amoniacal, anfo, indugel plus y pentrita en construcciones de concreto y madera. Bogotá, 2000, 242 p. Trabajo de grado (Criminalista). Escuela Nacional de Policía General Santander. Facultad de Criminalística.

RUIZ, Germán. Últimas técnicas en explosivos utilizadas por los grupos al margen de la ley. Bogotá, 2000, 121 p. Trabajo de grado (Criminalista). Escuela Nacional de Policía General Santander. Facultad de Criminalística.

SIEMENS. Motores y ventiladores. Catalogo electrónico de motores eléctricos [en línea], junio 2006. Disponible en Internet:  
<<http://www.siemens.com.co/catalogomotores.htm>>.

SKOOK, Douglas and WEST, Donald. Fundamentals of analytical chemistry. 3 ed. Nueva York: Holt, Rinehart y Winston, 1986. 957 p.

SMITH, VAN NESS, ABBOT. Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química. Mc Graw Hill 1997

UNITED STATES. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. Explosive materials code. United States: DOT, 2001. 42 p. (NFPA 495).

URBI. Lámparas antideflagrantes. Iluminación [en línea], noviembre 2006. Disponible en Internet:

< [http://www.urbi.com.es/64548/64948.html?\\*session\\*id\\*key\\*=session\\*id\\*val\\*>](http://www.urbi.com.es/64548/64948.html?*session*id*key*=session*id*val*>).

VARGAS ROMERO, Sergio. Manual para el uso de explosivos. México: Continental, 1979. 606 p.

VIAN ORTUÑO, Ángel. Introducción a la química industrial. Barcelona: Reverte, 1994. 303 p.

WIKIPEDIA. Clasificación de explosivos. Wikipedia: La enciclopedia libre [en línea], octubre 2006. Disponible en Internet:

<[http://es.wikipedia.org/wiki/Explosivo#Clasificaci.C3.B3n\\_de\\_explosivos](http://es.wikipedia.org/wiki/Explosivo#Clasificaci.C3.B3n_de_explosivos)>.

WINNSCKER, Kart y WEINGAERTNER, Ernst. Química Industrial Orgánica. México: Gustavo Pili, 1958. v. 3-4.

WOLSTENHOLME INTERNATIONAL. Aluminio en polvo. Hojas de datos de seguridad Wolstenholme [en línea], noviembre 2005. Disponible en Internet:

<[http://wolstenholme-usa.com/sds\\_sheets/spanish/sd52\\_-\\_Aluminium\\_Powder\\_Coated\\_\(E\).pdf#search=%22aluminio%20en%20polvo%20recubierto%22](http://wolstenholme-usa.com/sds_sheets/spanish/sd52_-_Aluminium_Powder_Coated_(E).pdf#search=%22aluminio%20en%20polvo%20recubierto%22)>.

## CONCLUSIONES

- Se Caracterizo y por medio de pruebas en campo y en laboratorio se pudo comprobar los efectos ambientales que tiene la destrucción de los explosivos Anfo y Pólvora en el agua, aire y ruido; siendo la causa de generación de residuos sólidos y acuosos pero los cuales son mas manejables que la producción de gases y material particulado.
- Se Establecieron los valores en campo por el método de detonación de explosivos Anfo y Pólvora y al compararlos con los valores especificados en la resolución 0627 de 2006, determinamos que este es un ruido es puntual el cual debería compararse con la resolución 0321 del 83 La cual nos habla sobre ruido ocupacional.
- En el proceso de destrucción mediante disolución química ofrece ventajas como la obtención de fertilizantes, seguridad ocupacional para los Técnicos de la policía, minimización de impactos a los recursos y cumplimiento de las prioridades institucionales.
- Con la realización de la dilución química piloto sirve como otra forma de destrucción que contribuye a mejorar el desempeño del “Manual De Procedimientos De la Policía Judicial En Homicidios Y Terrorismo”.y un aporte por parte del grupo investigativo en pro de la conservación del medio ambiente.
- No se presenta comparación con la normatividad acerca de vertimientos debido a que los subproductos de la dilución se busca disponerlos como fertilizantes, y no verterlos directamente a un cuerpo de agua.
- Realizando la evaluación de impactos por la metodología se puede decir que el método de destrucción por detonación genera un mayor impacto que el método por dilución química.
- Al realizar las pruebas a escala piloto se observo que para garantizar la Dilución de nitratos se requería un volumen menor de agua que en el presentado en teoría.
- Se Determinaron de forma cualitativa y cuantitativa los impactos ambientales en el agua, y el recurso aire específicamente el ruido generado por las diferentes técnicas de destrucción (detonación, disolución y combustión) de los explosivos Anfo y Pólvora, a través de la metodología de evaluación ambiental de Vicente Conesa.
- Se Propone como forma de solución donde los costos son menores y ambientalmente es realizables, aun que con respecto a los impactos en el agua y aire se observa la presencia de residuos que deben ser tratados antes de su disposición final, lo que genera un costo adicional del método de destrucción de dilución química pero que comparado con los gastos que genera la pérdida de un técnico de la policía sigue siendo mas económico.

- Según las estadísticas realizadas para el 2006 se corrobora que el método de destrucción por parte de los técnicos de la policía es el método de destrucción de detonación que a su vez es el que más víctimas ha generado a nivel interno de la institución, también En el desarrollo de esta investigación se determinó que los explosivos de mayor incautación en Colombia son ANFO y Pólvora
- Se planteó una alternativa de destrucción de Pólvora y ANFO consistente en disolución química, la cual disminuye la afectación del impacto ambiental y los riesgos sobre la salud en comparación con los métodos utilizados por los técnicos en explosivos de la Policía Nacional.
- El proceso de destrucción mediante disolución química ofrece otras ventajas como la obtención de fertilizantes. En cuanto a los procedimientos tradicionales realizados, se encuentra que el procedimiento planteado reduce en forma notoria el impacto sobre el medio ambiente y por ende los posibles costos legales.
- La Disolución Química en Agua como propuesta para la destrucción de los explosivos se realizó teniendo en cuenta que esta actividad genera menores impactos ambientales comparada con la método de destrucción de detonación, debido a que los productos obtenidos en la Disolución pueden ser dispuestos en un cuerpo de agua, después de realizarse una filtración para extraer la mayor cantidad de residuos sólidos y estos ser almacenados como residuos peligrosos.



## **Anexo A. Protocolo para determinar Grasas**

### ***401B METODO DE EXTRACCION CON SOXHLET***

#### ***1.0 PRINCIPIO***

Los jabones metálicos solubles son hidrolizados por acidulacion. Cualquier aceite y grasa sólida y viscosa presentes son separados de las muestras líquidas por filtración. Después se efectúa una extracción con freon, en un aparato soxhlet, se evapora el solvente y el residuo remanente se pesa para determinar el contenido en grasas y aceites de la muestra. Los compuestos volatilizados a 103° C o menor temperatura se perderán cuando se seque el filtro.

#### ***2.0 INTERFERENCIAS***

El método es enteramente empírico y solo se puede obtener resultados reproducibles apegándose estrictamente a todos los detalles. Por definición, cualquier material recuperado se llama aceite y cualquier sustancia filtrable, soluble en freon, como es el caso del azufre elemental y ciertos colorantes orgánicos, se extrae como grasa y aceite.

La velocidad y el tiempo de extracción en el aparato soxhlet debe ser exactamente el indicado. Debido a las solubilidades variables de las diferentes grasas. Además, no se debe variar el tiempo de secado y enfriamiento del material extraído. Puede haber un incremento gradual en el peso debido. Presumiblemente, a la absorción de oxígeno, y/o una pérdida gradual en peso debido a la volatilización.

#### ***3.0 APARATOS***

3.1 equipo de extracción soxhlet.

3.2 bomba de vacío u otra fuente de vacío.

3.3 embudos buchner, de 12 cm. De diámetro

3.4 parrilla eléctrica, con cubierta.

3.5 cartuchos de extracción, de papel.

3.6 papel filtro, 11 cm. De diámetro

3.7 discos de muselina, de 11 cm. De diámetro.

#### *4.0 REACTIVOS*

4.1 ácido clorhídrico, HCL

4.2 triclorotrifluoretano

4.3 suspensión de diatomea – sílice (hydro súper-cel) 10 gramos por litro de agua destilada.

#### *5.0 PROCEDIMIENTO*

5.1 recolectar aproximadamente 1000ml. De muestra en una botella de vidrio de boca ancha y marcar el nivel de muestras en la botella, para posterior determinación del volumen exacto de la muestra. Acidular a pH 2-6 mas bajo: generalmente 5 ml. De HCL. Son suficientes.

5.2 preparar el filtro que consiste en un disco de muselina cubierta con papel filtro. Humedecer el papel y la muselina y presionar las orillas del papel. Con ayuda del vacío, pasar 100 ml. De suspensión de diatomácea a través del filtro preparado y lavar con un litro de agua destilada; el vacío se suspende cuando ya no pase agua a través del filtro.

5.3 filtrar la muestra acidulada, aplicando vacío hasta que no pase mas agua (muestra) a través del filtro.

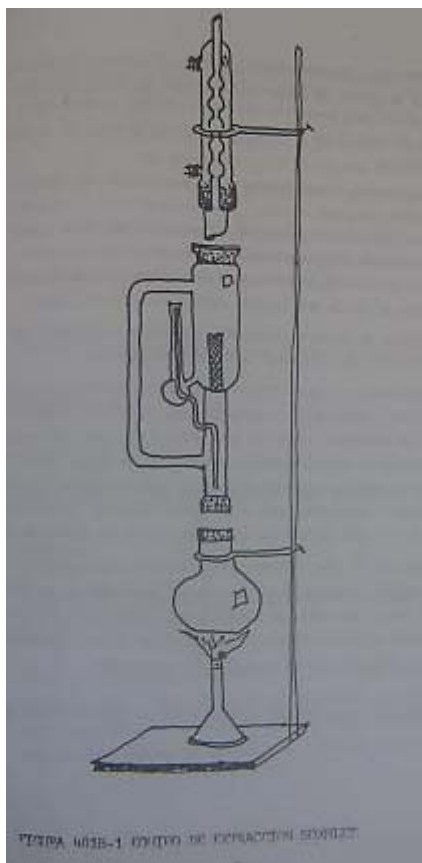
5.4 transferir el papel filtro a un vidrio de reloj, utilizando pinzas. Adicionar el material que adhirió a las orillas del disco de muselina. Limpiar los lados y el fondo del recipiente colector, y el embudo buchner, con trozos de papel filtro impregnados con freon, teniendo cuidado en remover todas las películas de grasa y recolectar todo el material sólido. Juntar estos trozos con el papel filtro que se colocó sobre el vidrio reloj.

5.5 enrollar el papel filtros con trozos utilizados en la limpieza, y acomodarlos dentro del cartucho de extracción. Adicionar cualquier trozo de material que quede en el vidrio reloj. Limpiar el vidrio de reloj con un papel filtro impregnado con freon y colocarlo en el cartucho de extracción.

5.6 secar el cartucho con su contenido en una estufa de aire. Caliente a 103° C durante 30 minutos. Adicional al cartucho lana de vidrio o perlas de porcelana. Pesar el matraz de extracción.

5.7 extraer el aceite y la grasa en un aparato soxhlet, usando freon, a una velocidad de 20 ciclos, por hora durante 40 horas. Tomar el tiempo desde el primer ciclo.

5.8 enfriar en un desecador durante 30 minutos exactos y pesar.

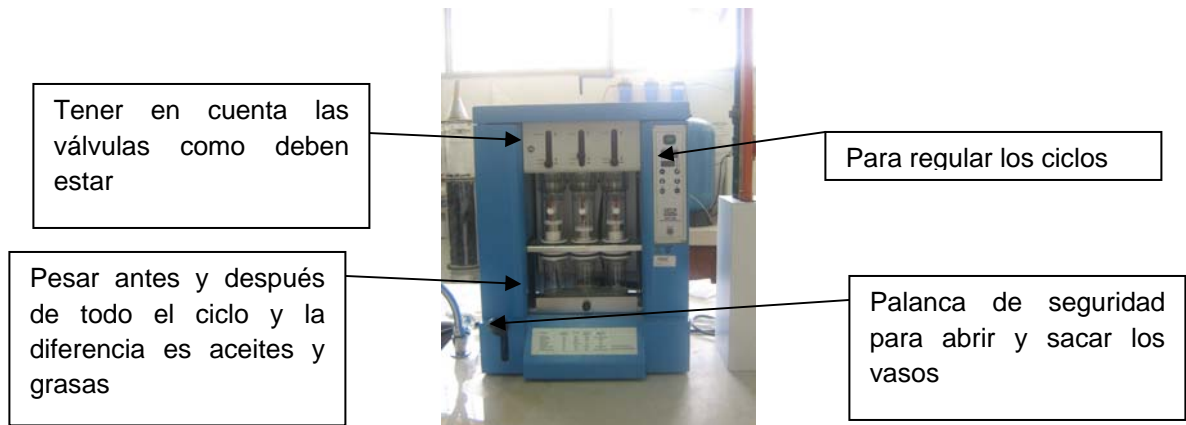


## 6.0 CALCULOS

Si el solvente esta libre de residuos, el aumento en peso del matraz de destilación tarado se debe principalmente a grasa y aceites. El aumento total en peso del matraz (A mg) menos el residuo calculado de un testigo de freon (B, mg) en al cantidad de grasas y aceites en la muestra de agua.

Grasas y aceites (mg/lit)= (A-B) \* 1000 / ml. De muestra

**Nosotros realizamos la prueba de aceites y grasas por tiempo en este equipo que es más “rápido.”**




#### PROCEDIMIENTO:

1. recolectar aproximadamente 1000ml. Y poner a filtrar con el equipo o la bomba de vacío.
2. preparar el filtro que consiste en Humedecer el papel y presionar las orillas del papel. Con ayuda del vacío, pasar 1000 ml. Aproximadamente, a través del filtro preparado y lavar con un litro de agua destilada; el vacío se suspende cuando ya no pase agua a través del filtro.
3. transferir el papel filtro a un dedal, utilizando pinzas. (todos los papeles filtros de la muestra van a dar al mismo dedal no importa en numero se doblan y se cuadran en el)

Ya en el equipo

La programación es la siguiente:

1. al lado izquierdo inferior se encuentra la palanca de seguridad para soltar el vaso
2. lo primero se lava el vaso del equipo se pesa con todo y perlas; se apunta ese valor y se lleva al equipo y se agrega 8 ml de n-hexane.( que aumente unos 3 cm para que no quede demasiado impregnado en el dedal en el dedal.
3. se suelta el dedal es metálico y se cambio por el dedal con los filtros (ver el tamaño si el muy grande debe cortarse antes de que se impregne de hexano).

4. se empuja la palanca negra de seguridad para presionar y quedar vacío.
5. prender y en la parte superior botón verde. Se deja el programa PO1
6. Con el siguiente botón se regulan las siguientes condiciones (  )
7. se deja aumentar a temperatura 130° C. y se abre la llave de manguera blanca para la circulación de agua.
8. cuando llega la temperatura en la parte superior se jala la palanca a donde dice inmersión en ingles, y se oprime el boton del numeral 6.
9. se dejan 30 minutos de inmersión si pasado este tiempo todavía se presenta n hexane en el vaso , se vuelve a comenzar la programación de inmersión, oprimiendo el botón de comenzar en ingles. Hasta que vuelva a aparecer los 30 minutos en (I).
10. ya evaporado el n hexane se baja la palanca al siguiente ciclo, lavado en ingles y se deja 30 minutos, pita
11. se CIERRA la válvula y se hace la recuperación 40 minutos.
12. después se apaga el equipo se suelta la panca de seguridad con unas pinzas se toma el vaso y se lleva a la estufa a una temperatura de 95°C 10 minutos para eliminar cualquier traza de hexano.
13. pasado este tiempo se lleva al desecador 15 o 20 minutos ; y luego se pesa.

**Nota:** el equipo pita cuando necesita agua (AL3 H<sub>2</sub>O) o cuando termina un ciclo.  
(Inmersión, lavado y recover)

14. secar el cartucho con su contenido en una estufa de aire. Caliente a 103° C durante 30 minutos. Adicional al cartucho lana de vidrio o perlas de porcelana. Pesar el matraz de extracción.
15. extraer el aceite y la grasa en un aparato soxhlet, usando freon, a una velocidad de 20 ciclos, por hora durante 40 horas. Tomar el tiempo desde el primer ciclo.
16. enfriar en un desecador durante 30 minutos exactos y pesar.

## Anexo B. Cálculos para Determinación de Aceites y Grasas y Presencia de Nitratos

### CALCULOS

Si el solvente esta libre de residuos, el aumento en peso del matraz de destilación tarado se debe principalmente a grasa y aceites. El aumento total en peso del matraz (A mg) menos el residuo calculado de un testigo de freon (B, mg) en la cantidad de grasas y aceites en la muestra de agua.

Grasas y aceites (mg/lit)= (A-B) \* 1000 / ml. De muestra

$$\left(\frac{mg}{lt}\right) = \frac{(A - B) * 1000}{ml...muestra}$$

Valores para la muestra de anfo filtrada:

Peso antes (g.)	Peso después (g.)	Valor (B) en (mg)	Valor en (A) en (mg)
79.9668	80.0794	79966.8	80082.06
79.9667	80.0786		
79.9669	80.0882		
Observaciones	Se midieron <b>750 ml</b> de la muestra para realizar la prueba de grasas y aceites		

$$\left(\frac{mg}{lt}\right) = \frac{(A - B) * 1000}{ml...muestra}$$

$$\left(\frac{mg}{lt}\right) = \frac{(80082.06 - 79966.8) * 1000}{750ml}$$

(mg / lt) = 153.68

Valores para la muestra de anfo grasas:

Peso antes (g.)	Peso después (g.)	Valor (B) en (mg)	Valor en (A) en (mg)
79.1478	79.3547	79158	79354.53
79.1479	79.3549		
79.1783	79.3540		
Observaciones	Se midieron <b>350 ml</b> de la muestra para realizar la prueba de grasas y aceites		

$$\left(\frac{mg}{lt}\right) = \frac{(A - B) * 1000}{ml...muestra} \quad \left(\frac{mg}{lt}\right) = \frac{(79354.53 - 79158) * 1000}{350ml}$$

$$(mg / lt) = 561.51$$

Valores de nitratos de tres muestras :

\*sustancia liquida de Anfo

Peso antes (g.)	Peso con la muestra (g.)	Peso después del horno (g.)	DIFERENCIA (g)
53.5569	113.4120	83.5124	<b>29.8557</b>
53.5569	113.4119	83.5125	
53.5567	113.4112	83.2123	
Observaciones	Se midieron <b>50 ml</b> de la muestra para realizar la prueba de nitratos presentes en la dilución.		

\*Grasas Anfo

Peso antes (g.)	Peso con la muestra (g.)	Peso después del horno (g.)	DIFERENCIA (g)
49.2641	109.6042	78.7082	<b>29.4701</b>
49.2639	109.6036	78.7070	
49.2638	109.6023	78.7069	
Observaciones	Se midieron <b>50 ml</b> de la muestra para realizar la prueba de nitratos presentes en la dilución.		

\*Pólvora

Peso antes (g.)	Peso con la muestra (g.)	Peso después del horno (g.)	DIFERENCIA (g)
54.8190	112.7148	67.4032	<b>12.5841</b>
54.8189	112.7096	67.4030	
54.8188	112.7196	67.4029	
Observaciones	Se midieron <b>50 ml</b> de la muestra para realizar la prueba de nitratos presentes en la dilución.		



## Anexo C. Protocolo para Determinar Nitratos

### **NITRATOS**

#### **HACH DR/2500**

##### *Nitrate*

*Cadmium Reduction Method. HR (0.3 to 30.0 mg/l NO<sub>3</sub>—N)*

##### *Metodo 8039*

1. touch **hach programs**. Select program 355 N, nitrate HR. touch start.
2. fill a round sample cel with 10 ml of sample.
3. add the contents of one nitra ver 5 nitrate reagent powder pillow. Cap ( this is the prepared sample)
4. touch the timer icon. Touch ok. A one- minute reaction period will begig. Shake the cell vigorously until the timer beeps.
5. when the timer beeps, touch the timer icon. Touch ok. A five- minute reaction periodwill begin. An amber color Hill develop if nitrate is present.
6. when the timer beeps, fill a second round simple cell with 10 ml of simple (this is the blank).
7. wipe the blank and place it into the cell holder.
8. touch zero. The display will show: 0.0 mg/l NO<sub>3</sub>—N
9. within one minute after the timer beeps, wipe the prepared sample and place it into the cell holder. Results will appear in mg/l NO<sub>3</sub>—N

## **HACH DR/2500**

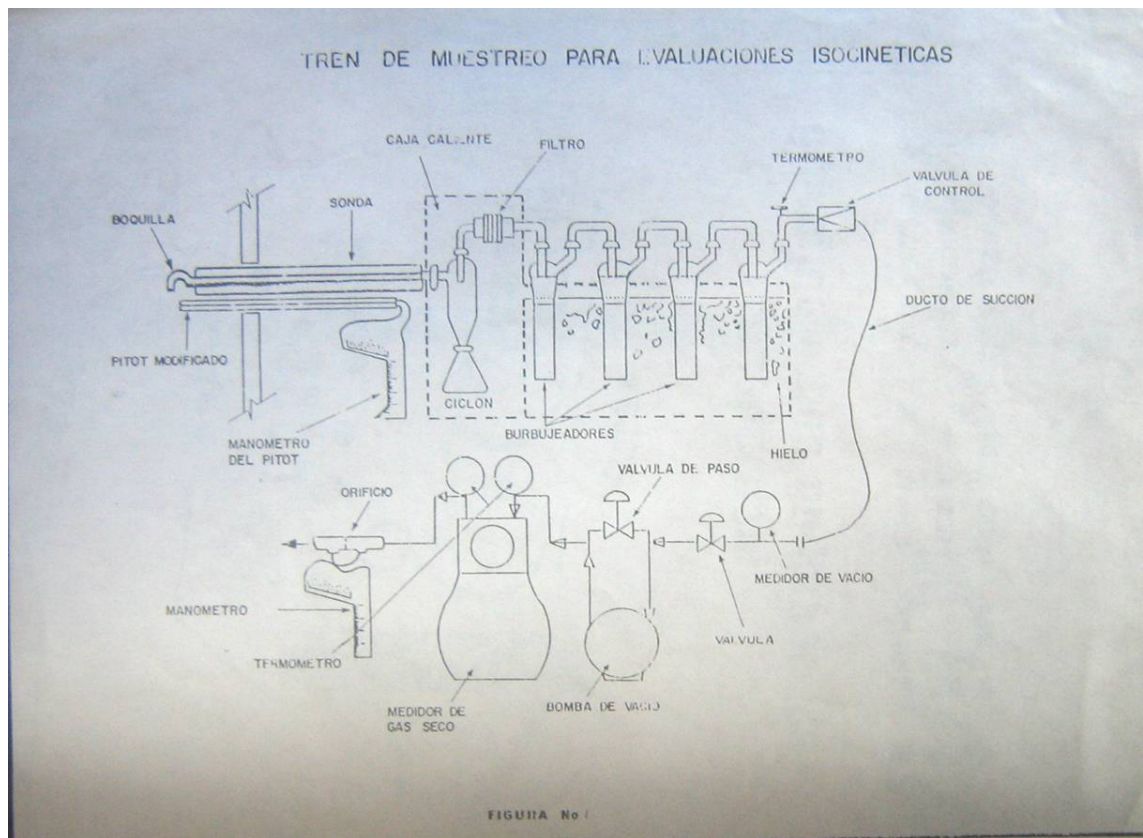
### *Nitrato*

*Método de reducción cadmium HR (0.3 A 30.0 mg/l NO<sub>3</sub>—N)*

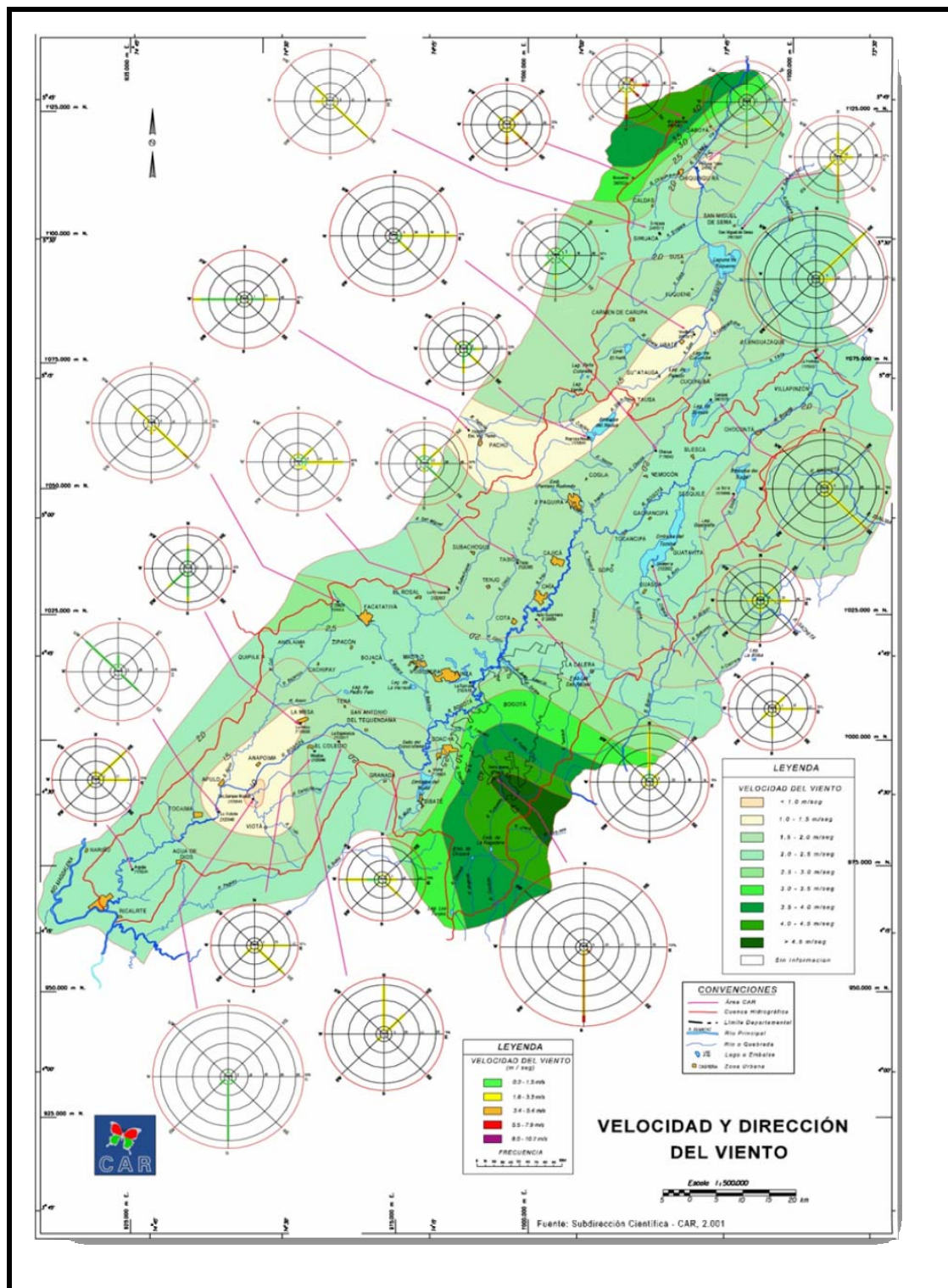
### *Metodo 8039*

1. seleccione el programa 355, nitrate HR. Y darle Start.
2. llenar una celda con 10 ml de muestra.
3. agregar el contenido de una almohadilla del polvo el reactivo del nitrover 5 (ésta es la muestra preparada).
4. tocar el icono del contador de tiempo. Tocar muy bien. Comienza el período de la reacción. Sacudir la celda vigoroso hasta las señales sonoras del contador de tiempo. un minuto
5. cuando el contador de tiempo señala, tocar el icono del contador de tiempo. Tocar muy bien. Un periodo 1 minucioso de la reacción cinco minutos comienza. Un color ambar se convierte si el nitrato está presente.
6. cuando el contador de tiempo señala, llenar una segunda celda simple con 10 ml de muestra (éste es el espacio en blanco).
7. limpiar el espacio en blanco y ponerlo en el sostenedor de la celdas.
8. tocar cero. La exhibición demostrará: 0.0 mg/l NO<sub>3</sub>-N
9. en el plazo de un minuto después de las señales sonoras del contador de tiempo, limpiar la muestra preparada y colocarla en el sostenedor de la celdas. Los resultados aparecerán en mg/l NO<sub>3</sub>-N

## Anexo D. Tren de Muestreo del Medidor de Tres Gases

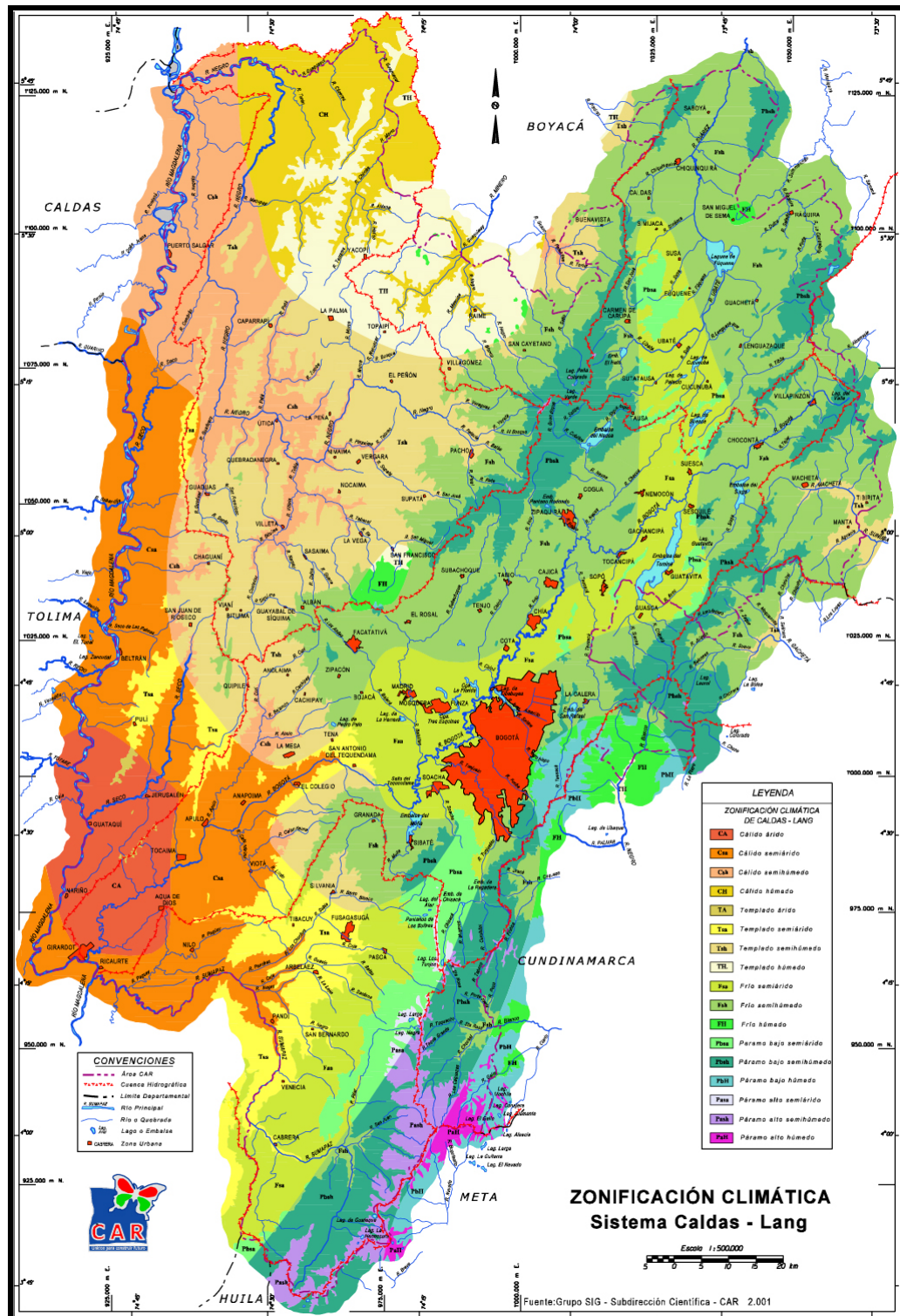


## MAPA N° 1 DIRECCIÓN DEL VIENTO

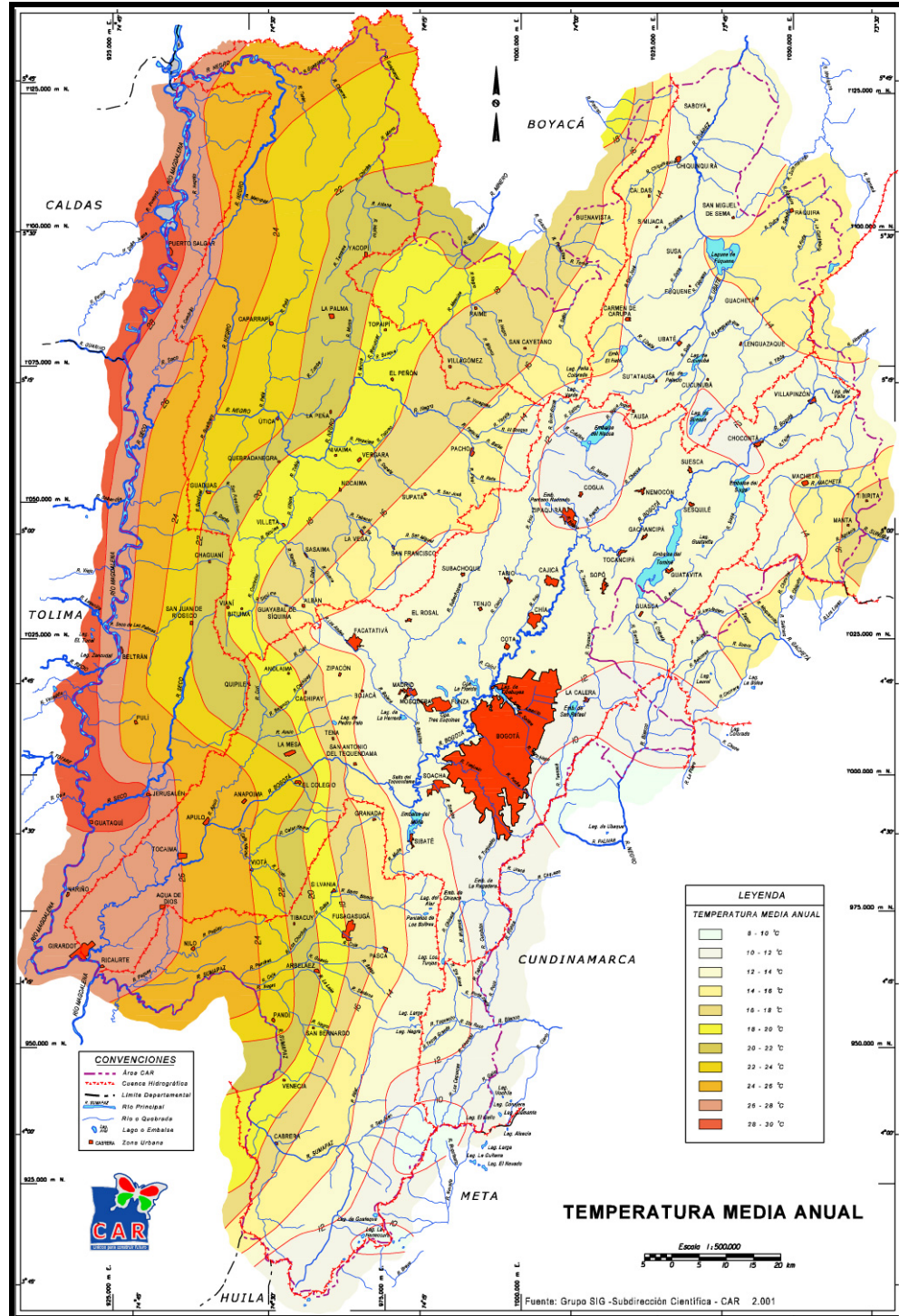




MAPA N° 2 ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA



## MAPA N° 3 TEMPERATURA MEDIA



## **MAPA N° 4 RED HIDROMETEREOLOGICA**



