



# EMULSIONES EXPLOSIVAS EN COLOMBIA

**Relator: Mauricio Cao Rodríguez**



## EMULSIONES

### Definición

---

**Sistema que contiene dos fases líquidas inmiscibles entre sí, una de las cuales se dispersa como pequeñas gotas (fase discontinua) dentro de la otra (fase continua). Este sistema requiere además otras sustancias (emulsificantes) para mejorar su estabilidad.**

# EMULSIONES

## Tipos

---

### Emulsiones aceite en agua (O/W)

La fase dispersa es aceite y la continua es agua.

- Leche

### Emulsiones agua en aceite (W/O)

La fase dispersa es agua y la continua es aceite.

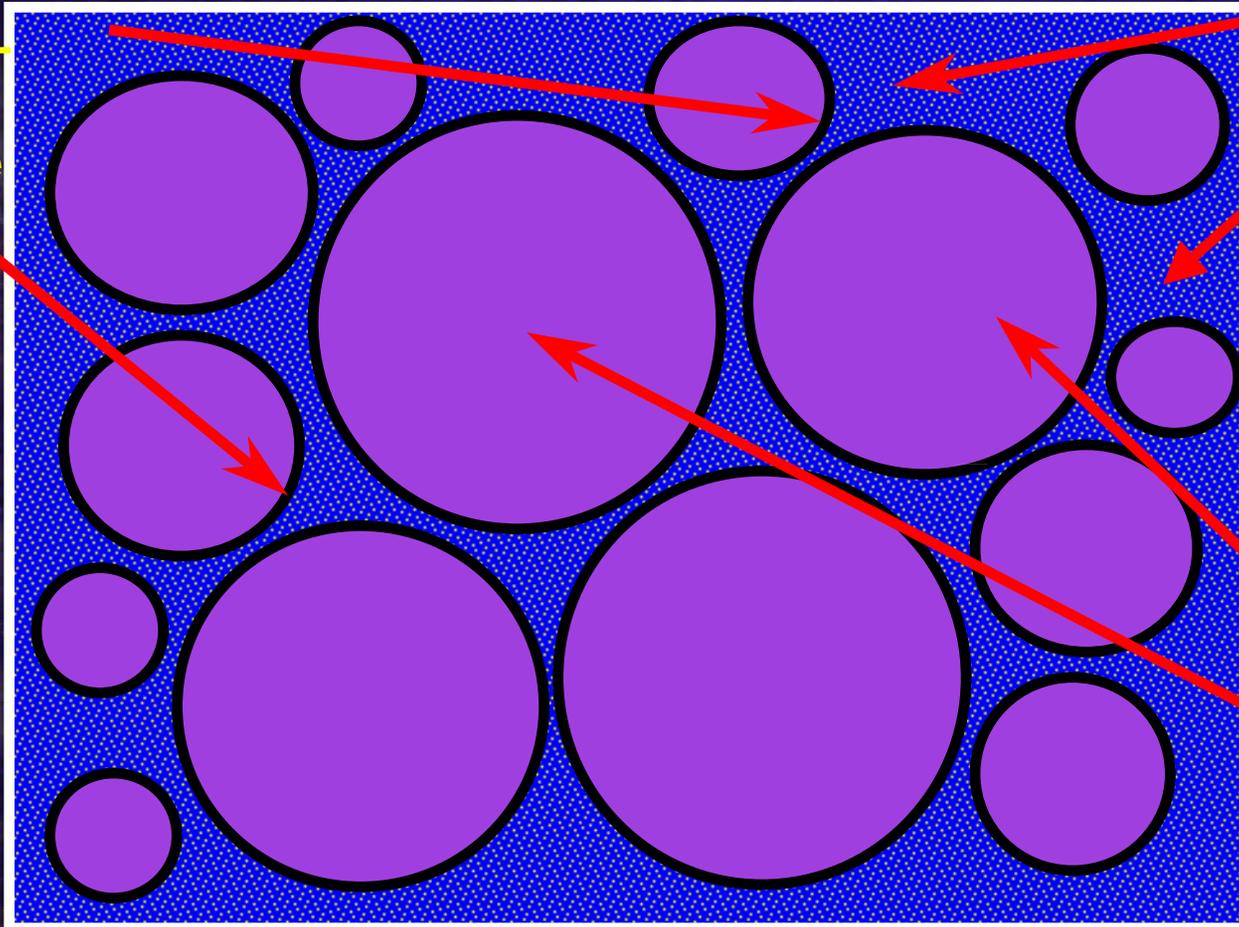
- Mayonesa



# EMULSIONES

## Fases emulsiones w/o

Interfase  
Emulsificante -  
Fase  
acuosa/Aceite



Fase  
aceite

Fase  
acuosa



## EMULSIONES

### Propiedades fisicoquímicas

---

- **Viscosidad**  
Resistencia al flujo de una emulsión (cp)
- **Densidad (gravimétrica)**  
Masa por unidad de Volumen
- **Distribución de tamaño de partículas**  
Tamaño de gotas de la fase discontinua
- **pH**



# EMULSIONES EN LA INDUSTRIA DE EXPLOSIVOS

## Introducción

- La Emulsión es una mezcla de dos líquidos no miscibles denominados fases.
- La primera fase o dispersa contiene el comburente (solución de nitrato de amonio).
- La segunda fase o continua contiene los combustibles y los agentes emulsificantes.
- La fase dispersa esta formada por gotitas.
- El combustible rodea completamente cada gotita de comburente.

## Ingredientes

### Fase oxidante dispersa

- Nitrato de Amonio, Sodio, Calcio
- Agua
- Aditivos



### Fase Combustible continua

- Petróleo, Aceites minerales
- Emulsificantes
- Aditivos

### Otros ingredientes

- Aluminio
- Modificadores de densidad

## EMULSIONES EN LA INDUSTRIA DE EXPLOSIVOS

### Características

---

- Es resistente al agua.
- Es estable ya que el tamaño de la celda es controlable con la viscosidad
- En la emulsión existe un íntimo contacto entre el comburente y el combustible, esto hace que la reacción química sea muy rápida.

## EMULSIONES EN LA INDUSTRIA DE EXPLOSIVOS

### Características

---

- La emulsión es robusta y resistente y mantiene sus propiedades por un período prolongado de acuerdo a su utilización.
- El control de la viscosidad de fabricación permite mayor estabilidad y mayor duración.
- Las emulsiones no son explosivas en si sino que para funcionar como explosivos deben sensibilizarse



## EMULSIONES EN LA INDUSTRIA DE EXPLOSIVOS

### Características

---

- Las emulsiones destinadas a productos encartuchados tienen celdas más finas que las emulsiones de uso a granel y por lo tanto viscosidades también mucho más altas y por ende una estabilidad mas alta.



### EMULSIÓN BASE (MATRIZ)



#### MEZCLA VACIABLE Y/O BOMBEABLES

Se sensibiliza en la perforación

Se carga con camiones  
especializados



#### EMULSIONES EXPLOSIVAS ENCARTUCHADAS

Se sensibiliza en la planta de  
fabricación

Se entrega en cartuchos



# EMULSIONES EN LA INDUSTRIA DE EXPLOSIVOS

## Sensibilización

---

### Definiciones

**Mezcla explosiva:** es aquella que contiene elementos comburentes (generadores de oxígeno) y combustibles íntimamente en contacto. La capacidad de generar una explosión en presencia de una onda de choque dependerá de su grado de sensibilización

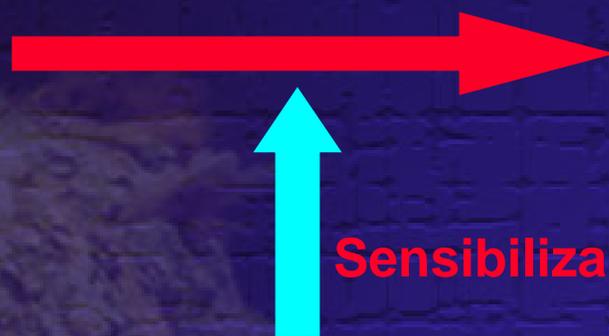
**Sensibilización:** Acción para lograr que una mezcla explosiva pueda explotar bajo determinadas condiciones (diámetro, grado de confinamiento, temperatura, presión, etc.)



# EMULSIONES EN LA INDUSTRIA DE EXPLOSIVOS

## Sensibilización

**EMULSIÓN  
MATRIZ**



- ✓ Alto Explosivo (encartuchadas)
- ✓ Agente de Voladura (a granel)

- **Microesferas huecas**

- Burbujas de vidrio
- Microesferas de cerámica
- Resinas fenólicas

- **Química**

- Gasificación

## EMULSIONES EN LA INDUSTRIA DE EXPLOSIVOS

### Sensibilización por gasificación

- Reacción química que permite generar **burbujas** en el interior de la emulsión.
- La sensibilidad de la mezcla queda determinada por la cantidad de burbujas, el tamaño y la distribución de las mismas.
- El tamaño de las burbujas depende de la velocidad de la reacción. A menor velocidad se obtienen burbujas mas finas y viceversa.
- Las burbujas grandes tienden a salir de la emulsión, lo que provoca con el tiempo una disminución de la sensibilidad.



## EMULSIONES EN LA INDUSTRIA DE EXPLOSIVOS

### Gasificación de productos encartuchados

- La formulación de las emulsiones encartuchadas contiene parafina sólida o cera la que al bajar la temperatura le otorga al producto una gran consistencia
- Una vez encartuchado el producto debe ser sometido a un enfriamiento rápido con agua refrigerada. Se forma una capa externa sólida que impide que las burbujas escapen de la emulsión
- Una vez completado el enfriamiento los cartuchos deben ser secados y encajonados

Enaex

# Emulsión Gasificada





# EMULSIONES EN LA INDUSTRIA DE EXPLOSIVOS

## Proceso de fabricación continua

---

### Plantas con tecnología continua de Enaex

- ❖ **Planta Indumil en Sibaté**
- ❖ **Plantas Enaex Chile**
- ❖ **Planta SAMEX Perú**

Enaex

# EMULSIONES EN LA INDUSTRIA DE EXPLOSIVOS

## Proceso continuo de fabricación de emulsiones

### Diagrama básico de flujo





# PLANTA DE EMULSIONES DE LA INDUSTRIA MILITAR





# PLANTA DE EMULSIONES DE LA INDUSTRIA MILITAR





# PLANTA DE EMULSIONES DE LA INDUSTRIA MILITAR





## EMULSIONES EN LA INDUSTRIA DE EXPLOSIVOS

### Propiedades relevantes de una emulsión

---

1. **Excelente resistencia al agua**
2. **Intimo contacto entre sus ingredientes**
3. **Alta estabilidad de almacenamiento**
4. **Factor de eficiencia energética alta  
( Moleculares 100%, Dinamitas 95%, emulsiones 93%, Anfo 85%, Watergels PD 67%)**

Enaex



## EMULSIONES EN LA INDUSTRIA DE EXPLOSIVOS

### Ventajas sobre un watergel

---

1. **Reducción del factor de carga**
2. **Mayor fragmentación a igual FC**
3. **Mayor grado de avance en minería subterránea**
4. **Menos gases tóxicos**
5. **Periodos de ventilación menores**

Enaex



# Explosivos bombeables

- ❏ El hecho de bombear explosivos en túneles o minería subterránea, no es nuevo. Sin embargo ha tenido una serie de dificultades con respecto a la reproducibilidad de los resultados.
- ❏ Hoy, gracias a la tecnología de control, el bombeo de emulsiones se ha echo una realidad que es confiable y reduciendo los tiempos en el frente con respecto al carguío convencional con explosivos encartuchados

Enaex

## Características de la emulsión

- a. Emulsión de “*Agua en Aceite*”. Balanceada en Oxígeno. No sensibilizada durante su transporte y almacenamiento.
- b. Sensibilización mediante proceso de gasificación.
- c. Gasificación con dos agentes durante el carguío
- d. El explosivo posee Alta Velocidad de Detonación y Alta Eficiencia



# Información Técnica

• Clasificación Emulsión Matriz	No sensibilizada 5.1
• Clasificación Emulsión bombeada	Explosivo 1.5
• Energía Efectiva a 20Mpa	2.5 MJ/kg
• Energía Efectiva Relativa a 20Mpa	85% (Anfo = 100)
• Resistencia al agua	Excelente
• Shelf Life	4-6 Semanas
• Rebombeabilidad aprox.	5 veces
• Viscosidad Emulsión Matriz	200.000 - 250.000 cP
• Viscosidad Emulsión bombeada	> 300 000 cP
• Densidad Emulsión Matriz	1.33 g/cm <sup>3</sup>
• Rango Emulsión bombeada	1.10 -1.18 g/cm <sup>3</sup>
• Velocidad de Detonación	> 5000 m/sec
• Diámetro Critico	22 mm ( 7/8")



# ¿Por qué Usar Sensibilización Química?

## Seguridad

- Seguridad durante la Fabricación
- Seguridad durante el Transporte
- Seguridad durante el Almacenamiento
- Seguridad durante la Transferencia
- Seguridad durante el Bombeo



# Gasificación

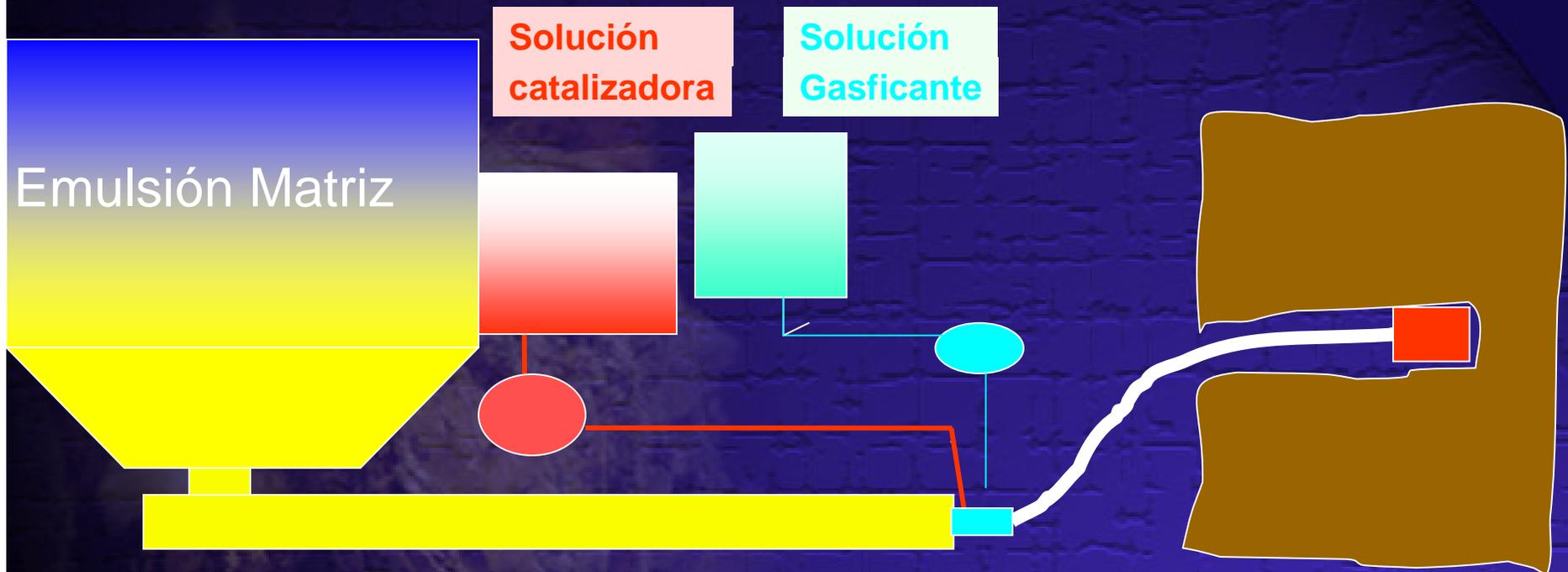
- a) Mediante esta reacción química se generan ***burbujas de nitrógeno*** que bajan la densidad a un nivel tal que la emulsión se sensibiliza convirtiéndose en explosivo.
- b) La sensibilidad y la velocidad de detonación quedan determinadas por el tamaño y la distribución de las burbujas.
- c) El control de la gasificación se efectúa mediante un **PLC** (Programmable Logic Controller).

# UNIDAD DE BOMBEO EN TÚNEL UBT

- ✓ El UBT fue desarrollado para fabricar y bombear emulsiones explosivas en perforaciones horizontales de manera simple y segura.
- ✓ El explosivo se genera pasados quince minutos de bombeada la emulsión.
- ✓ Durante el transporte, la transferencia y el bombeo se manipula un producto insensible.



# Sistema de Gasificación de dos Componentes



**El Producto se sensibiliza sólo después de ser bombeado en la perforación**

# Funcionamiento como explosivo

## Se caracteriza por:

- Sensibilidad adecuada al iniciarse con iniciadores de bajo gramaje de pentolita
- Mejora la Desensibilización al choque
- Mejora las Características de los Gases generados post explosión



# Equipo UBT.





# Equipo UBT.

28/03/2005 INICIO - Espera Iniciar Operación 12:02:53

**OPERACIÓN DE BOMBEO**

Producto: EMULSION PDBG Disparo: 12  
Cargar: 0,0 Kgs Perforación: 1 Tipo: N  
Carga: c/ Llenado Postura VENTANA 1

% Nitrito 0,0 NORMAL	% Ácido 0,0 NORMAL	Presión 29,7 psi NORMAL	Cargado 0,0 Kgs
----------------------------	--------------------------	-------------------------------	--------------------

¿ Iniciar disparo con datos ingresados ?

VOLVER INICIAR

STOCKS VISTA 2 ACK

28/03/2005 OPERACIÓN - Espera Iniciar Bombeo 12:09:44

**OPERACIÓN DE BOMBEO**

Producto: EMULSION PDBG Disparo: 12  
Cargar: 0,0 Kgs Perforación: 1 Tipo: N  
Carga: c/ Llenado Postura VENTANA 1

% Nitrito 0,0 NORMAL	% Ácido 0,0 NORMAL	Presión 29,7 psi NORMAL	Cargado 0,0 Kgs
----------------------------	--------------------------	-------------------------------	--------------------

¿ Iniciar bombeo o finalizar disparo ?

PARTIR FINALIZAR

STOCKS VISTA 2 ACK

28/03/2005 OPERACIÓN - Espera Iniciar Bombeo 12:21:27

**OPERACIÓN DE BOMBEO**

% Nitrito 4,9 NORMAL	% Ácido 4,5 NORMAL	Presión 29,7 psi NORMAL
----------------------------	--------------------------	-------------------------------

¿ Iniciar bombeo o finalizar disparo ?

Cargado 0,0 Kgs

PARTIR FINALIZAR

VISTA 1 ACK

28/03/2005 IMPRESIÓN - Espera orden de lectura o ir... 12:22:57

**REPORTES DE OPERACIÓN**

Producto: EMULSION PDBG Disparo: 12  
Operador: Superuser Fecha: 28 / 3 / 5  
Perforaciones: 1 Postura VENTANA 1

ID Disparo: 1

ANTERIOR SIGUIENTE

IMPRIMIR

SALIR

Pantallas de operación del equipo



# Equipo UBT en operación.





# Aspectos destacados del UBT

## En SEGURIDAD

- I. **Dispone de un Sistema de control de operación de la bomba que incluye:**
  - & **Interruptor de Alta y Baja Presión**
  - & **Interruptor por Alta Temperatura**
  - & **Disco de Ruptura**



# Aspectos destacados del UBT

## En SEGURIDAD

- ii. **La Manguera usada en el Bombeo de Emulsión Gasificada está muy próxima al diámetro Crítico. Esto reduce la Probabilidad de Propagación hacia la Unidad de Bombeo en caso de producirse una Detonación del Booster.**
- iii. **La Emulsión es un Producto *No-Explosivo* antes de entrar a la Perforación.**

# Beneficios para el usuario

- ☞ Seguridad - Reducción del volumen de explosivos almacenados en el lugar. Sólo iniciadores y detonadores
- ☞ Transporte interno – Es manejado y transportado como material normal.
- ☞ Límites de Almacenamiento – No se aplican. Desaparecen los círculos de protección. No se requiere construir polvorines.
- ☞ Eficiencias de Mano de Obra – Se reduce el personal encargado de las operaciones de Perforación y Voladura.
- ☞ Ciclos de Tiempos – Se reducen considerablemente



# Beneficios para el usuario

- 📄 Mayor Resistencia al Agua – Permite tener una gran flexibilidad de uso.
- 📄 Mayor VOD – Permite mejorar paredes y techos. Mejora la Fragmentación.
- 📄 Generación de Gases – Se Reducen notoriamente.
- 📄 Sistema Tecnológicamente Avanzado – Es aceptado con rapidez. Influye en los costos de otras áreas involucradas.



---

# Muchas Gracias

