



MANUAL PARA EXPLOSIVOS INDUSTRIALES

ADVERTENCIA



Los explosivos (encartuchados y de suministro a granel) y accesorios de voladura (sistemas de iniciación, cordones detonantes, multiplicadores tipo Pentofex, etc) deben ser transportados, almacenados y manejados por personal competente. La Industria Militar en cada unidad de empaque, suministra los informativos con los instructivos de uso y las recomendaciones para su adecuada clasificación e identificación; advertencias de seguridad y medios de comunicación de contacto en caso de dudas o emergencias.

Recuerde: siga siempre las recomendaciones del fabricante.

POLÍTICA DE GESTIÓN INTEGRAL

Innovar y suministrar bienes y servicios con la calidad y oportunidad requeridos, aumentando la confianza y satisfacción de los grupos sociales objetivo, mediante el uso racional de los recursos, cumpliendo las leyes, la normatividad vigente y el Manual de Gestión Integral, impactando en los resultados que permitan superar permanentemente las metas y desafíos a través de la gestión integral de sus sistemas de calidad, ambiental, seguridad y salud en el trabajo (SST), seguridad de la información, competencia de los laboratorios de ensayo y calibración, control y seguridad de la cadena de suministro, Modelo Integrado de Planeación y Gestión (MIPG) y responsabilidad social.

Mediante el mejoramiento continuo dinamizar la excelencia empresarial con fundamento en nuestra misión, visión, políticas, principios y valores, previniendo la contaminación, lesiones y enfermedades, brindando a los trabajadores un ambiente sano, confortable y seguro para eliminar los peligros, mitigar los riesgos de SST y facilitar la consulta y participación tanto de los colaboradores como de los representantes de los trabajadores, fomentando el crecimiento del capital intelectual y humano para hacer personas íntegras y comprometidas con el desarrollo sostenible de la organización, la integridad, disponibilidad y confidencialidad de la información, así como la prevención de la corrupción, el soborno y la ejecución de actividades ilícitas, contribuyendo así a los propósitos fundamentales del Estado.

Almirante (RA) Hernando Wills Vélez
Gerente General Industria Militar

INDUGEL PLUS AP

Es un explosivo de alta potencia tipo hidrogel aluminizado, con sustancias gelificantes, que evitan la segregación de los ingredientes oxidantes y combustibles sensibilizados en la mezcla; sensibles al detonador común número 8, con excelente resistencia al agua, alta energía específica, produce humos de clase 1. No contiene nitroglicerina. Diseñado para voladuras en pequeños diámetros, en rocas duras y semi-duras con presencia de agua. Sus aplicaciones más comunes son explotación de minerales, obras de construcción, demolición de edificios e infraestructuras civil y en voladuras subterráneas, con adecuada ventilación en ausencia de gas grisú y polvo de carbón.

FÍSICAS

Densidad (g/Cm ³)	1,20 ± 0,003
Resistencia a la humedad E	Excelente
Diámetro crítico (mm)	19

BALÍSTICAS

Velocidad de detonación (m/s) (*)	4.500 ± 500
Potencia absoluta en volumen RBS (**)	1,43

(*) Medido al aire sin confirmar

Tamaño del cartucho Diámetro x Longitud (mm x mm)	Cartuchos por caja (Unidades)	Peso del cartucho (g)
26 x 250	154	162 ± 7
32 x 250	102	245 ± 10
38 x 250	72	347 ± 14
44 x 250	54	462 ± 18



INDUGEL PLUS PM

Explosivo tipo hidrogel aluminizado, con sustancias gelificantes que evitan la segregación de las sustancias oxidantes y combustibles sensibilizados en la mezcla; sensible al detonador eléctrico permisible con excelente resistencia al agua y alta energía específica. Presenta confiabilidad a temperatura por debajo de 0°C y seguridad en el manejo debido a su baja sensibilidad al roce y al impacto. Empleado en la minería subterránea con posible presencia de gas grisú y polvo de carbón. Produce humos permisibles de acuerdo a la agencia MSHA (Mine Safety and Health Administration)

FÍSICAS

Densidad (g/Cm ³)	1,20 ± 0,003
Resistencia a la humedad E	Excelente
Diámetro crítico (mm)	19

BALÍSTICAS

Velocidad de detonación (m/s) (*)	4.500 ± 500
Potencia absoluta en volumen RBS (**)	1,25

(*) Medido al aire sin confirmar

Tamaño del cartucho Diámetro x Longitud (mm x mm)	Cartuchos por caja (Unidades)	Peso del cartucho (g)
32 x 250	102	245 ± 10



EMULIND - E

Es un explosivo de alta potencia sensible al detonador común No8, fabricado a base de nitrato de amonio y nitrato de sodio con una fase oxidante y una fase aceite – combustible (Aceite mineral, parafinas y ceras con aditivos emulsificantes) y sensibilizada física y químicamente.

Es empleado en minería y obras civiles, especialmente diseñadas para voladuras en pequeños diámetros, en rocas duras y semiduras con presencia de agua. Sus aplicaciones más comunes son explotación de minerales, obras de construcción, demolición de edificios e infraestructura civil y en voladuras subterráneas con adecuada ventilación en ausencia a gas grisú y polvo de carbón.

FÍSICAS

Densidad (g/Cm ³)	1,16 ± 0,06
Resistencia a la humedad E	Excelente
Diámetro crítico (mm)	22

BALÍSTICAS

Velocidad de detonación (m/s) (*)	4.600 ± 600
Potencia absoluta en volumen RBS (**)	1,44

(*) Medido al aire sin confirmar

Diámetro x Longitud (mm x mm)	Unidades / caja
26 mm x 250 mm	164
32 mm x 250 mm	106
38 mm x 250 mm	78
44 mm x 250 mm	54



PRECORTE

Es un explosivo tipo hidrogel aluminizado, con sustancias gelificantes que evitan la segregación de los ingredientes oxidantes y combustibles. Es de bajo poder rompedor y baja velocidad de detonación. No contiene nitroglicerina. Empleado en voladuras controladas en donde se necesita obtener perfiles de roca estables y sin sobre-excavación, en túneles, canteras y carreteras, con el fin de obtener taludes determinados, excavaciones para cimentaciones y en trabajos especiales en las que se requiere tener secciones con acabado liso y cortes precisos, sin dañar la roca circundante. Es sensible a la iniciación con los detonadores común, eléctrico, no eléctrico y electrónico mínimo fuerza 8.

FÍSICAS

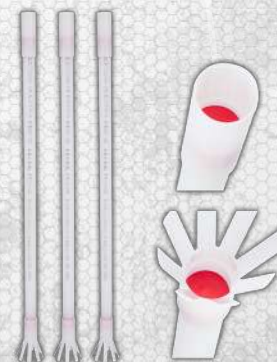
Densidad (g/cm)	1,03 ± 0,01
Resistencia a la humedad E	Excelente
Diámetro crítico (mm)	22

BALÍSTICAS

Velocidad de detonación (m/s) (*)	3.400 ± 500
Potencia absoluta en volumen RBS (**)	1,25

(*) Medido al aire sin confirmar

Tamaño del Tubo	Cartuchos por caja	Peso del cartucho
Diámetro x Longitud (mm x mm)	(Unidades)	(g)
22 x 500	100	157 ± 10



SISMIGEL PLUS

Es un explosivo tipo hidrogel aluminado, con pentrita y sustancias gelificantes, que evitan la segregación de los ingredientes oxidantes y combustibles sensibilizados en la mezcla, sumergible en agua. Su manejo es muy seguro debido a su baja sensibilidad al roce y al impacto. No contiene nitroglicerina. Diseñado para labores de prospección sísmica petrolera a diferentes profundidades. Se puede utilizar en presencia de agua. Tiene una alta velocidad de detonación, generando pulsación de una energía sísmica fuerte, aguda y buena definición. Para su iniciación requiere el uso de detonadores sísmográficos.

FÍSICAS

Densidad (g/Cm ³)	1,22 ± 0,02
Resistencia a la humedad	Excelente
Resistencia a la presión hidrostática (2kgf/cm ² por 24h)	Buena

BALÍSTICAS

Velocidad de detonación (m/s) (*)	5.500 ± 500
Potencia absoluta en volumen RBS (**)	1,33

(*) Medido al aire sin confirmar



ANFO

Es un explosivo tipo agente de voladura conformado por una mezcla de nitrato de amonio, biodiesel o mezcla de hidrocarburos, sensible a la iniciación por un multiplicador (pentofex) con poca resistencia a la humedad e inadecuado para operaciones subterráneas. Es muy seguro durante su manipulación y uso. Permite ser cargado en forma manual o neumática en los barrenos.

Es empleado en voladuras a campo abierto tales como: minería o explotación de rocas blandas o semiduras en canteras y en obras civiles. Se emplea como explosivo de carga de columna.

FÍSICAS

Densidad (g/Cm ³)	0,85 ± 0,05
Resistencia a la humedad E	Ninguna
Diámetro crítico (mm)	50

BALÍSTICAS

Velocidad de detonación (m/s) (*)	3.000 ± 300
Potencia absoluta en volumen ABD (Teórico) (cal/cm ³)	757
Potencia absoluta en peso AWS (Teórico) (cal/g) 8	90

(*) Medido en tubo de PVC de 4 pulgadas iniciado con multiplicador Pentofex de 337,5g

PRODUCTO

ANFO FEJAR

EMBALAJE

Sacos de 25 kg



INDUGEL AV - 800

Es un explosivo – agente de voladura tipo hidrogel a base de nitrato de amonio con una composición de sustancias gelificantes, que evitan la segregación en agua de los componentes presentes en la mezcla. Requiere un multiplicador Pentofex para su iniciación. Fácilmente sumergible en agua y con alta energía específica. Presenta gran seguridad en su manejo debido a su baja sensibilidad, al roce y al impacto. No contiene nitroglicerina. Empleado en explotaciones a cielo abierto (de rocas blandas a semiduras) y en minería, con presencia de agua.

FÍSICAS

Densidad (g/Cm ³)	1,24 ± 0,01
Resistencia a la humedad	Buena
Diámetro crítico (mm)	50

BALÍSTICAS

Velocidad de detonación (m/s) (*)	4.000 ± 200
Potencia absoluta en volumen RBS (**)	1,43

(*) Medido al aire sin confinar iniciado con multiplicador Pentofex de 337,5g

Tamaño del Tubo Diámetro x Longitud (mm x mm)	Cartuchos por caja (Unidades)	Peso medio cartucho (g)
85 x 460	8	3.125



EMULIND - B

Es un explosivo-Agente de voladura de tipo emulsión bombeable, con una fase oxidante a base de nitrato de amonio y nitrato de sodio y una fase combustible con emulsificantes la cual es sensibilizada con aditivos químicos. Para su iniciación requiere un multiplicador de gramaje de pentolita. Tiene alta velocidad de detonación y excelente resistencia al agua. Se carga a granel en forma mecanizada o por medio de vehículos UBT especializados para usar en obras civiles subterráneas.

FÍSICAS

Densidad (g/Cm ³)	1,15 ± 0,05
Viscosidad cP a 20° C2	150000
Resistencia a la humedad	Excelente
Diámetro Crítico (mm)	25

BALÍSTICAS

Velocidad de detonación (m/s) (*)	5.300 ± 300
Potencia absoluta en volumen RBS (**)	1,05

(*) En tubo de PVC 4 pulgadas,
con multiplicador de 337,5g



EMULIND - S

Es un explosivo-agente de voladura del tipo emulsión bombeable, con fase oxidante a base de nitrato de amonio y nitrato de calcio y una fase combustible con emulsificante la cual es sensibilizada con micro balones. Para su iniciación requiere un multiplicador de bajo gramaje de pentolita. Tiene alta velocidad de detonación y excelente resistencia al agua. Se carga a granel en forma mecanizada con vehículos cargadores especializados para usar en la gran minería a cielo abierto.

FÍSICAS

Densidad (g/Cm ³)	1,22 ± 0,02
Viscosidad (cP) a 20° C3	20000 ± 2000
Resistencia a la humedad	Excelente
Diámetro Crítico (mm)	102

BALÍSTICAS

Velocidad de detonación (m/s) (*)	5.200 ± 200
Potencia absoluta en volumen RBS (**)	1,23

(*) En tubo de PVC 4 pulgadas,
con multiplicador de 337,5g

EMULSIÓN GRAN MINERÍA

Es un explosivo-agente de voladura del tipo emulsión bombeable, fabricado para la gran minería con fase oxidante a base de nitrato de amonio y una fase combustible con emulsificante la cual es sensibilizada con micro esferas. Para su iniciación requiere un multiplicador de pentolita. Tiene alta velocidad de detonación y excelente resistencia al agua. Se carga a granel en forma mecanizada con vehículos cargadores especializados para usar en la gran minería a cielo abierto.

FÍSICAS

Densidad (g/Cm ³)	1,21 ± 0,01
Viscosidad (cP) a 20° C3	50000 ± 5000
Resistencia a la humedad	Excelente

BALÍSTICAS

Velocidad de detonación (m/s) (*)	5.000 ± 200
Potencia absoluta en volumen RBS (**)	1,05

(*) En tubo de PVC 4 pulgadas,
con multiplicador de 337,5g



CORDÓN DETONANTE

Explosivo que consta de un núcleo constituido por un alto explosivo: Pentrita (PETN) protegido por papel, capas de hilo y PVC para garantizar resistencia a la humedad, tracción y abrasión. Es utilizado como accesorio de voladura, iniciador e intercomunicador de barrenos entre sí para trabajos de corte y voladuras especiales. Es empleado como línea principal de transmisión, puede iniciar cualquier cantidad de líneas adicionales conectadas con nudo hasta formar una malla. Este producto está diseñado como elemento transmisor de onda detonante desde un punto a otro o de una carga explosiva a otra. Posee excelente resistencia al agua, siempre y cuando se preserve su revestimiento plástico. El cordón detonante de 38 g/m se utiliza específicamente en explosivo precorte y recorte en tunelería.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Presentación	3, 6, 12 y 38 g/m
--------------	-------------------

FÍSICAS

Impermeabilidad a la presión hidrostática 3kgf/cm ²	Excelente (Máximo 1% ganancia de agua)
--	---

BALÍSTICAS

Velocidad de detonación (m/s)	7.000 ± 300
Resistencia de la tensión (kg-f)	70 para 3, 6 y 12 (g/m) y 90 para 38 (g/m)

GRAMAJE	COLOR	METROS POR BOBINA	BOBINA POR CAJA	METROS POR CAJA
C.D. 3 g/m	Naranja	500	2	1000
C.D. 6 g/m	Azul	300	2	600
C.D. 12 g/m	Rojo	250	2	500
C.D. 38 g/m	Amarillo	100	2	200



MECHA DE SEGURIDAD

Es un explosivo accesorio de voladura conformado por un núcleo de pólvora negra recubierto de papel, varias capas de hilo de algodón, asfalto y una capa de PVC para garantizar impermeabilidad, flexibilidad y resistencia a la abrasión.

Este accesorio transmite una llama o fuego, a una velocidad conocida y constante para iniciar un detonador común, que explota y se encarga de sensibilizar explosivos que estén en contacto con él. Se emplea como medio de iniciación del detonador numero 8 fijado en uno de sus extremos. La mecha de seguridad tiene un tiempo de combustión por unidad lineal requerido para protección de la persona explosivista que realiza la iniciación de la voladura. Sensible bajo ciertas condiciones al golpe, fricción, chispa o fuego.

FÍSICAS

Densidad de carga (g/m)	5,0
Resistencia a la humedad	Excelente
Longitud de mecha por bobina (m)	250 ± 2
Diámetro exterior	5.0 ± 0.2

BALÍSTICAS

Tiempo de combustión (s/m) a 2565 m.s.n.m.	130 ± 13
Alcance de llama (mm)	50 mínimo

METROS POR BOBINA	BOBINAS POR CAJA	METROS POR CAJA
250	2	500



PENTOFEX

Es un explosivo multiplicador de base de pentolita con alta densidad, velocidad y presión de detonación. Los multiplicadores Pentofex son formulados con una mezcla de TNT y pentrita (PETN) de la más alta calidad que asegura confiabilidad, consistencia y durabilidad en los ambientes de voladura. Se emplean para iniciar la detonación de los agentes de voladura (explosivos que no se pueden iniciar al detonador). Es sensible a la iniciación con los detonadores común, eléctrico, no eléctrico y electrónico mínimo fuerza 8.

FÍSICAS

Densidad (g/cm ³)	1,60 ± 0,01		
Diámetro de tubo	337,5g	450g	80g
	50 ± 0.56	0.6 ± 0.5	33 ± 0.2
Resistencia a la presión hidrostática a (2kgf/cm ² por 24h)	Excelente		

BALÍSTICAS

Velocidad de detonación (m/s)	6.700 ± 200		
Presión de detonación (kbar)	80 (mínimo)		
	(perforar placa de acero de ½ pulgadas)		
Sensibilidad al detonador No.8	Positiva		

TIPO	PESO POR UNIDAD (g)	UNIDADES POR CAJAS
E-1	337.5	50
E	450	40
Minibooster	80	180



DETONADORES NO ELECTRICOS

Sistema conformado por un tubo de polietileno exterior y polisulrlyn interno con una capa de HMX/polvo de aluminio, que lleva una señal o pequeña onda de detonación a un detonador para conformar un mecanismo de iniciación.

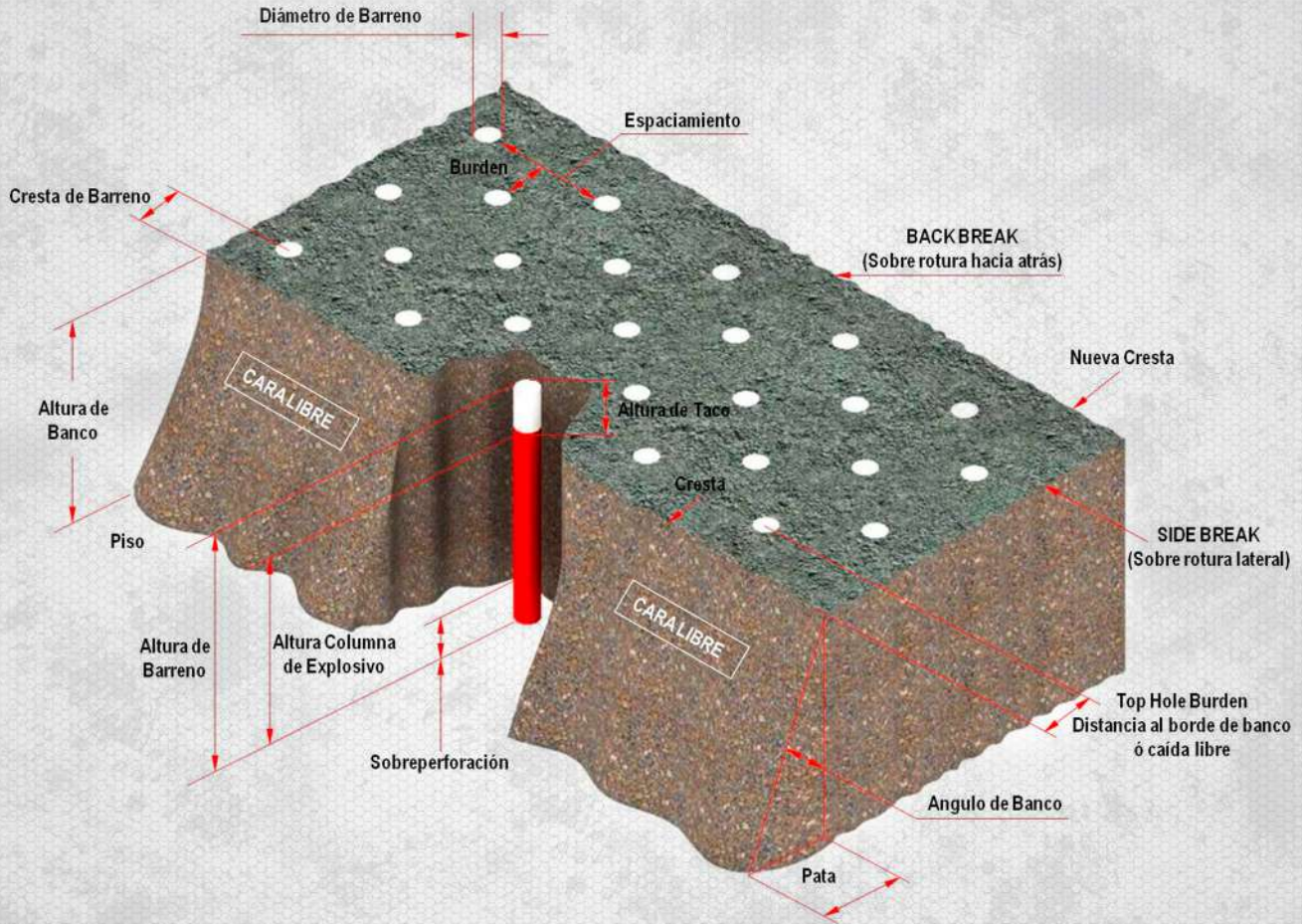
CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD	UNIDADES	REQUISITOS
Carga tubo de choque	g/m	0,016 ± 0,005
Velocidad de señal	m/s	2000 ± 200
Resistencia a la tensión	kgf	30 Máx.
Resistencia a la elongación	%	300

Nº RETARDO | SERIE MS | SERIE LP

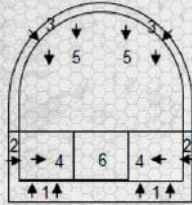
0	Inst.	Inst.
1	25	200
2	50	400
3	75	600
4	100	1.000
5	125	1.400
6	150	1.800
7	175	2.400
8	200	3.000
9	250	3.800
10	300	4.600
11	350	5.500
12	400	6.400
13	450	7.400
14	500	8.500
15	600	9.600
16	700	
17	800	
18	900	
19	1.000	
20	1.100	
21	1.200	
22	1.300	
23	1.400	
24	1.500	
25	1.600	
26	1.700	
27	1.800	



TERMINOLOGÍA USADA PARA DISEÑO DE VOLADURA A CIELO ABIERTO



TERMINOLOGÍA Y CÁLCULOS USADOS PARA DISEÑO DE VOLADURA SUBTERRANEA

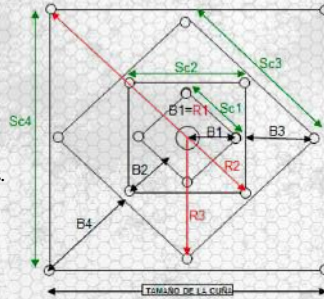


TIPOS DE BARRENOS



ZONAS DE VOLADURA

CUÑA QUEMADA DE BARRENOS PARALELOS



1. Barrenos de piso.
2. Barrenos de costilla (tabla).
3. Barrenos de contorno (techo).
4. Barrenos auxiliares (horizontales).
5. Barrenos auxiliares (verticales).
6. Barrenos de cuña

$$DH = dH\sqrt{N}$$

DH = Diámetro equivalente en un solo barreno vacío.

dH = Diámetro de los barrenos vacíos.

N = Número de barrenos vacíos.

Cuadro N°	1	2	3	4
B=	1,50 D _H	2,12 D _H	4,50 D _H	9,54 D _H
R=	1,50 D _H	3,18 D _H	6,75 D _H	14,31 D _H
Sc=	2,12 D _H	4,50 D _H	9,54 D _H	20,23 D _H
T=	1,50 D _H	1,060 D _H	2,25 D _H	4,77 D _H
REVISAR	El número de secciones parará cuando se cumpla $Sc = \sqrt{L}$ L = Profundidad de avance			

CÁLCULO EN TUNELERÍA

N° Barrenos = $10 \sqrt{A HT}$ Donde A = Ancho de túnel HT = Altura del túnel

PROFUNDIDAD DEL BARRENO ESPERADO	$H = (DH + 16,5) / 41,67$	H en m; DH en mm
PROFUNDIDAD DE AVANCE	$L = 0,95 H$	L en m
BURDEN DE BARRENOS AUXILIARES DE PISO Y DE CONTORNO	$B = 0,012((2SGe/SGr)+1,5)De$	SG gravedad específica de Diámetro explosivo en mm
ESPACIAMIENTO BARRENOS AUXILIARES	$S = 1,1 B$	S en mm; B en m
TACO EN BARRENOS AUXILIARES	$T = 0,5 B$	T en mm
ESPACIAMIENTO BARRENOS DE PISO	$S = 1,1 B$	S en mm; B en m
TACO EN BARRENOS DE PISO	$T = 0,2 B$	T en mm
ESPACIAMIENTO BARRENOS DE CONTORNO (COSTILLA Y TECHO)	$S = 1,1 B$	S en mm; B en m
TACO ENBARRENOS DE CONTORNO (COSTILLA Y TECHO)	$T = B$	T en mm

CÁLCULO EN VOLADURA A CIELO ABIERTO

PARÁMETROS	KONYA		TÉCNICA SUECA
BURDEN	$B = 0,012((2SGe/SGr)+1,5)De$	$B = 8 \times 10^{-3} De (ABS/\rho r)^{1/2}$ ρr densidad de la roca en g/cm ³	$B = 45 De$
ESPACIAMIENTO	$S = 1,4B$ Iniciación retardada y bancos altos	$S = (L+2B)/3$ Iniciación instantánea y bancos bajos	$S = (L+7B)/8$ Iniciación retardada y bancos
SOBRE-PERFORACIÓN	$J = 0,3B$	Los barrenos por lo general no rompen la profundidad total, por lo que es necesario perforar más allá del nivel del piso o cota a la cual se quiere llegar.	
MÓDULO DE RIGIDEZ	$H/B > 3$ Buena fragmentación $H/B = 4$ Excelente fragmentación	$L =$ altura de banco $H =$ profundidad del barreno	No disponible
TACO	$T = 0,7B$	El taco es un material inerte y sirve para el confinamiento de los gases de la explosión, controla la sobrepresión y las proyecciones (flyrock). La longitud del taco es igual al burden solamente cuando se utiliza detrito de perforación muy fino.	
MATERIAL DEL TACO	$\Phi = De(mm) / 20$	Material muy fino no se mantiene en el barreno durante la detonación, el material muy grueso deja orificios y puede ser expulsado fácilmente.	

EXEL HANDIDET

Color Conector	Si el Tiempo en Superficie es (ms)
Amarillo	17
Rojo	25
Negro	35
Blanco	42
Naranja	50
Violeta	65
Negro	100
Azul	125
Azul	150
Azul	200

TEXTO BREVE DE MATERIAL	
EXEL HANDIDET 3.6M 17/500MS	
EXEL HANDIDET 3.6M 25/1000MS	
EXEL HANDIDET 3.6M 25/500MS	
EXEL HANDIDET 6.1M 25/1000MS	
EXEL HANDIDET 6.1M 25/300MS	
EXEL HANDIDET 10.9M 17/500MS	
EXEL HANDIDET 10.9M 25/500MS	
EXEL HANDIDET 12.2M 17/1000MS	
EXEL HANDIDET 12.2M 25/500MS	
EXEL HANDIDET 12.2M 65/500MS	
EXEL HANDIDET 12.2M 17/500CO	
EXEL HANDIDET 12.2M 42/500 MS	
EXEL HANDIDET 18.2M 25/500MS	
EXEL HANDIDET 18.2M 25/700MS	
EXEL HANDIDET 18.2M 50/700MS	
EXEL HANDIDET 18.2M 35/500CO	
EXEL HANDIDET 30.4M 25/700MS	
EXEL HANDIDET 30.4M 35/700CO	

Longitud	Unid./caja
Metros (m) Pies (ft)	1.1B
3,6	12 150
6,1	20 120
10,9	34 70
12,2	40 60
18,2	60 40
30,4	100 15



EXEL CONNECTADET

Tiempo Nominal (ms)	Etiqueta	Tiempo Nominal (ms)	Etiqueta
9	Verde	65	Violeta
17	Amarillo	100	Negro
25	Rojo	125	Azul
35	Negro	150	Azul
42	Blanco	200	Azul
50	Naranja		

Longitud	Unid./caja
Metros (m) Pies (ft)	1.1B
3,6	12 150
4,2	14 120
4,8	16 120
6,1	20 120
7,3	24 100
9,1	30 80
10,2	34 70
12,2	40 60
15,2	50 50

Longitud (carrete)	Unid./Caja
Metros (m) Pies (ft)	1.1B
30	100 15
200	656 2
300	984 2
500	1640 2



EXEL MS

Número	Tiempo Nominal (ms)	Número	Tiempo Nominal (ms)
1	25	13	450
2	50	14	500
3	75	15	600
4	100	16	700
5	125	17	800
6	150	18	900
7	175	19	1000
8	200	20	1100
9	250	21	1200
10	300	22	1300
11	350	23	1400
12	400		

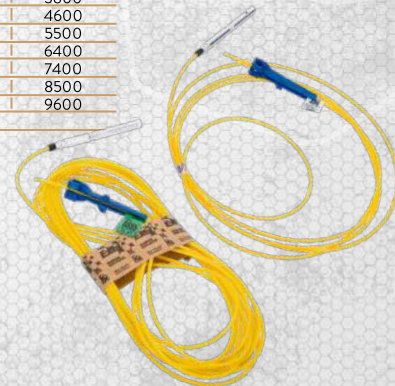
Longitud	Unid./caja
Metros (m) Pies (ft)	1.1B
2,4	8 300
3,0	10 250
3,6	12 200
4,2	14 180
4,8	16 150
6,1	20 120
7,3	24 100
9,1	30 80
10,9	36 70
12,2	40 60
16,4	54 50
18,2	60 40
24,4	80 30
36,5	120 15



EXEL LP

Número	Tiempo Nominal (ms)	Número	Tiempo Nominal (ms)
1	200	9	3800
2	400	10	4600
3	600	11	5500
4	1000	12	6400
5	1400	13	7400
6	1800	14	8500
7	2400	15	9600
8	3000		

Longitud	Unid./caja
Metros (m) Pies (ft)	1.1B
3,0	10 250
4,2	14 180
4,8	16 150
6,1	20 120



EXEL MINIDET

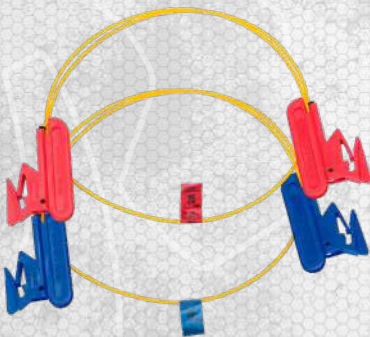
Longitud		Unid./caja
Metros (m)	Pies (ft)	1.1B
1,8	6	60



Exeles XMS Lengths: 1.8

	1	25
	2	50
	3	75
	4	100
	5	125
	6	150
	7	175
	8	200
	9	250
MS	10	300
	11	350
	12	400
	13	450
	14	500
	15	600
	16	700
	17	800
	18	900
	19	1000
	20	1100
	21	1200
	23	1400

EXEL MSC



Longitud		Unid./caja
Metros (m)	Pies (ft)	1.1B
0,9	3	60

Tiempo Nominal (ms)	Etiqueta
17	Amarillo
25	Rojo
42	Naranja
65	Negro
75	Azul



PLANTA CMSA



PLANTA CMSA



PLANTA DRUMMOND

KILOGRAMOS DE EXPLOSIVO POR METRO LINEAL DE PERFORACIÓN

DENSIDAD DEL EXPLOSIVO

Diámetro (g/cm ³) (mm)	DENSIDAD DEL EXPLOSIVO																					Diámetro (in)
	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	
22	0,19	0,21	0,23	0,25	0,27	0,29	0,31	0,33	0,35	0,37	0,39	0,41	0,43	0,45	0,47	0,48	0,50	0,52	0,54	0,56	0,58	7/8
25	0,25	0,28	0,30	0,33	0,35	0,38	0,41	0,43	0,46	0,48	0,51	0,53	0,56	0,58	0,61	0,63	0,66	0,68	0,71	0,73	0,76	1
29	0,32	0,35	0,38	0,42	0,45	0,48	0,51	0,55	0,58	0,61	0,64	0,67	0,71	0,74	0,77	0,80	0,83	0,87	0,90	0,93	0,96	11/8
32	0,40	0,44	0,48	0,51	0,55	0,59	0,63	0,67	0,71	0,75	0,79	0,83	0,87	0,91	0,95	0,99	1,03	1,07	1,11	1,15	1,19	11/4
38	0,57	0,63	0,68	0,74	0,80	0,86	0,91	0,97	1,03	1,08	1,14	1,20	1,25	1,31	1,37	1,43	1,48	1,54	1,60	1,65	1,71	11/2
51	1,01	1,11	1,22	1,32	1,42	1,52	1,62	1,72	1,82	1,93	2,03	2,13	2,23	2,33	2,43	2,53	2,63	2,74	2,84	2,94	3,04	2
57	1,28	1,41	1,54	1,67	1,80	1,92	2,05	2,18	2,31	2,44	2,57	2,69	2,82	2,95	3,08	3,21	3,33	3,46	3,59	3,72	3,85	21/4
64	1,58	1,74	1,90	2,06	2,22	2,38	2,53	2,69	2,85	3,01	3,17	3,33	3,48	3,64	3,80	3,96	4,12	4,28	4,43	4,59	4,75	21/2
76	2,28	2,51	2,74	2,96	3,19	3,42	3,65	3,88	4,10	4,33	4,56	4,79	5,02	5,24	5,47	5,70	5,93	6,16	6,38	6,61	6,84	3
83	2,68	2,94	3,21	3,48	3,75	4,01	4,28	4,55	4,82	5,08	5,35	5,62	5,89	6,15	6,42	6,69	6,96	7,23	7,49	7,76	8,03	31/4
89	3,10	3,41	3,72	4,03	4,35	4,66	4,97	5,28	5,59	5,90	6,21	6,52	6,83	7,14	7,45	7,76	8,07	8,38	8,69	9,00	9,31	31/2
102	4,05	4,46	4,86	5,27	5,68	6,08	6,49	6,89	7,30	7,70	8,11	8,51	8,92	9,32	9,73	10,13	10,54	10,94	1,135	1,176	1,216	4
108	4,58	5,03	5,49	5,95	6,41	6,86	7,32	7,78	8,24	8,69	9,15	9,61	10,07	10,53	10,98	11,44	1,190	1,236	1,281	1,327	1,373	41/4
114	5,13	5,64	6,16	6,67	7,18	7,70	8,21	8,72	9,23	9,75	10,26	10,77	11,29	11,80	12,31	12,83	1,334	1,385	1,437	1,488	1,539	41/2
127	6,33	6,97	7,60	8,23	8,87	9,50	10,13	10,77	11,40	12,03	12,67	13,30	13,93	14,57	15,20	15,83	1,647	1,710	1,773	1,837	1,900	5
140	7,66	8,43	9,20	9,96	10,73	11,50	12,26	13,03	13,80	14,56	15,33	16,09	16,86	17,63	18,39	19,16	1,993	2,069	2,146	2,223	2,299	51/2
143	8,02	8,82	9,62	10,42	11,22	12,02	12,83	13,63	14,43	15,23	16,03	16,83	17,64	18,44	19,24	20,04	2,084	2,164	2,245	2,325	2,405	55/8
152	9,12	10,03	10,94	11,86	12,77	13,68	14,59	15,51	16,42	17,33	18,24	19,15	20,07	20,98	21,89	22,80	2,371	2,463	2,554	2,645	2,736	6
159	9,90	10,89	11,88	12,87	13,86	14,84	15,83	16,82	17,81	18,80	19,79	20,78	21,77	22,76	23,75	24,74	2,573	2,672	2,771	2,870	2,969	61/4
165	10,70	11,77	12,85	13,92	14,99	16,06	17,13	18,20	19,27	20,34	21,41	22,48	23,55	24,62	25,69	26,76	2,783	2,890	2,997	3,104	3,211	61/2
171	11,54	12,70	13,85	15,01	16,16	17,32	18,47	19,62	20,78	21,93	23,09	24,24	25,40	26,55	27,70	28,86	3,001	3,117	3,232	3,348	3,463	63/4
197	15,22	16,74	18,26	19,78	21,30	22,83	24,35	25,87	27,39	28,91	30,43	31,96	33,48	35,00	36,52	38,04	3,956	4,109	4,261	4,413	4,565	73/4
200	15,71	17,28	18,85	20,43	22,00	23,57	25,14	26,71	28,28	29,85	31,42	32,99	34,57	36,14	37,71	39,28	4,085	4,242	4,399	4,556	4,714	77/8
203	16,21	17,84	19,46	21,08	22,70	24,32	25,94	27,56	29,19	30,81	32,43	34,05	35,67	37,29	38,92	40,54	4,216	4,378	4,540	4,702	4,864	8
229	20,52	22,57	24,63	26,68	28,73	30,78	32,84	34,89	36,94	38,99	41,04	43,10	45,15	47,20	49,25	51,30	5,336	5,541	5,746	5,951	6,156	9
251	24,71	27,18	29,65	32,12	34,59	37,06	39,53	42,00	44,47	46,94	49,41	51,88	54,35	56,82	59,29	61,76	6,424	6,671	6,918	7,165	7,412	97/8
270	28,60	31,46	34,32	37,18	40,04	42,90	45,76	48,62	51,48	54,34	57,20	60,06	62,92	65,78	68,64	71,50	7,436	7,722	8,008	8,294	8,580	105/8
311	38,02	41,82	45,62	49,42	53,23	57,03	60,83	64,63	68,43	72,24	76,04	79,84	83,64	87,44	91,25	95,05	9,885	10,265	10,645	11,025	11,406	121/4
349	47,90	52,69	57,48	62,27	67,06	71,85	76,64	81,43	86,22	91,01	95,80	100,59	105,38	110,17	114,96	119,75	12,454	12,933	13,412	13,891	14,370	133/4
381	57,00	62,71	68,41	74,11	79,81	85,51	91,21	96,91	102,61	108,31	114,01	119,71	125,41	131,11	136,81	142,51	14,821	15,391	15,961	16,531	17,101	15
445	77,59	85,35	93,11	100,87	108,63	116,38	124,14	131,90	139,66	147,42	155,18	162,94	170,70	178,46	186,21	193,97	20,173	20,949	21,725	22,501	23,277	171/2

METROS CÚBICOS DE MATERIAL VOLADO POR METROS LINEAL DE PERFORACIÓN

ESPACIAMIENTO (m)

BURDEN (m)	ESPACIAMIENTO (m)																	
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0
0,5	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	150	175	200	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50
1,0	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	300	350	400	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50	8,00	8,50	9,00
1,5	0,75	1,50	2,25	3,00	3,75	450	325	600	6,75	7,50	8,25	9,00	9,75	10,50	11,25	12,00	12,75	13,50
2,0	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	600	700	800	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00
2,5	1,25	2,50	3,75	5,00	6,25	750	875	1000	11,25	12,50	13,75	15,00	16,25	17,50	18,75	20,00	21,25	22,50
3,0	1,50	3,00	4,50	6,00	7,50	900	1050	1200	13,50	15,00	16,50	18,00	19,50	21,00	22,50	24,00	25,50	27,00
3,5	1,75	3,50	5,25	7,00	8,75	1050	1225	1400	15,75	17,50	19,25	21,00	22,75	24,50	26,25	28,00	29,75	31,50
4,0	2,00	4,00	6,00	8,00	10,00	1200	1400	1600	18,00	20,00	22,00	24,00	26,00	28,00	30,00	32,00	34,00	36,00
4,5	2,25	4,50	6,75	9,00	11,25	1350	1575	1800	20,25	22,50	24,75	27,00	29,25	31,50	33,75	36,00	38,25	40,50
5,0	2,50	5,00	7,50	10,00	12,50	1500	1750	2000	22,50	25,00	27,50	30,00	32,50	35,00	37,50	40,00	42,50	45,00
5,5	2,75	5,50	8,25	11,00	13,75	1650	1925	2200	24,75	27,50	30,25	33,00	35,75	38,50	41,25	44,00	46,75	49,50
6,0	3,00	6,00	9,00	12,00	15,00	1800	2100	2400	27,00	30,00	33,00	36,00	39,00	42,00	45,00	48,00	51,00	54,00
6,5	3,25	6,50	9,75	13,00	16,25	1950	2275	2600	29,25	32,50	35,75	39,00	42,25	45,50	48,75	52,00	55,25	58,50
7,0	3,50	7,00	10,50	14,00	17,50	2100	2450	2800	31,50	35,00	38,50	42,00	45,50	49,00	52,50	56,00	59,50	63,00
7,5	3,75	7,50	11,25	15,00	18,75	2250	2625	3000	33,75	37,50	41,25	45,00	48,75	52,50	56,25	60,00	63,75	67,50
8,0	4,00	8,00	12,00	16,00	20,00	2400	2800	3200	36,00	40,00	44,00	48,00	52,00	56,00	60,00	64,00	68,00	72,00
8,5	4,25	8,50	12,75	17,00	21,25	2550	2975	3400	38,25	42,50	46,75	51,00	55,25	59,50	63,75	68,00	72,25	76,50
9,0	4,50	9,00	13,50	18,00	22,50	2700	3150	3600	40,50	45,00	49,50	54,00	58,50	63,00	67,50	72,00	76,50	81,00
9,5	4,75	9,50	14,25	19,00	23,75	2850	3325	3800	42,75	47,50	52,25	57,00	61,75	66,50	71,25	76,00	80,75	85,50
100	5,00	10,00	15,00	20,00	25,00	3000	3500	4000	45,00	50,00	55,00	60,00	65,00	70,00	75,00	80,00	85,00	90,00
10,5	5,25	10,50	15,75	21,00	26,25	3150	3675	4200	47,25	52,50	57,75	63,00	68,25	73,50	78,75	84,00	89,25	94,50
11,0	5,50	11,00	16,50	22,00	27,50	3300	3850	4400	49,50	55,00	60,50	66,00	71,50	77,00	82,50	88,00	93,50	99,00
11,5	5,75	11,50	17,25	23,00	28,75	3450	4025	4600	51,75	57,50	63,25	69,00	74,75	80,50	86,25	92,00	97,75	103,50
12,0	6,00	12,00	18,00	24,00	30,00	3600	4200	4800	54,00	60,00	60,00	72,00	78,00	84,00	90,00	96,00	102,00	108,00

CARACTERÍSTICAS DE DIFERENTES MATERIALES

MATERIAL	PESO ESPECÍFICO Pe (t/m ³)
ANDESITA	2,6 - 2,7
ANTRACITA	1,3 - 1,8
ARENA SECA	1,8 - 2,0
ARENISCA	2,0 - 2,8
ARENISCA ARCILLOSA	2,4 - 2,8
BASALTO	2,8 - 3,0
BAUXITA	1,6 - 2,5
CALIZA	2,4 - 2,9
CARBÓN BITUMINOSO	1,2 - 1,5
CUARCITA	2,0 - 2,8
DIABASA	2,6 - 3,0
DIORITA	2,8 - 3,0
DOLOMITA	2,8 - 2,9
GNEIS	2,6 - 2,9
GRANITO	2,6 - 2,9
GRANODIORITA	2,5 - 2,7
GRAVA SECA	1,8 - 2,0
GRAVA HÚMEDA	2,0 - 2,2
HEMATITA	4,5 - 5,3
LIMONITA	3,6 - 4,0
MAGNETITA	4,9 - 5,2
MÁRMOL	2,1 - 2,9
MICA-ESQUISTO	2,5 - 2,9
MONZONITA	2,8 - 2,9
PIZARRA	2,5 - 2,8
PORFIRITA	2,5 - 2,5
SAL	2,1 - 2,6
SILICE	2,2 - 2,8
TALCO	2,6 - 2,8
TIERRA SECA	1,5 - 1,7
TIERRA HÚMEDA	1,8 - 2,2
TIERRA CON ARENA Y GRAVA	1,7 - 1,9
TIERRA CON ROCA	1,4 - 1,7
YESO	2,3 - 3,3

t = tonelada metrica

CÁLCULO Y DATOS DE REFERENCIA EN VOLADURA

DENSIDAD DE CARGA DE EXPLOSIVOS

$$D_c \text{ (kg/m)} = D_e (\varnothing_p)^2 (0,64516)$$

$$\text{kg/perforación} = (\text{kg/m}) \times \text{largo de columna de explosivo}$$

$$D_e = \text{Densidad de explosivo (g/cm}^3\text{)}$$

$$\varnothing_p = \text{Diámetro de perforación (pulgadas)}$$

$$E_{XB} = \text{Explosivo cargado de Barreno}$$

Ejemplo

$$\text{Densidad del ANFO} = 0,85 \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

$$\text{Diámetro de perforación} = 6 \text{ pulg}$$

$$\text{Profundidad de perforación} = 14 \text{ m}$$

$$\text{Altura de taco} = 5 \text{ m}$$

$$D_c = 0,85 (6)^2 (0,64516) = 19,7 \text{ kg/m}$$

$$E_{XB} = (14 - 5) \times 19,7 = 177,7 \text{ Ex/barreno}$$

METROS CÚBICOS POR PERFORACIÓN

$$m^3 / \text{perforación} = B \times S \times H$$

B = Burden (m)

S = Espaciamiento (m)

H = Altura de banco (m)

TONELADAS MÉTRICAS POR PERFORACIÓN

$$tM/\text{perforación} = P_e \times (m^3/\text{perforación})$$

Pe = Peso específico de la roca

CARGA, ESPACIAMIENTO EN PRECORTE Y RECORTE

$$\text{CARGA} \quad q = D_H^2 / 12,14 \quad \text{Donde: } q \text{ (carga) en g/m}$$

D_H (diámetro del barreno) en mm

$$\text{PRECORTE} \quad S = 10 D_H \quad B \text{ es infinito, } S \text{ en mm}$$

$$\text{RECORTE} \quad S = 16 D_H \quad B \geq 1,3 S, B \text{ en mm}$$

FACTOR DE CARGA (FC)

VOLADURA A CIELO ABIERTO

PRIMARIA

TIPO DE ROCA	FC (kg/m ³)
Rocas masivas y resistentes	0,6 - 1,5
Rocas resistencia media	0,3 - 0,6
Rocas muy fracturadas, alteradas o blandas	0,1 - 0,3

SECUNDARIA

	FC (kg/m ³)
Cachorro	0,1 - 0,2
Plasteo	0,4 - 0,6

VOLADURA A CIELO ABIERTO

DESARROLLO

	FC (kg/m ³)
Es función de sección, diámetro de barreno y tipo de cueles	0,9 - 7,0

AMORTIGUADA

	FC (kg/m lineal)
Carga desacoplada y centrada en el barreno	0,2 - 0,4

Si se divide los kg/m³ por el peso específico de la roca en t/M³ se consigue los kg/tM.

FACTOR CONTROL DE VIBRACIONES (Producidas por voladuras)

$$D_s = \frac{D}{W^{1/2}}$$

D_s = Distancia escalar.

D = Distancia real desde la voladura en pies.

W = Peso de explosivo en libras, iniciado con retardo mayor a 8 MS.

Los valores recomendados de D_s están en 50 o 60 y valores de velocidad de partícula menores a 50 mm/s, en donde se considera, no se producen daños.

CONVERSIONES

MULTIPLICAR POR X → X → IGUAL

MULTIPLICAR POR X	X	IGUAL
LONGITUD		
m	3,281	ft
cm	0,3937	in
in	25,4	mm
PRESIÓN		
psi	6,8948	kPa
atm	14,696	psi
atm	101,32	kPa
PESO		
kg	2,204	lb
ÁREA		
cm ²	0,155	in ²
ft ²	0,0929	m ²
VOLUMEN		
cm ³	0,061	in ³
m ³	1,31	yd ³
ft ³	0,028	m ³
DENSIDAD		
g/cm ³	62,43	lb/ft ³
TEMPERATURA		
°F	-32x0,56	°C
°C	x1,8+32	°F
VELOCIDAD		
m/s	3,281	ft/s
IGUAL	← Y ←	DIVIDIR POR Y

CÁLCULO DE DISTANCIAS DE SEGURIDAD

D= Distancia en metros

W= Peso de explosivo en kg

De polvorín a otro polvorín sin barricada	D=5,5 x W ^{1/2}
De polvorín a otro polvorín con barricada	D=2,5 x W ^{1/2}
De polvorín a otro polvorín subterráneo	D=1,5 x W ^{1/2}
De polvorín a camino público	D=3 x (6 x W) ^{1/2}
De polvorín a edificios habitados con barricada	D=10 x (6 x W) ^{1/2}
De polvorín a edificios habitados sin barricada	D=20 x (6 x W) ^{1/2}

Consultar las tablas americanas de distancias en la norma NFPA 495

ÍNDICE

- Política de Gestión Integral..... 1
- Catálogo de Productos.
 - *Indugel Plus AP..... 2
 - *Indugel Plus PM..... 3
 - *Emulind - E..... 4
 - * Precorte..... 5
 - *Sismigel Plus..... 6
 - *ANFO..... 7
 - *Indugel AV 800..... 8
 - *Emulind - B..... 9
 - *Emulind - S..... 10
 - *Emulsión Sensible Gran Minería..... 11
 - *Cordón Detonante..... 12
 - *Mecha de Seguridad..... 13
 - *Pentofex..... 14
 - *Detonadores no Eléctricos..... 15
- Terminología voladura cielo abierto..... 16
- Terminología tunelería 18
- Cálculos tunelería y cielo abierto..... 19
- Exel.
 - *Exel Handidet..... 20
 - *Exel Connectadet..... 20
 - *Exel MS..... 21
 - *Exel LP..... 21
 - *Exel Minidet..... 22
 - *Exel MSC..... 22
- Densidad lineal de explosivo..... 24
- Material volado..... 26
- Características materiales..... 28
- Cálculos..... 29
- Conversiones..... 31
- Índice..... 32

NOTAS



@IndumilColombia

www.indumil.gov.co

Calle 44 N° 54-11 Bogotá D.C.

Teléfono: (57 - 1) 2207800