

**INSTITUTO  
DE INGENIEROS  
DE MINAS  
DEL PERÚ**

# **Shotcrete Vía Húmeda**

## **Su Importancia como elemento de Sostenimiento en Minería**

**Ing. Jorge Diaz Lazarovich**  
**Superintendente de Operaciones Mineras**

**La Molina 27 de Febrero de 2,014**



# Agenda



1. **¿Qué es el Shotcrete?.**
2. **¿Dónde se utiliza el shotcrete.**
3. **Shotcrete Vía Seca.**  
**Shotcrete Vía Húmeda.**
4. **Shotcrete Vía Húmeda.**  
**Diseños de mezcla.**  
**Control de Calidad.**  
**Ventajas del Shotcrete Vía Húmeda.**
5. **Proceso de aplicación del Shotcrete Vía Húmeda.**

# ¿Qué es el Shotcrete



**Shot + Concrete**  
**Lanzar o disparar + Concreto**

**Comité ACI 506**

**Mortero o concreto  
proyectado neumáticamente  
a alta velocidad sobre una  
superficie.**



# Utilización SVH - TALUDES



## Utilización de SVH – MUROS PANTALLA



# Utilización SVH – TÚNELES

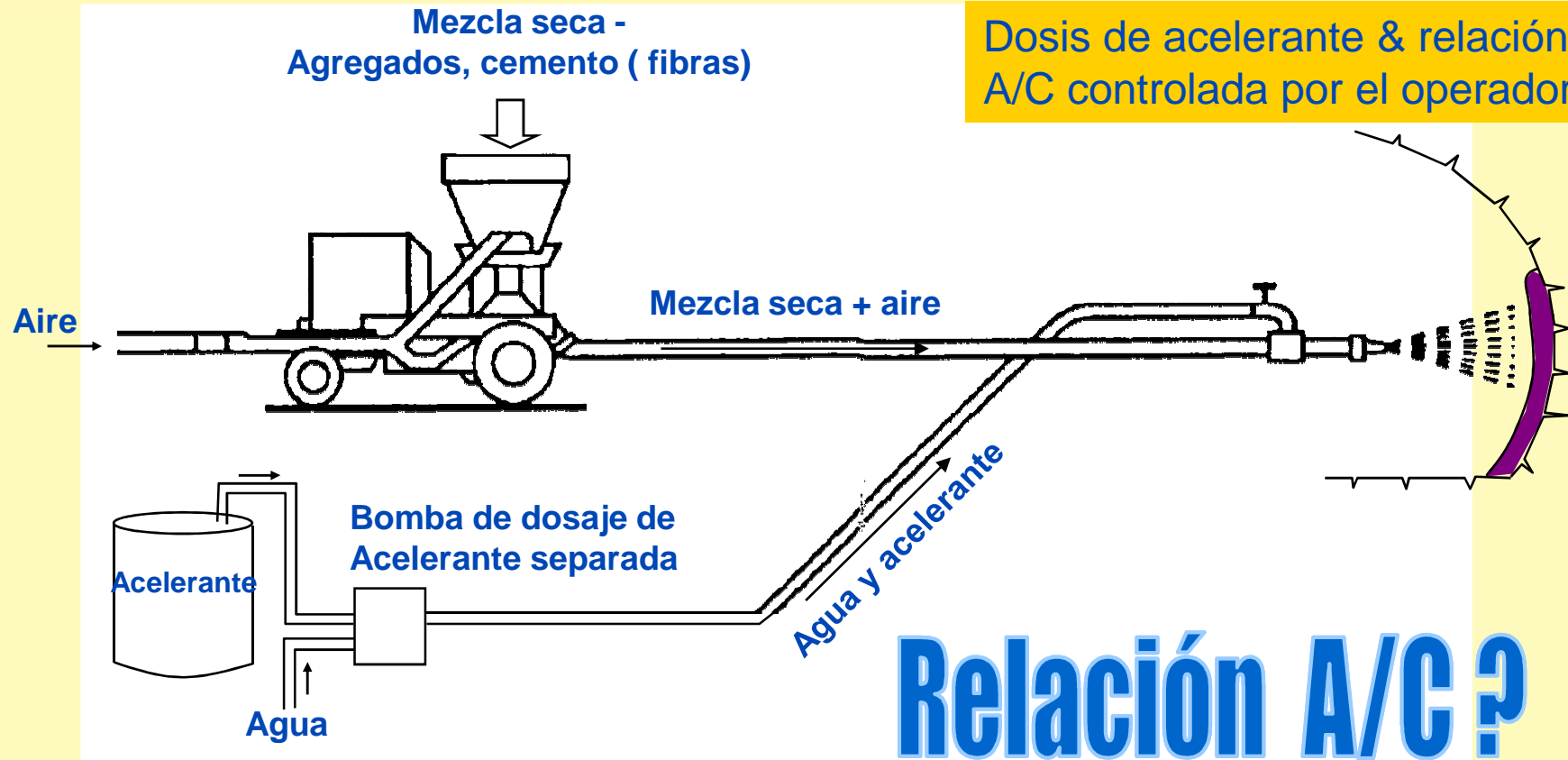


# Utilización SVH - MINERÍA



# Shotcrete Vía Seca (1910)

UNICÓN

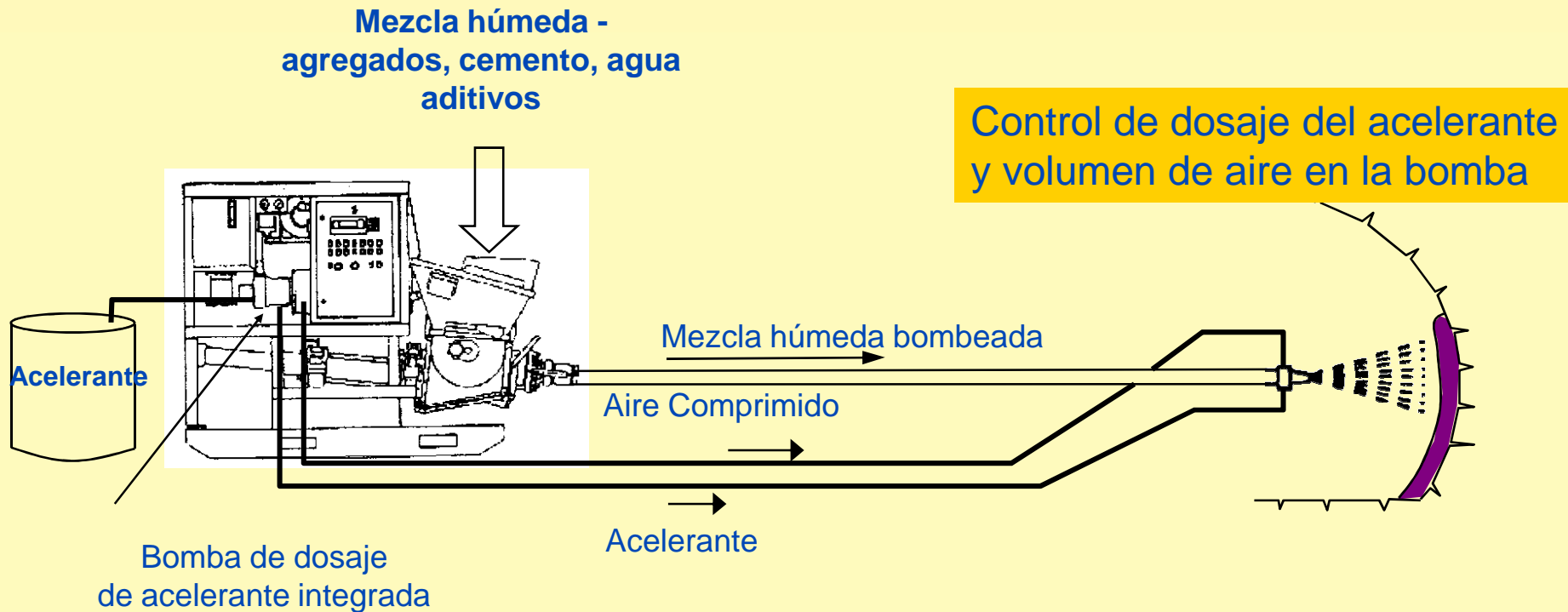




# Shotcrete Vía Seca



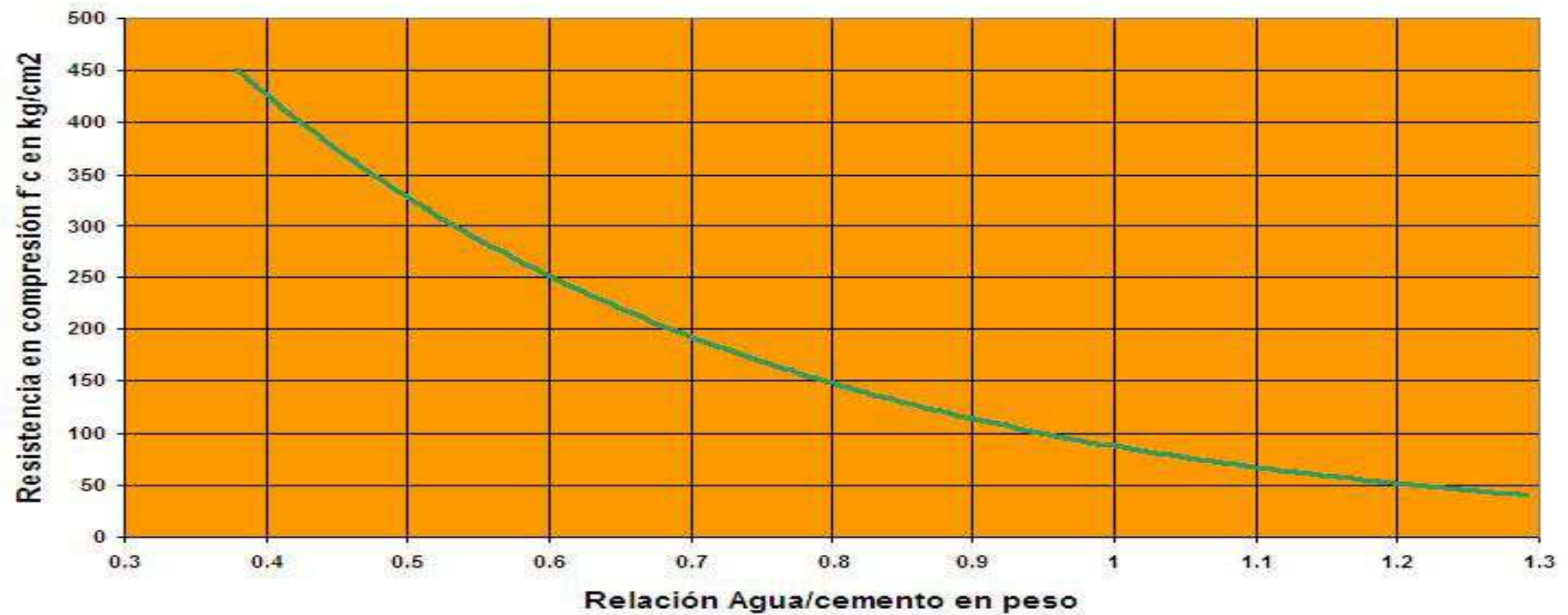
# Shotcrete Vía Húmeda (1970) UNICÓN



## Relación A/C

## RELACION A / C

Resistencia en compresión vs Relación Agua/Cemento



# Shotcrete Vía Húmeda



# Diseño de Mezcla - Insumos para el SVH



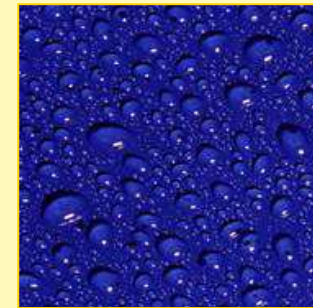
**Cemento**



**Arena**



**Agua**



**Aditivos libre de Álcalis**



**Fibra Metálica**



**Fibra Sintética**



**Material Cementicio  
Suplementario**



# Diseño de Mezcla



Para un concreto de Calidad se requiere lo siguiente:

## CEMENTO

- Interviene en pequeña proporción, pero es determinante en la resistencia del concreto.
- La mayoría de los beneficios, provienen del cemento.
- La hidratación es un proceso químico que depende de la humedad, temperatura y tiempo



# Diseño de Mezcla



## ARENA

- Representa las  $\frac{3}{4}$  partes de la mezcla de concreto, pese a su comportamiento pasivo, influyen significativamente.
- Además de sus características físicas, influye la forma y distribución de partículas.



# Diseño de Mezcla



Es recomendable que la arena cumpla con la gradación N° 02, según ACI 506-Guide to Shotcrete.

Cuadro de Gradación de los Agregados para Shotcrete

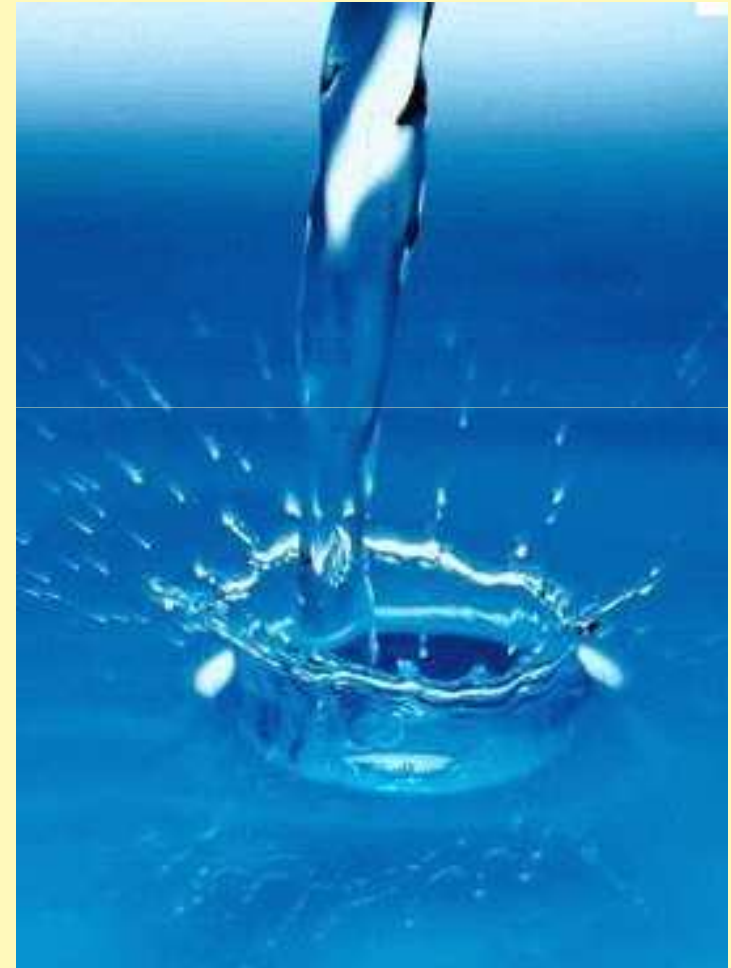
Tamiz	Porcentaje que pasa por peso		
	Gradación No 1	Gradación No 2	Gradación No 3
¾ " ( 19 mm)	-	-	100
½ " ( 12 mm)	-	100	80 – 95
3/8 " ( 10 mm)	100	90 – 100	70 – 90
No 4 ( 4.75 mm)	95 – 100	70 – 85	50 – 70
No 8 ( 2.40mm)	80 – 100	50 – 70	35 – 55
No 16 ( 1.20 mm)	50 – 85	35 – 55	20 – 40
No 30 ( 600 mm)	25 - 60	20 - 35	10 - 30



# Diseño de Mezcla



- **AGUA**
- Reacciona con el cemento para hidratarlo.
- Actúa como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto.
- Procura la estructura de vacíos necesaria en la pasta, para que los productos de hidratación, tengan espacio para desarrollarse.



# Diseño de Mezcla



Requisitos químicos que debe cumplir el Agua para Concreto:

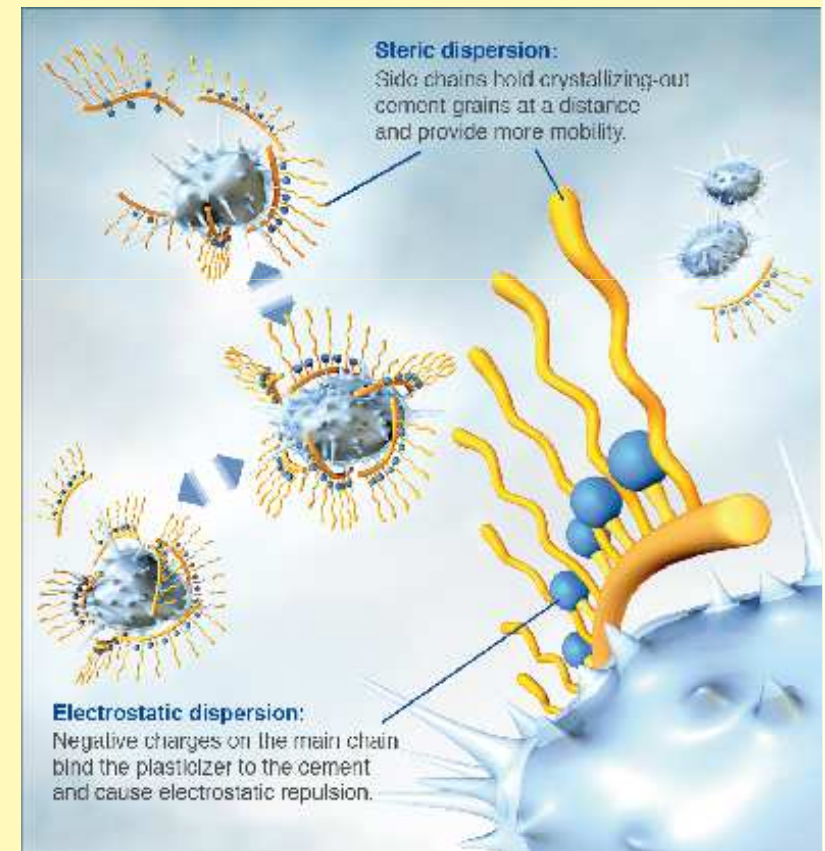
CARACTERISTICAS	REQUISITO	UNIDAD
Residuos sólidos totales	Máximo 5,000	ppm
Sulfatos solubles en agua	Máximo 600	ppm
Cloruros solubles en agua	Máximo 1,000	ppm
pH en agua	5.50 a 8.00	
Alcalinidad del agua	Máximo 1,000	ppm

# Diseño de Mezcla



## ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE

Es un aditivo reductor de agua de alto rango, permite producir concretos de alta resistencia, con gran mantenimiento de la consistencia, sin provocar retrasos de fraguado o endurecimiento.

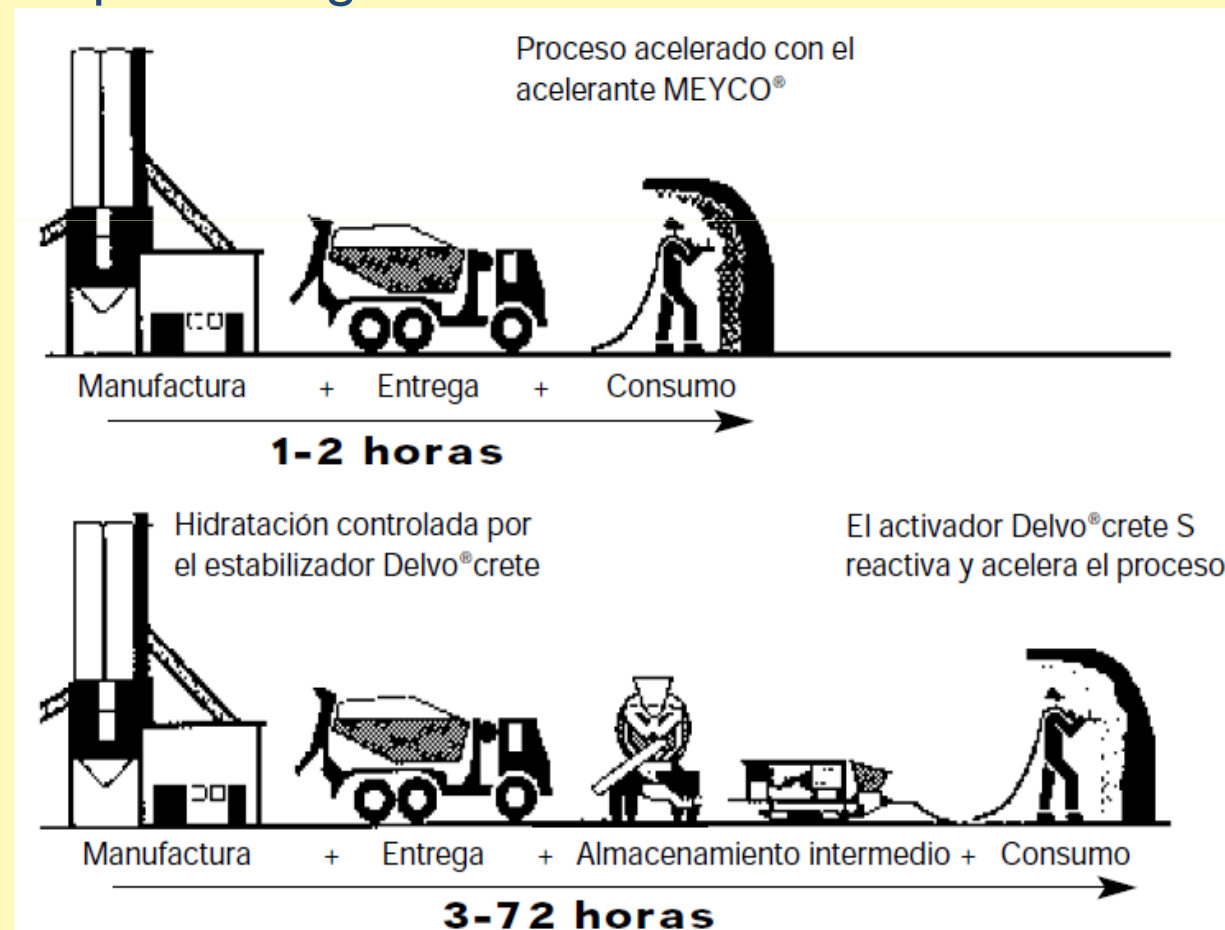


# Diseño de Mezcla



## ADITIVO INHIBIDOR DE FRAGUA

Estabiliza la hidratación del cemento, permitiendo el Control en el tiempo de fraguado del concreto.

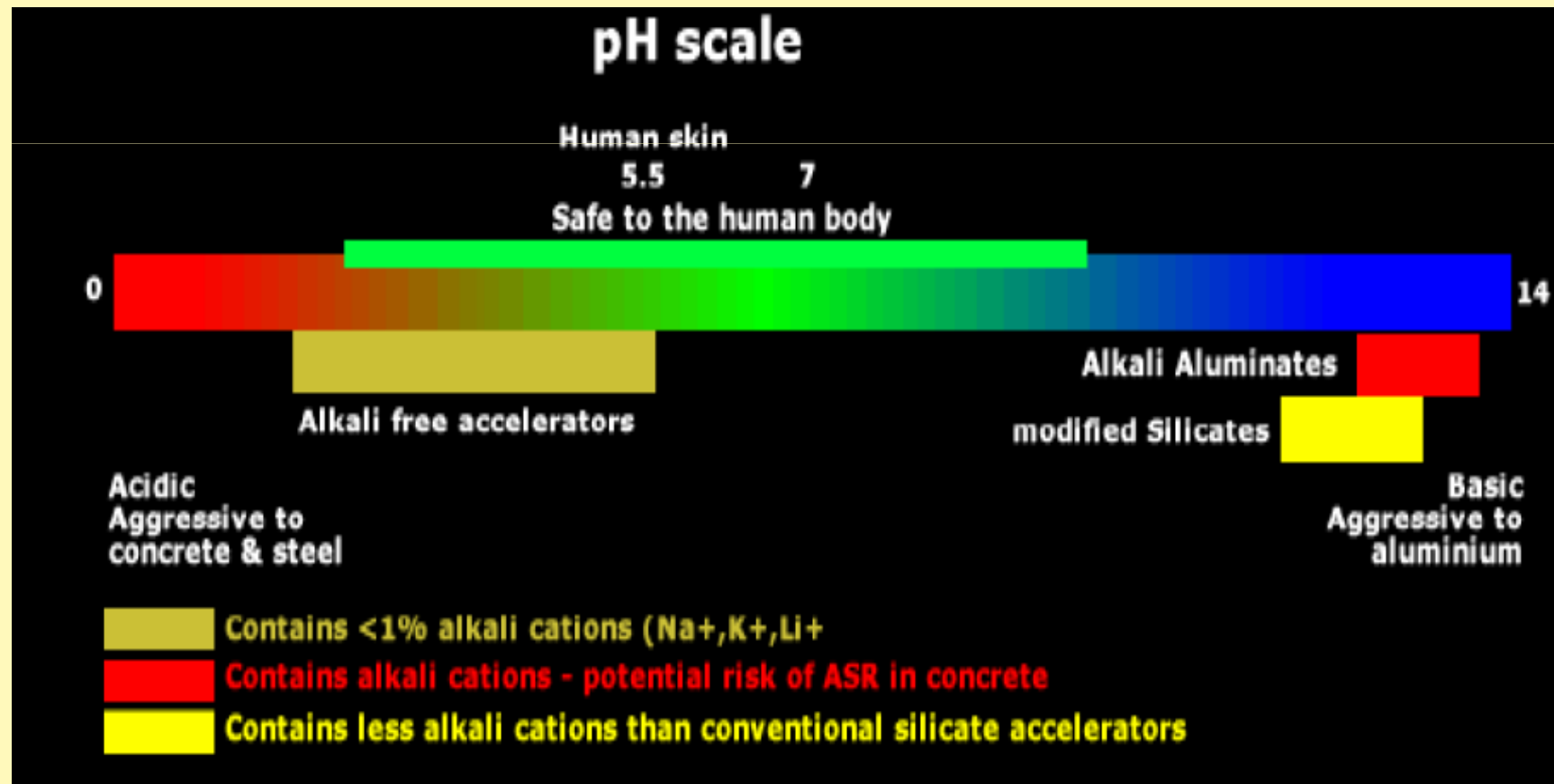


# Diseño de Mezcla



## ADITIVO ACELERANTE DE FRAGUA

Estos aditivos reducen el tiempo de fraguado, permitiendo una resistencia inicial mayor, lo cual permite aplicar capas subsecuentes de shotcrete con mayor rapidez y en espesores mayores.



# Diseño de Mezcla



**FIBRA SINTÉTICA**



**FIBRA METÁLICA**



# Diseño de Mezcla



<b>Concreto 350 kg / cm<sup>2</sup></b>			
<b>INSUMOS</b>	<b>Und</b>	<b>Pe (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Cantidad</b>
Cemento Portland tipo I	Kg	3140	<b>425.00</b>
Filler de Carbonato de Calcio	Kg	2740	<b>50.00</b>
Arena Gradación 2	Kg	2360	<b>1571.26</b>
Aditivo Súperplastificante	Lt	1210	<b>5.00</b>
Aditivo Inhibidor de fragua	Lt	1070	<b>2.14</b>
Aditivo Acelerante de fragua	Lt	1460	<b>26.000</b>
Fibra Metálica	Kg	7800	<b>20.000</b>
Fibra Sintética	Kg	910	<b>5.000</b>
Agua	Lt	1000	<b>180.00</b>
Aire	%		<b>2.00</b>

# Control de Calidad



Se debe contar con un laboratorio en obra





# Control de Calidad



## ENSAYOS EN ESTADO FRESCO

- Prueba de Slump o Asentamiento.
- Prueba de Extensión Diametral.



# Control de Calidad

## Control del Asentamiento



# Control de Calidad



## ENSAYOS EN ESTADO ENDURECIDO

- Ensayo de testigos a Compresión



# Control de Calidad



# Control de Calidad

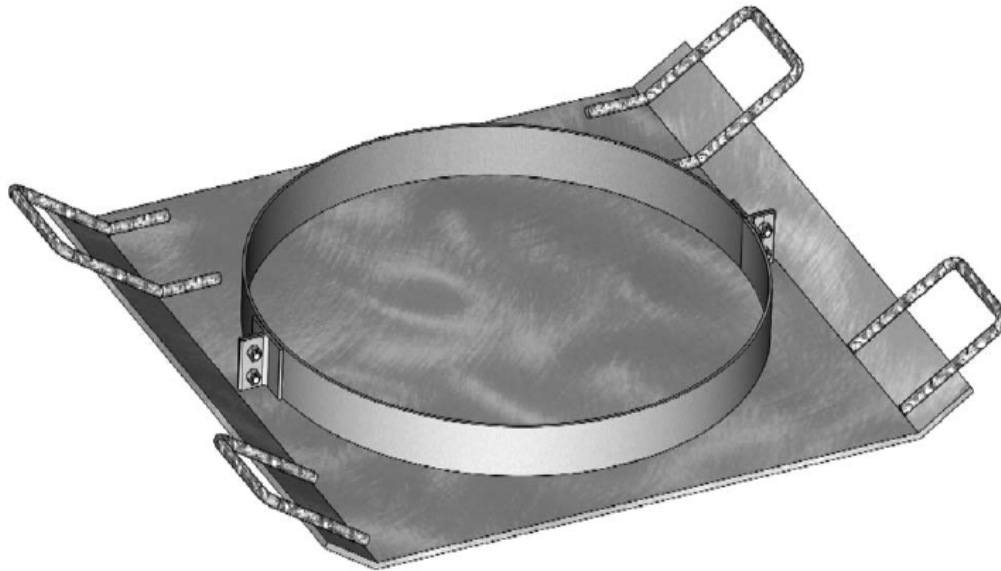


# Pruebas Especiales – Shotcrete Reforzado con Fibras

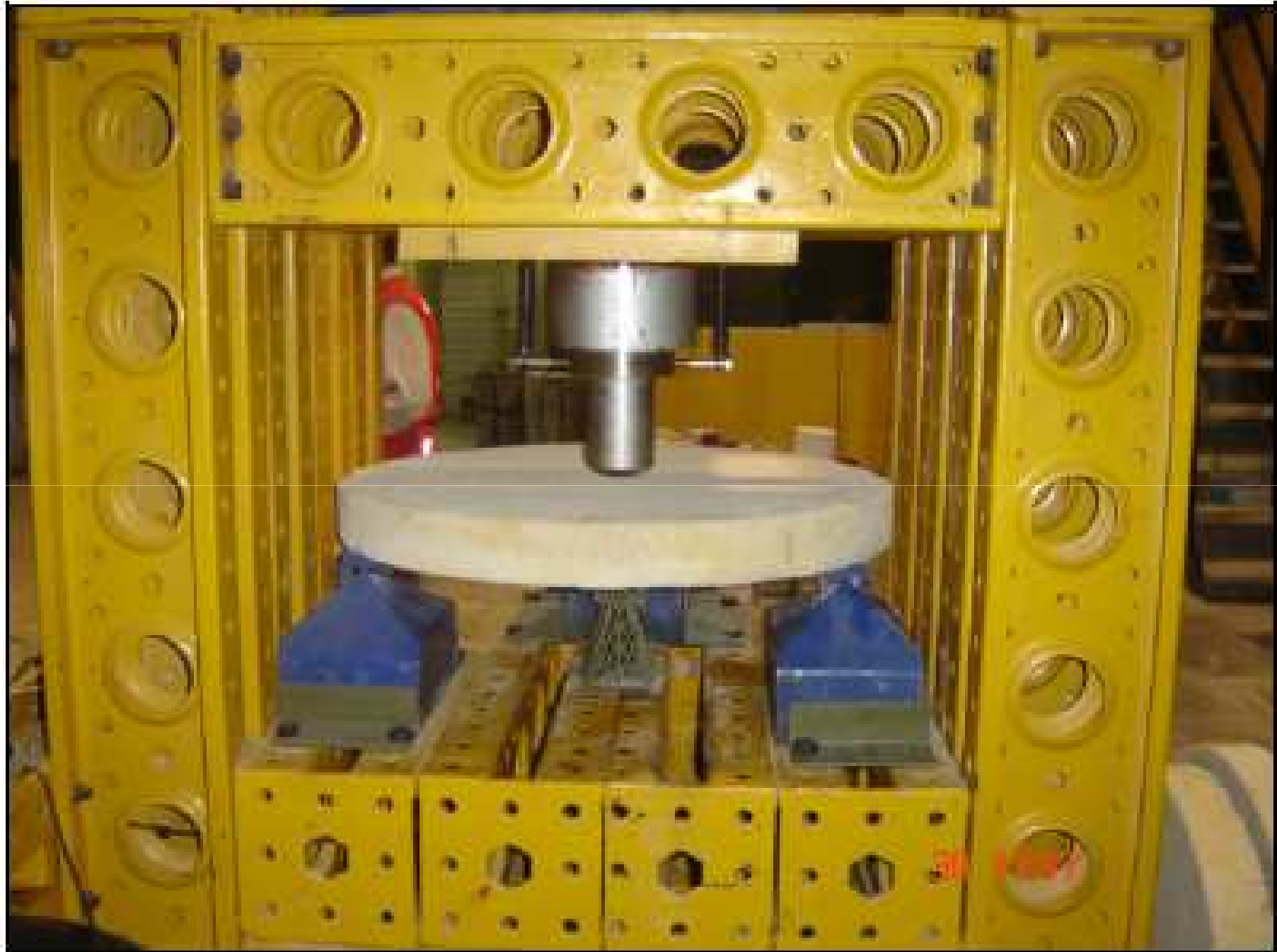


Designation: C 1550 – 08

**Standard Test Method for  
Flexural Toughness of Fiber Reinforced Concrete (Using  
Centrally Loaded Round Panel)<sup>1</sup>**













# ENSAYO DE ABSORCIÓN DE ENERGÍA

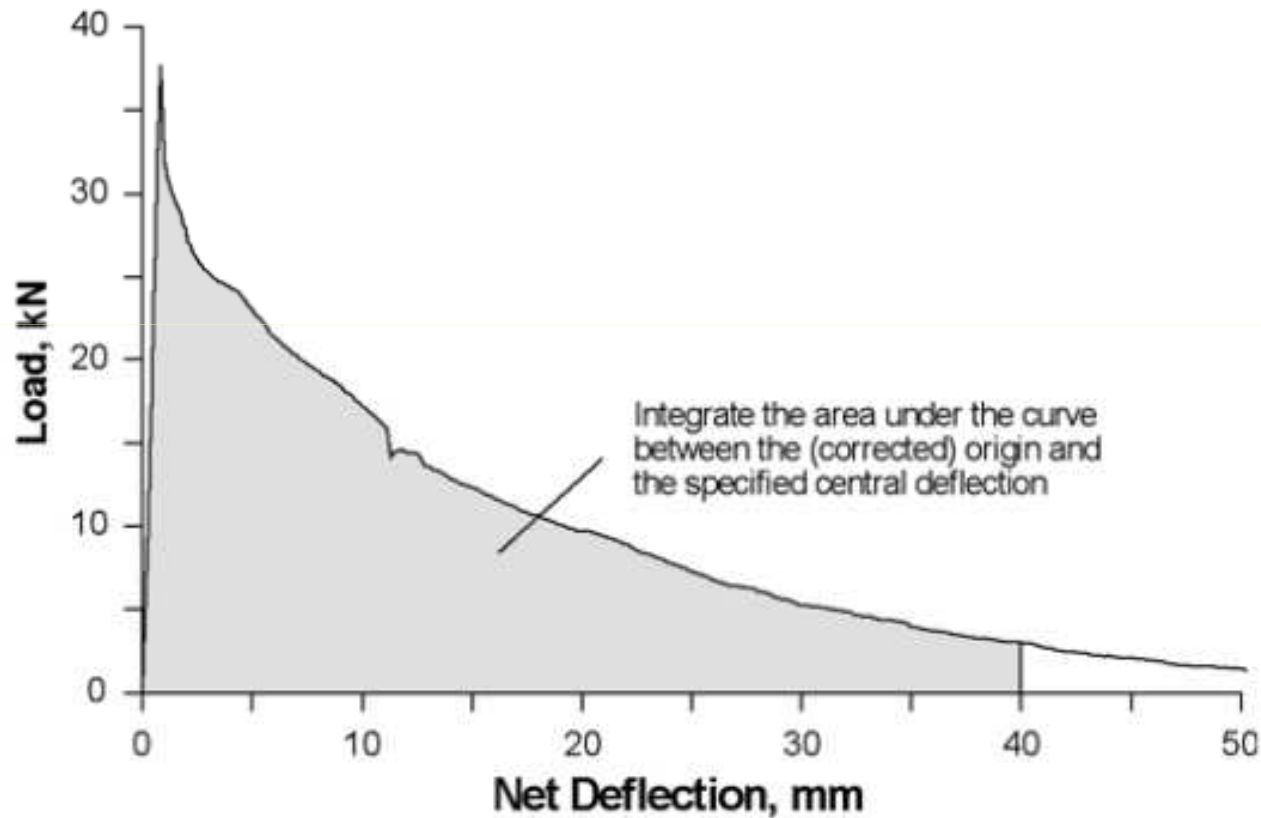




Designation: C 1550 – 08



## Standard Test Method for Flexural Toughness of Fiber Reinforced Concrete (Using Centrally Loaded Round Panel)<sup>1</sup>



5 Integration of Area Under Load-Net Deflection Curve to Obtain Energy Absorption

**RESUMEN DE RESULTADOS**

SOLICITUD N°: 035

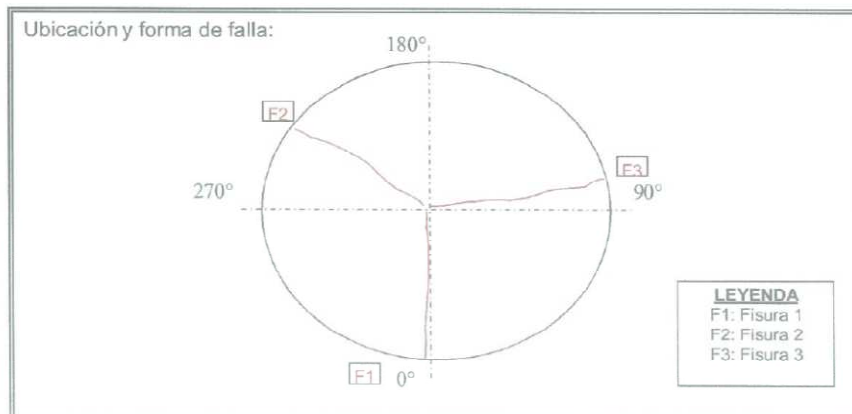
**1. PARÁMETROS GENERALES:**

Número de Muestra: Mixer A-2	Fecha de elaboración de especímenes: 06/02/2013
Procedencia: Citotec	Características: Paneles circulares
Fibra empleada/Fabricante: Metalica Sika Fiber cho 65/35	Fecha término de curado: 06/03/2013
Dosificación: 20 kg/m <sup>3</sup>	Fecha / edad de ensayo (días): 06/03/2013 28 días

**2. DATOS DEL ENSAYO:**

2.01 Espesor Promedio de la muestra	83.69 mm
2.02 Diámetro promedio de la muestra	797.67 mm
2.03 Carga de falla	28.39 kN
2.04 Deflexión de fisuración del concreto	0.63 mm
2.05 Energía Absorbida (d=40mm)	394 Joules
2.06 Energía Absorbida (d=30mm)	323 Joules
2.07 Energía Absorbida (d=20mm)	244 Joules
2.08 Energía Absorbida (d=10mm)	146 Joules
2.09 Energía Absorbida (Hasta Máx. Carga)	13 Joules
2.10 Tipo de falla observada	Tres fisuras radiales

**3. GRÁFICA DEL ENSAYO:**



  
Ing. Aleksey Beresovsky  
Superintendente de Laboratorio

**RESUMEN DE RESULTADOS**

SOLICITUD N°: 035

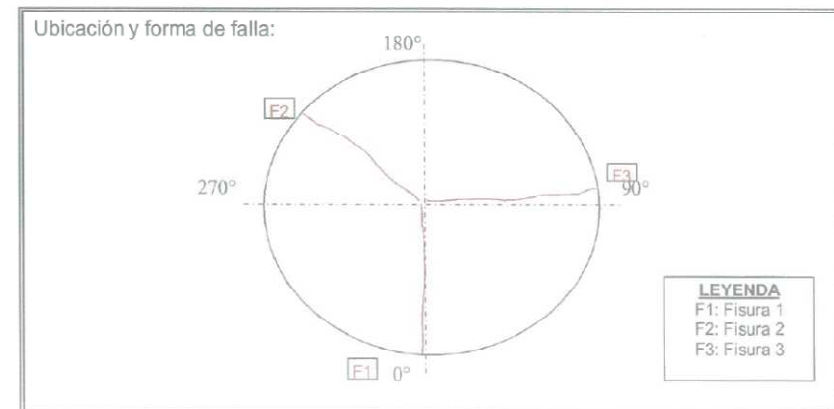
**1. PARÁMETROS GENERALES:**

Número de Muestra: Mixer B-3	Fecha de elaboración de especímenes: 06/02/2013
Procedencia: Citotec	Características: Paneles circulares
Fibra empleada/Fabricante: MSANTOS EXPORT fibra Cho 65/35	Fecha término de curado: 06/03/2013
Dosificación: 20 kg/m <sup>3</sup>	Fecha / edad de ensayo (días): 06/03/2013 28 días

**2. DATOS DEL ENSAYO:**

2.01 Espesor Promedio de la muestra	81.59 mm
2.02 Diámetro promedio de la muestra	800.33 mm
2.03 Carga de falla	29.87 kN
2.04 Deflexión de fisuración del concreto	0.70 mm
2.05 Energía Absorbida (d=40mm)	354 Joules
2.06 Energía Absorbida (d=30mm)	286 Joules
2.07 Energía Absorbida (d=20mm)	215 Joules
2.08 Energía Absorbida (d=10mm)	131 Joules
2.09 Energía Absorbida (Hasta Máx. Carga)	14 Joules
2.10 Tipo de falla observada	Tres fisuras radiales

**3. GRÁFICA DEL ENSAYO:**



  
Ing. Aleksey Beresovsky  
Superintendente de Laboratorio  
e Investigación

**RESUMEN DE RESULTADOS**

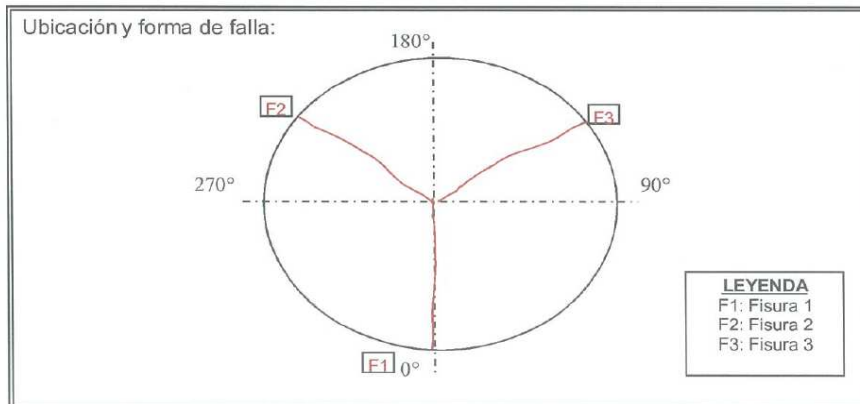
**1. PARÁMETROS GENERALES:**


Número de Muestra: M3-C	Fecha de elaboración de especímenes: 19/12/2012
Procedencia: Citedec	Características: Paneles circulares
Fibra empleada/Fabricante: Polipropileno Macro fibra ENDURO 600	Fecha término de curado: 16/01/2013
Dosificación: 4 kg/m <sup>3</sup>	Fecha / edad de ensayo ( días): 16/01/2013      28 días

**2. DATOS DEL ENSAYO:**

2.01 Espesor Promedio de la muestra	82.71 mm
2.02 Diámetro promedio de la muestra	801.00 mm
2.03 Carga de falla	26.81 kN
2.04 Deflexión de fisuración del concreto	0.00 mm
2.05 Energía Absorbida (d=40mm)	384 Joules
2.06 Energía Absorbida (d=30mm)	295 Joules
2.07 Energía Absorbida (d=20mm)	203 Joules
2.08 Energía Absorbida (d=10mm)	100 Joules
2.09 Energía Absorbida (Hasta Máx. Carga)	0 Joules
2.10 Tipo de falla observada	Tres fisuras radiales

**3. GRÁFICA DEL ENSAYO:**



  
ALEKSEY  
BERESOVSKY DE LAS CASAS  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 110210

**RESUMEN DE RESULTADOS**

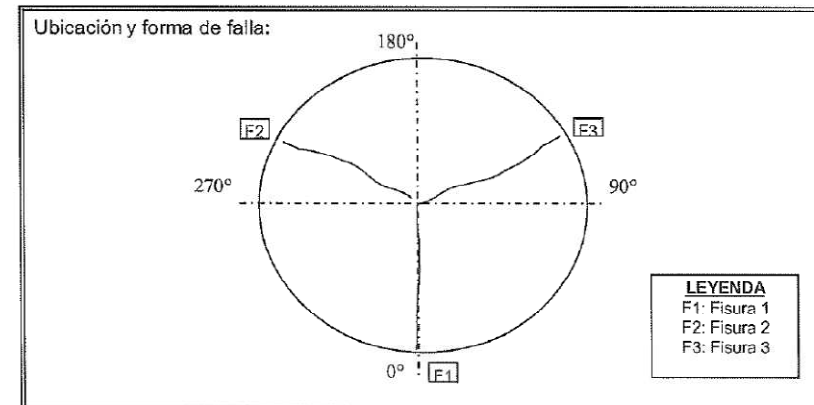
**1. PARÁMETROS GENERALES:**


Número de Muestra: M3-B	Fecha de elaboración de especímenes: 19/12/2012
Procedencia: Citedec	Características: Paneles circulares
Fibra empleada/Fabricante: Polipropileno Macro fibra ENDURO 600	Fecha término de curado: 16/01/2013
Dosificación: 4 kg/m <sup>3</sup>	Fecha / edad de ensayo ( días): 16/01/2013      28 días

**2. DATOS DEL ENSAYO:**

2.01 Espesor Promedio de la muestra	84.63 mm
2.02 Diámetro promedio de la muestra	799.33 mm
2.03 Carga de falla	28.30 kN
2.04 Deflexión de fisuración del concreto	0.00 mm
2.05 Energía Absorbida (d=40mm)	391 Joules
2.06 Energía Absorbida (d=30mm)	306 Joules
2.07 Energía Absorbida (d=20mm)	212 Joules
2.08 Energía Absorbida (d=10mm)	106 Joules
2.09 Energía Absorbida (Hasta Máx. Carga)	0 Joules
2.10 Tipo de falla observada	Tres fisuras radiales

**3. GRÁFICA DEL ENSAYO:**

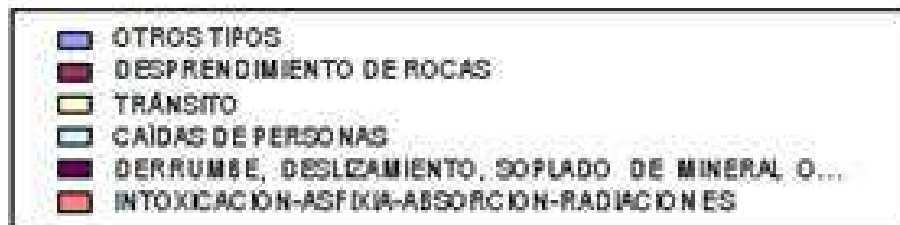
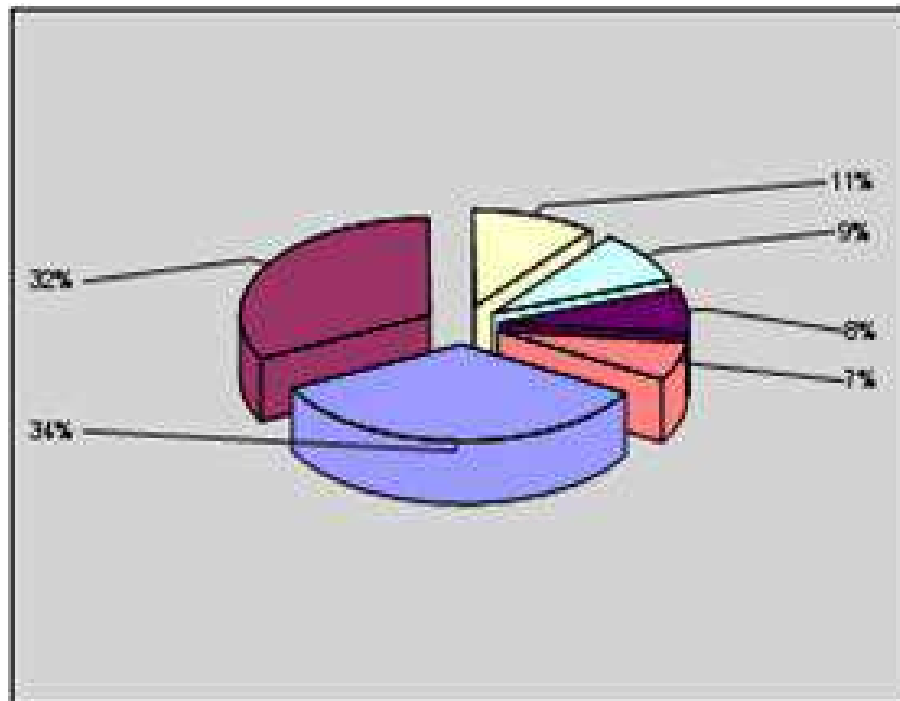


  
ALEKSEY  
BERESOVSKY DE LAS CASAS  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 110210

# Ventajas del Shotcrete VH



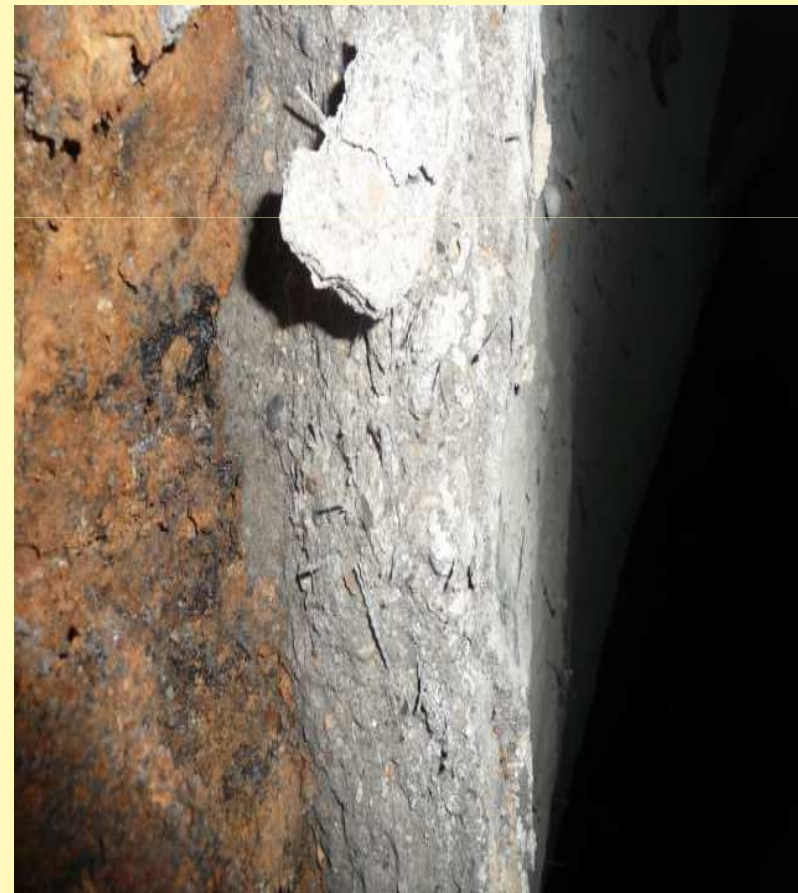
Total Mortales por tipo - Porcentajes 2000 - 2013



Fuente MEM

## SEGURIDAD

Disminuye los accidentes por caída de roca.



# Ventajas del Shotcrete VH



## CICLO DE MINADO

Disminuye el ciclo de minado, mejorando los rendimientos de producción de mineral

### SHOTCRETE VIA SECA

Perforacion	Vol.	Limpieza	Sostenimiento	Perforacion	Vol	Limpieza
2.50 h	0.5 h	2.00 h	5.00 h	Perforacion	Vol	2.00 h
<b>Ciclo total : 10 horas</b>						

### SHOTCRETE VIA HUMEDA

Perforacion	Vol.	Limpieza	Sostenimiento	Perforacion	Vol.	Limpieza	Sostenimiento
2.50 h	0.5 h	2.00 h	2.00 h	2.50 h	0.5 h	2.00 h	2.00 h
<b>Ciclo total : 07 horas</b>				<b>07 horas</b>			

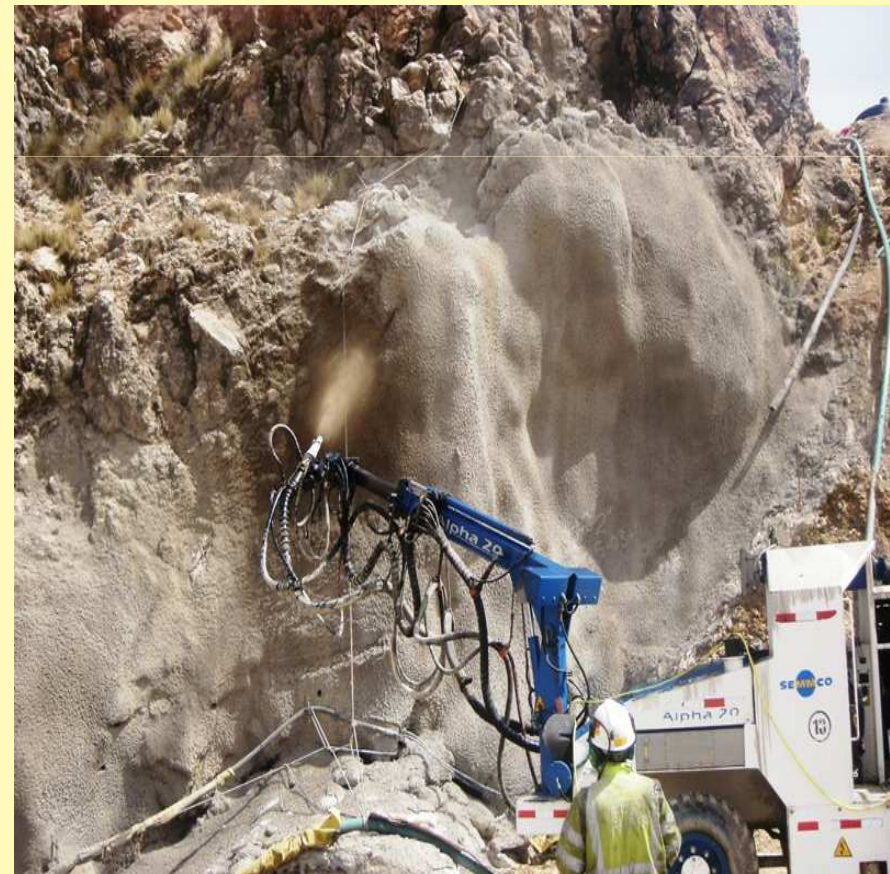


# Ventajas del Shotcrete VH



## AHORRO EN COSTO

- Menor costo en mano de obra.
- Menor costo en perdida del material (Rebote).

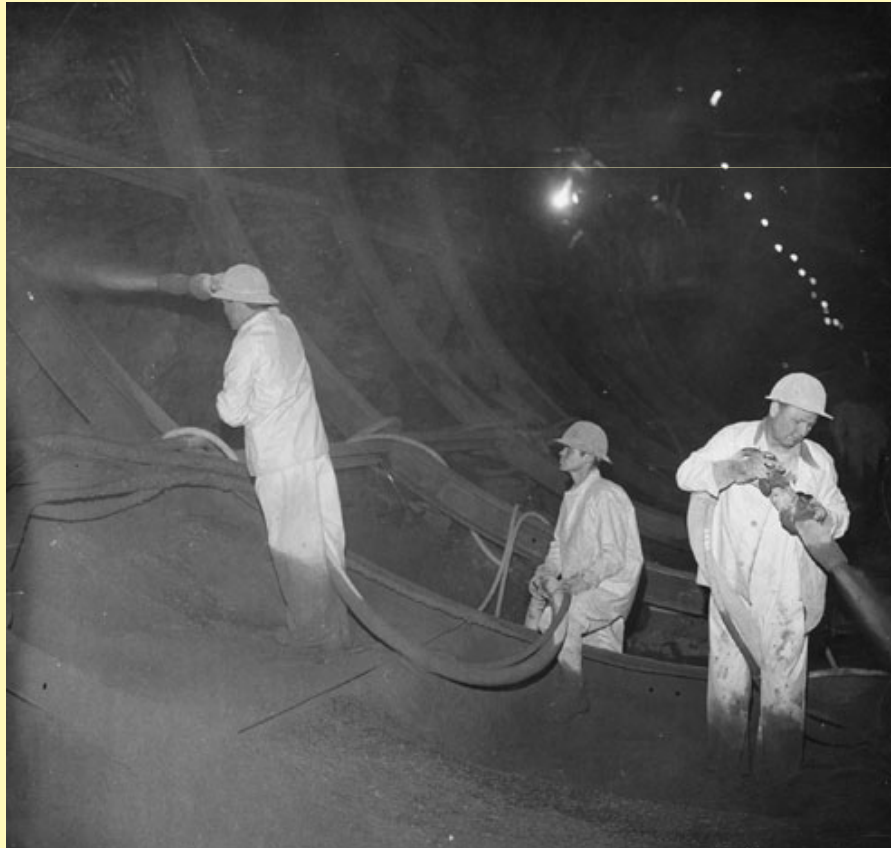


# Ventajas del Shotcrete VH



## MEJOR AMBIENTE DE TRABAJO

- Disminuye la polución de polvo.



# Ventajas del Shotcrete VH



## EQUIPOS MODERNOS

- Cumplen con los límites permisibles de emisión de monóxido (DS 055).



# Proceso de Aplicación – Vía Húmeda



1. Dosificación



2. Verificación



3. Trasegado



7. Ensayos



5. Lanzado



4. Transporte



6. Muestreo

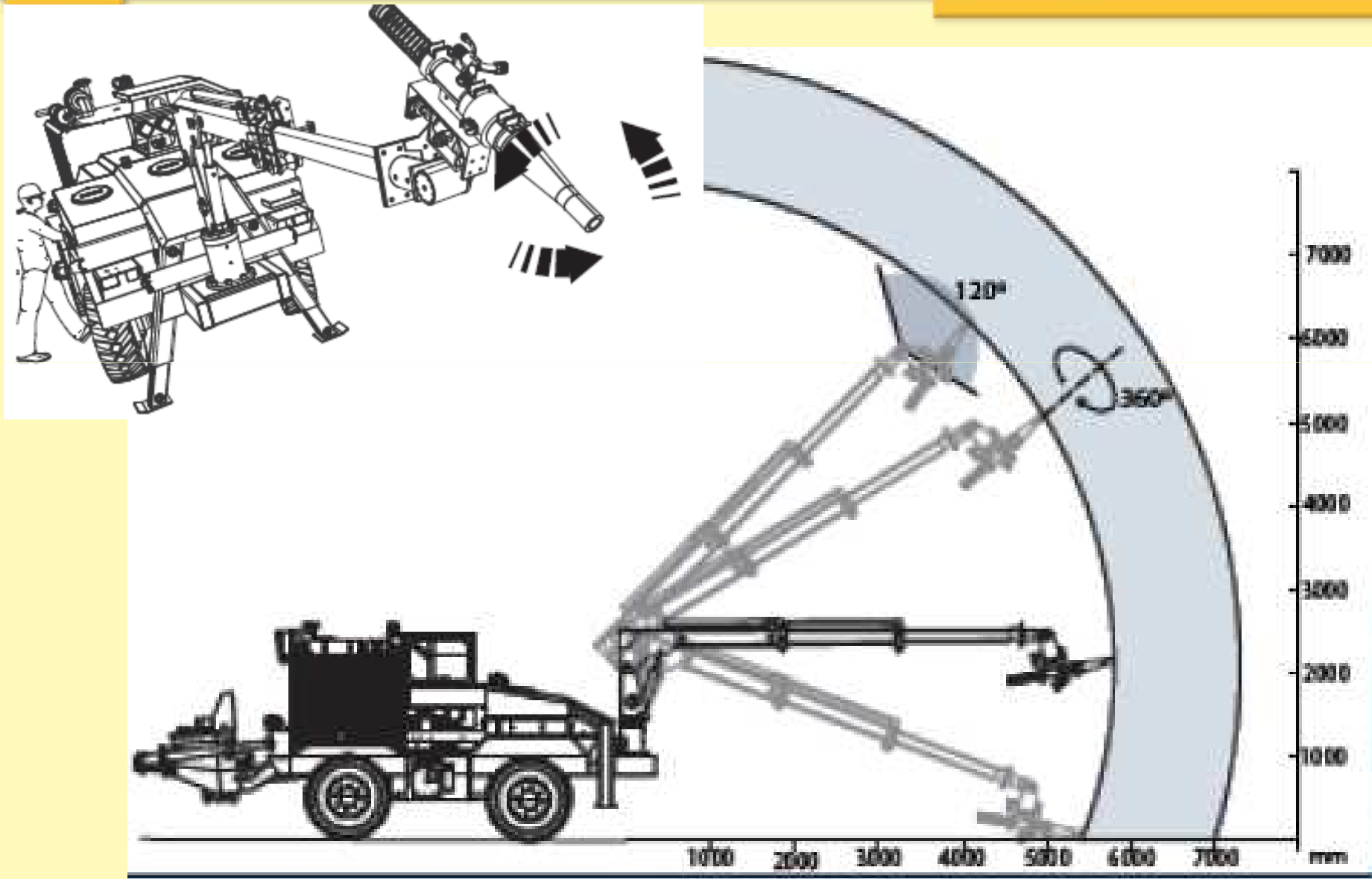


# Aplicación del Shotcrete VH



**EQUIPO DE PROYECCION DE HORMIGON**

# Aplicación del Shotcrete VH



# Lanzado de Shotcrete Vía Húmeda



**Fuerza de impacto:** es función de la velocidad y de la distancia de proyección.

**Distancia de proyección:** 0,8m – 1,2m



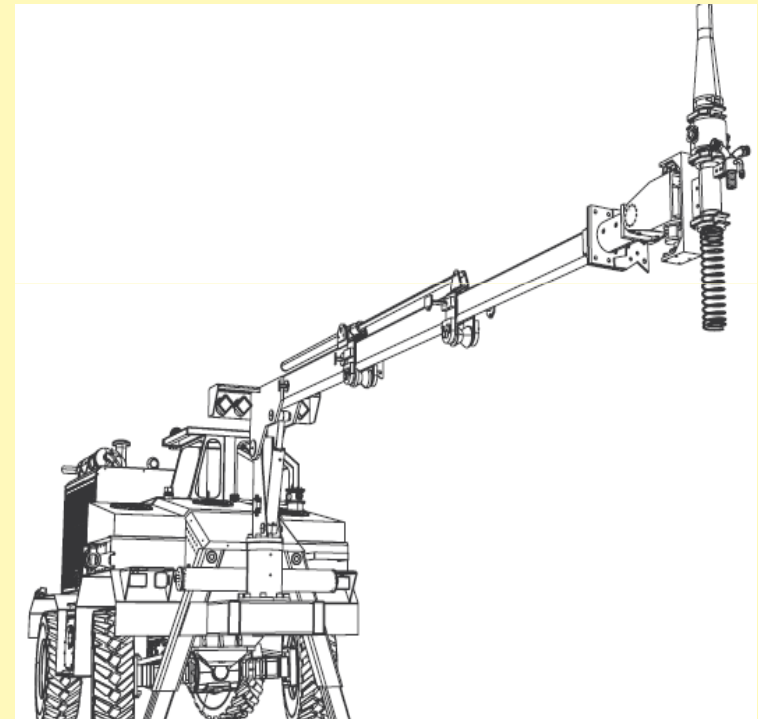
*Fuente: Concreto lanzado, proceso de colocación y evaluación de producto. Mar del Plata Argentina*

# Lanzado de Shotcrete Vía Húmeda



La velocidad de colocación es función de:

- El caudal de concreto.
- Presión y caudal del aire.
- Diámetro de la tubería.
- Longitud de la tubería.
- Tipo y posición de boquilla.
- Angulo de proyección perpendicular a la superficie
- Movimientos circulares





# Control del Porcentaje de rebote:

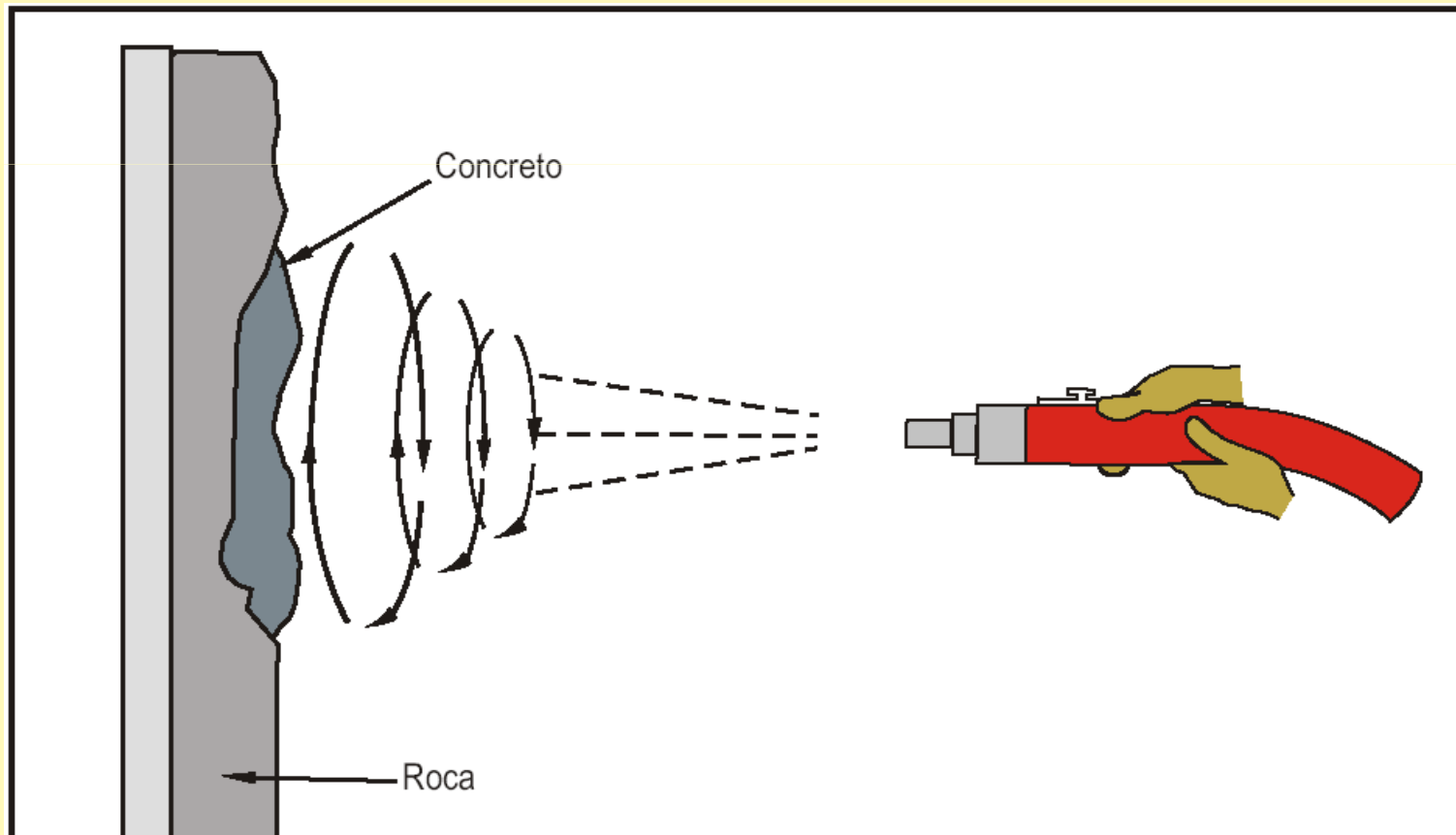


- Se realiza para determinar la cantidad de shotcrete que no se adhiere a la superficie sobre la cual se está lanzando, respecto al concreto total lanzado.
- Se lanza un volumen determinado de una misma bachada (un viaje) y al final del proceso de lanzado, se recupera el concreto que esté en el piso, el cual previamente debe tener un plástico o carpa para que el concreto no se contamine.
- Se compara en peso la cantidad que se recoja respecto al total lanzado y se lleva a porcentaje.
- Un porcentaje de rebote adecuado puede estar entre el 5% y el 10%

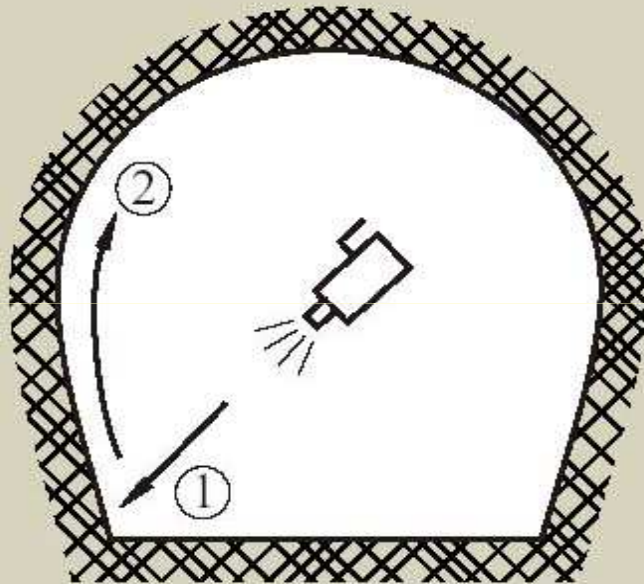
# Lanzado de Shotcrete Vía Húmeda



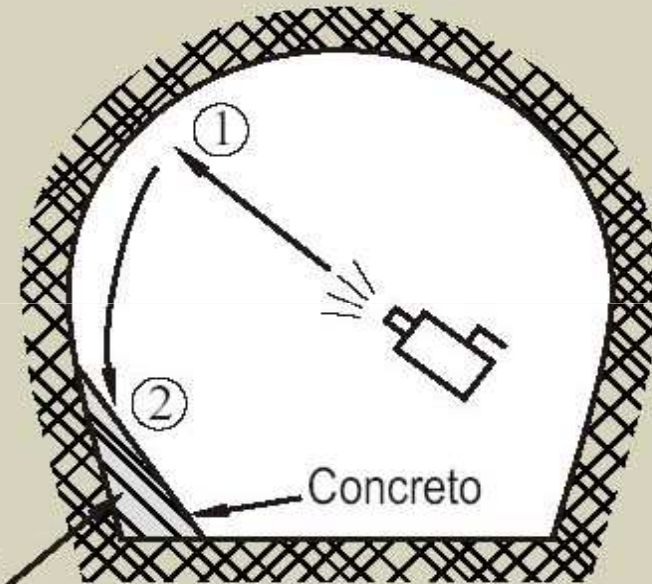
La boquilla debe ser dirigida perpendicularmente a la superficie rocosa y debe ser rotada continuamente en una serie de pequeños óvalos o círculos.



# Lanzado de Shotcrete Vía Húmeda



CORRECTO

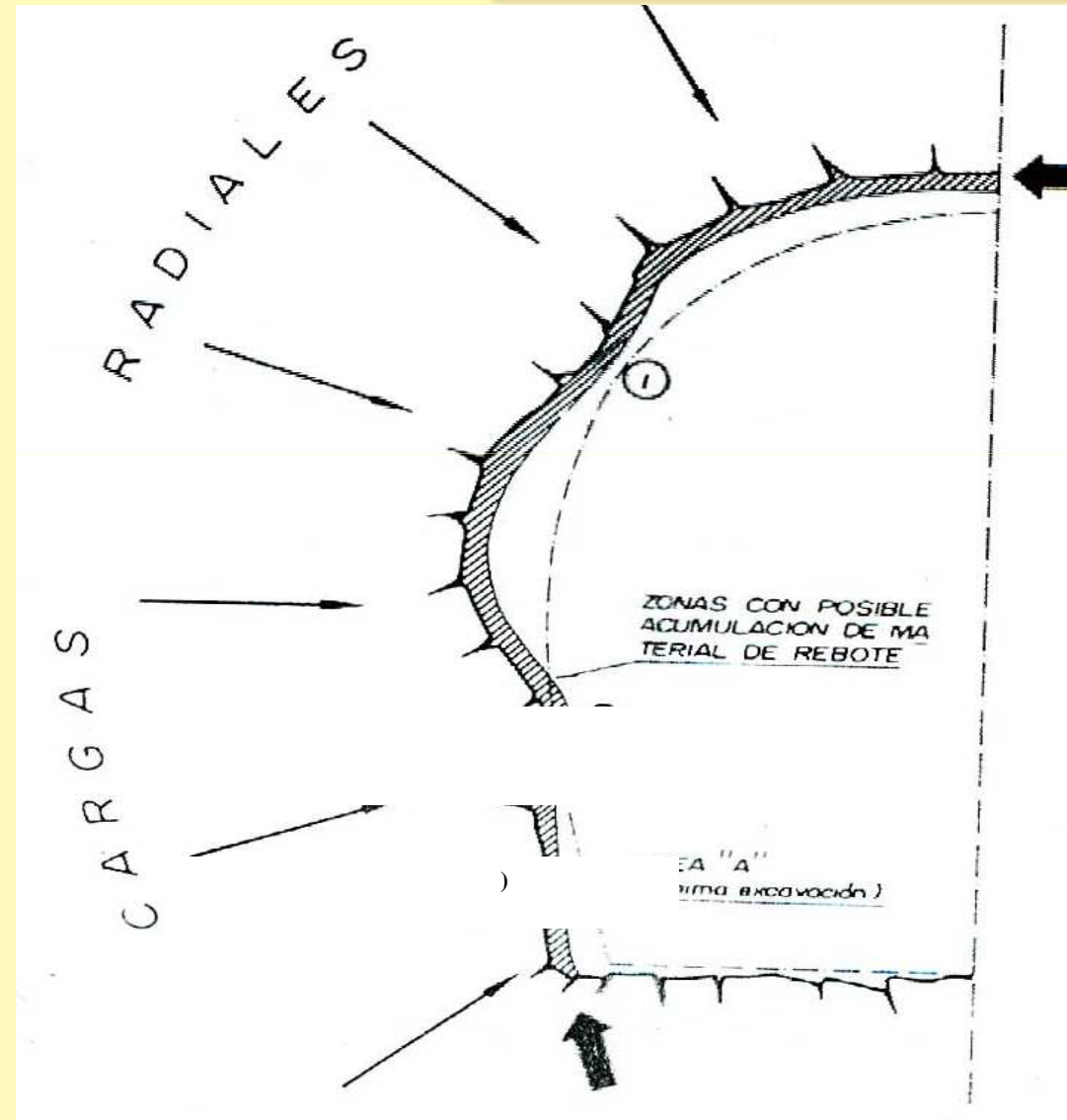


INCORRECTO

# CONTROL DEL ESPESOR



En la corona el espesor debe ser el necesario para evitar la caída del shotcrete, generalmente de 2" (5cm) en cada pasada de las paredes verticales.





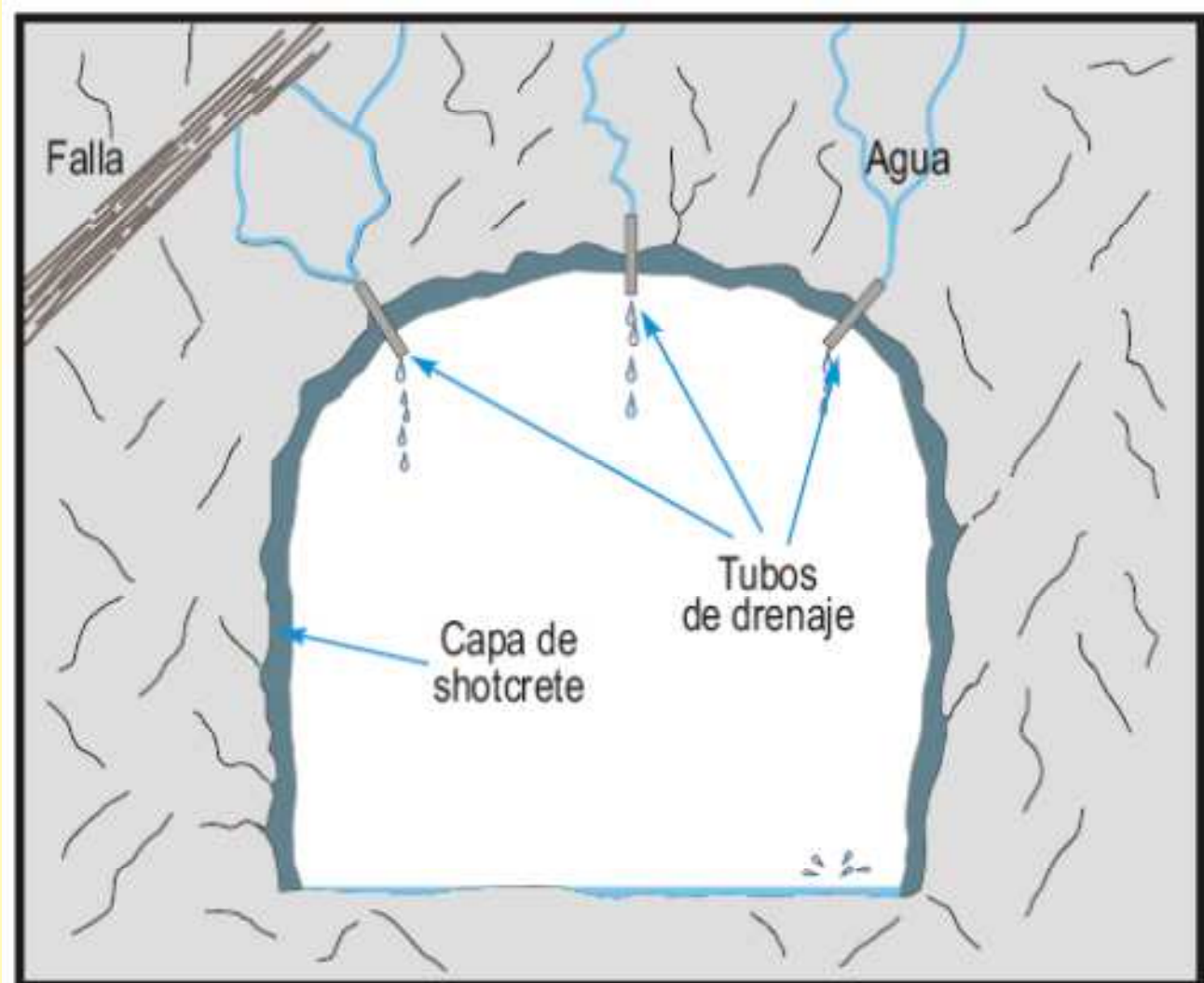


Fotografia : Victor Alegre Dextre

# Lanzado de Shotcrete Vía Húmeda



Agua controlada mediante tubería de drenaje.







# Muestreo de Paneles Cuadrados para Resistencia a la Compresión:



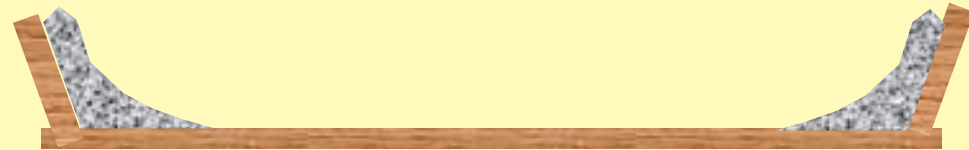
# Muestreo de Panel



**Correcto  
lanzando de  
los Paneles  
para Ensayos**



**PASO 1**



**PASO 2**



**PASO 3**



**PASO 4**



# Calidad y Desempeño

**“ Hacer las cosas bien, en la primera vez “**

## Causas de un Shotcrete de baja calidad en Minería:

- Especificaciones técnicas inadecuadas o inexistentes.
- Equipos e infraestructura de proyección inadecuados.
- Mano de obra no calificada.
- Incorrectas técnicas de aplicación.





## Causas de un Shotcrete de baja calidad en Minería:

- Deficiente logística de suministros.
- Servicios inadecuados (aire comprimido, agua y energía).
- Control de calidad ineficiente o inexistente.
- Fuerte resistencia al cambio.

# Causas de un Shotcrete de baja calidad en Minería:



Muestreo incorrecto de paneles cuadrado:











# Causas de un Shotcrete de baja calidad en Minería:



**Misma mezcla (del mismo transporte)**  
**proyectado en pruebas de aptitud por**  
**dos diferentes Lanzadores**





***Gracias por su atención !!!!***