


# OPTIMIZACION DE TIEMPOS DE RETARDO MEDIANTE EL ESTUDIO DE ONDA ELEMENTAL EN MINERA LAS BAMBAS

Ing. Derly Vizcarra Arias

 **CONSTRUYENDO  
JUNTOS UN  
PERÚ MEJOR**

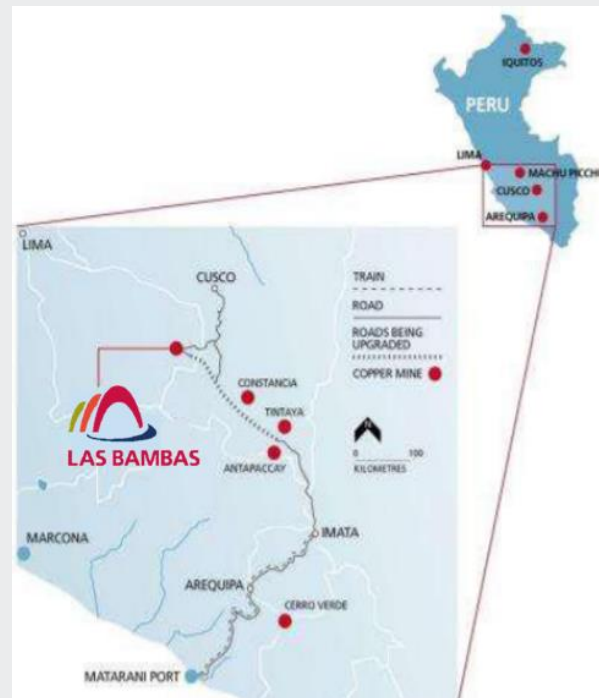


# Ubicación

La Unidad Minera Las Bambas se ubica entre los distritos de Challhuahuacho, Tambobamba y Coyllurqui, provincia de Cotabambas, y el distrito de Progreso, provincia de Grau, en la Región Apurímac, a una altitud que varía entre los 3.800 y 4.600 m.s.n.m., aproximadamente 216 km al suroeste de la ciudad de Cusco.



- Capacidad instalada de 145,000 ton/día.
- Concentrado de cobre (Cu) y molibdeno (Mo).



## Situación

Las vibraciones generadas por las voladuras pueden alterar la matriz del macizo rocoso a corta y larga distancia desde el punto de disparo.

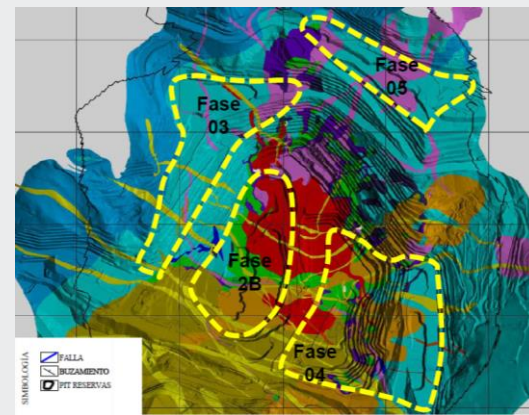
Se puede presentar un desplazamiento de roca no controlada sino se tiene un buen control de las zonas de falla, cuñas y zonas alteradas.

En las Fases 3 y 5 del tajo Ferrobamba se tienen zonas alteradas, fallas y planos estructurales desfavorables.

Zonas de control



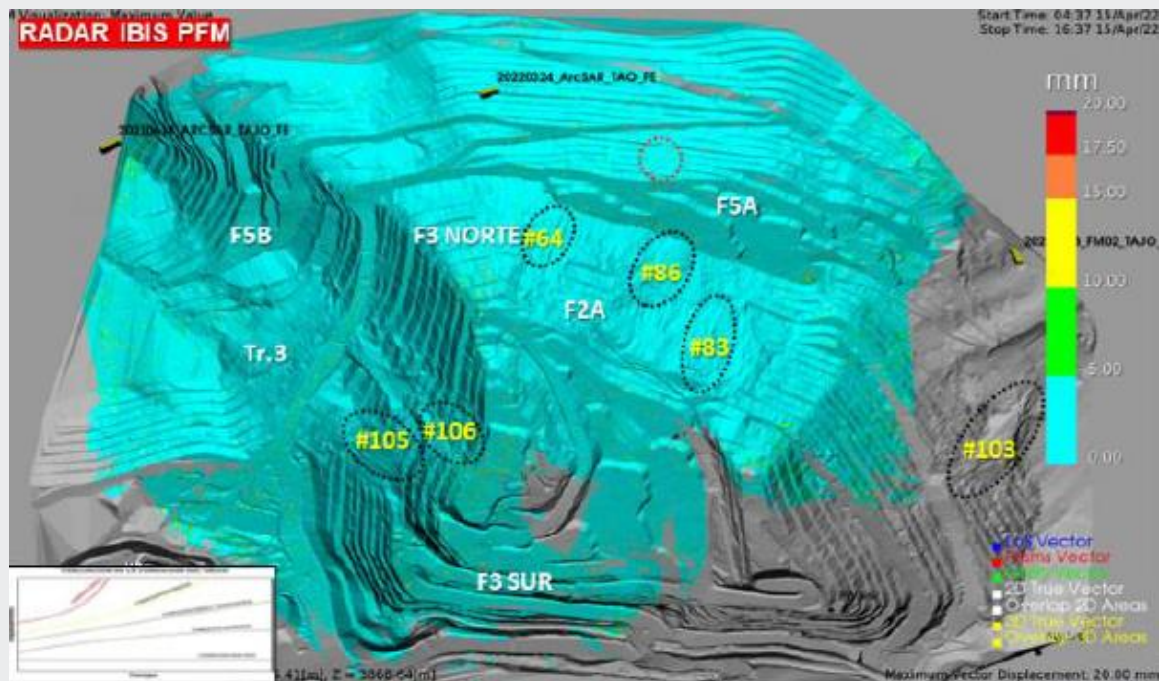
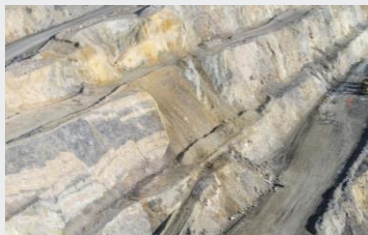
Geología



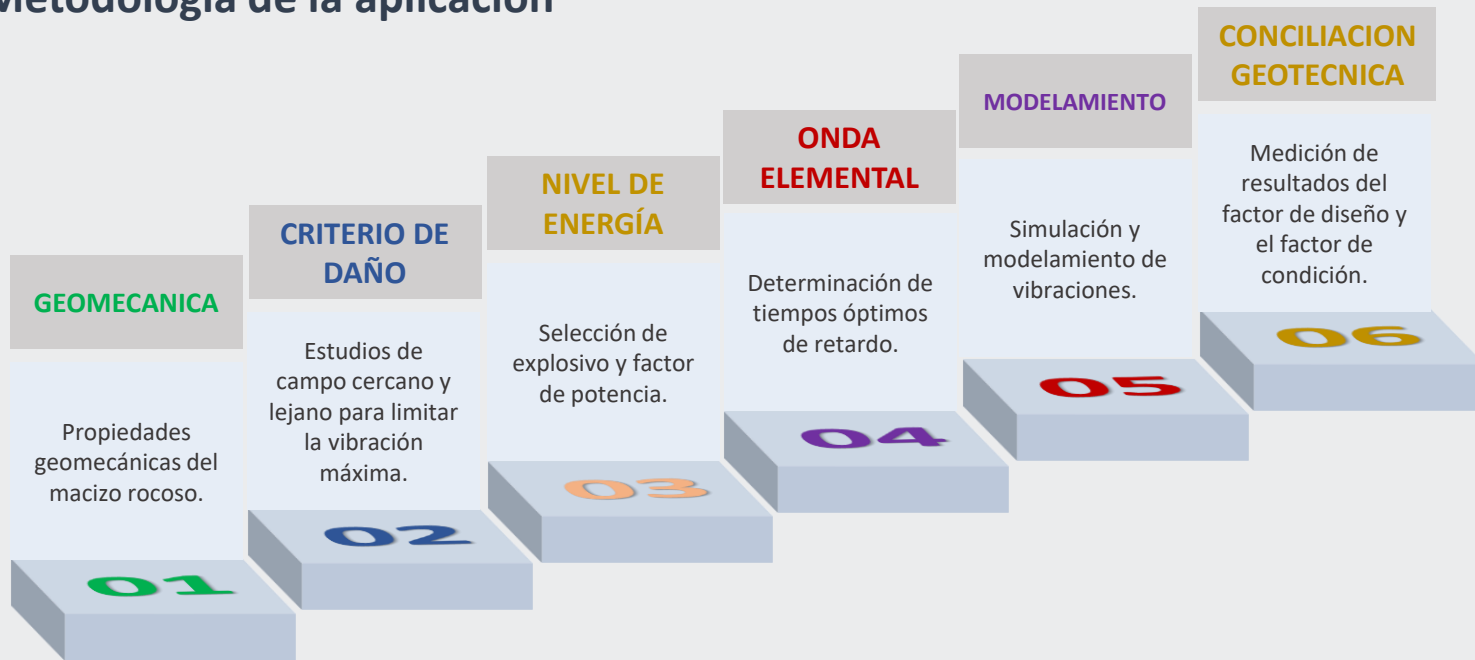
LEYENDA	SEDIMENTOS	INTRUSIVOS	ALTERACION
	LMT	MZQ MZH MZM MBF MZB	MBL MBC SK ENDO

## Objetivo

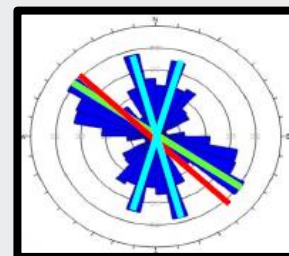
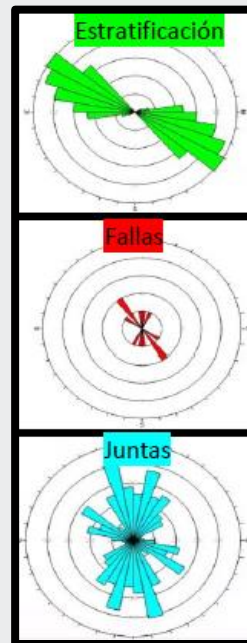
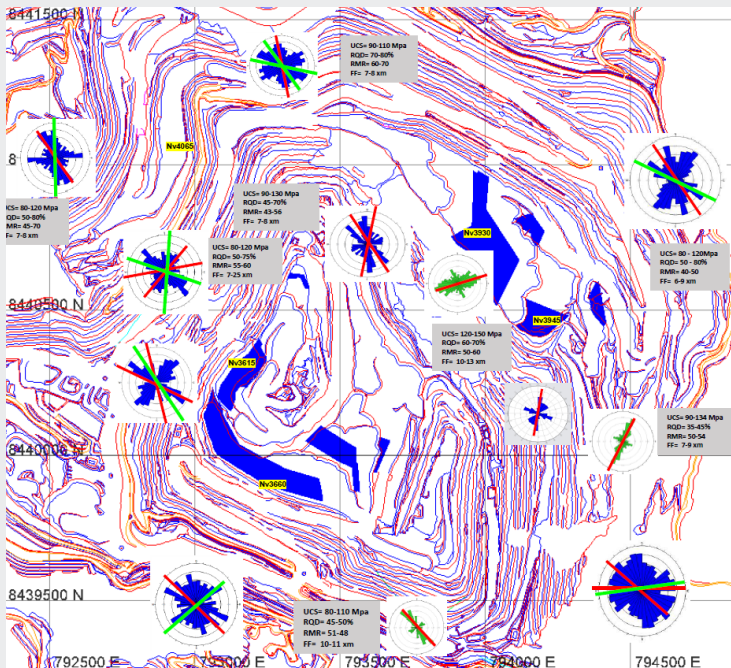
Reducir el impacto por voladura hacia los taludes aplicando metodologías técnicas que permita reducir las vibraciones e incrementar las frecuencias durante el proceso de voladura.



## Metodología de la aplicación

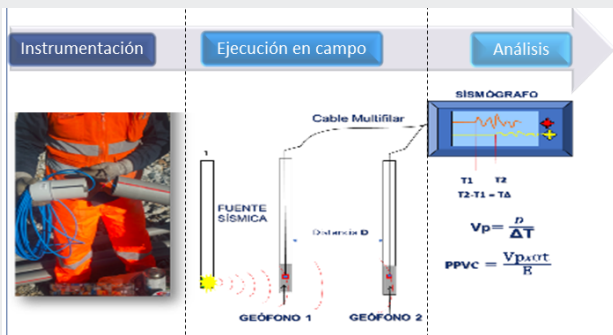


# 01 Geomecánica del tajo Ferrobamba

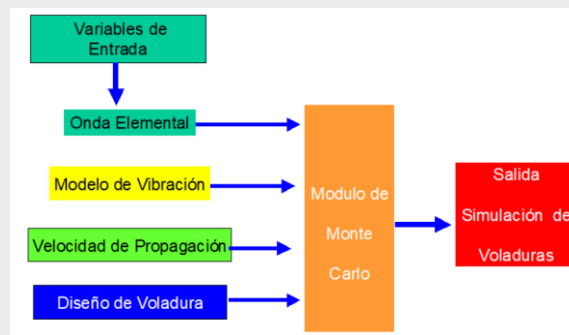


## 02 Criterios para el control de daño

### Estudio de campo cercano



### Estudio de Campo Lejano



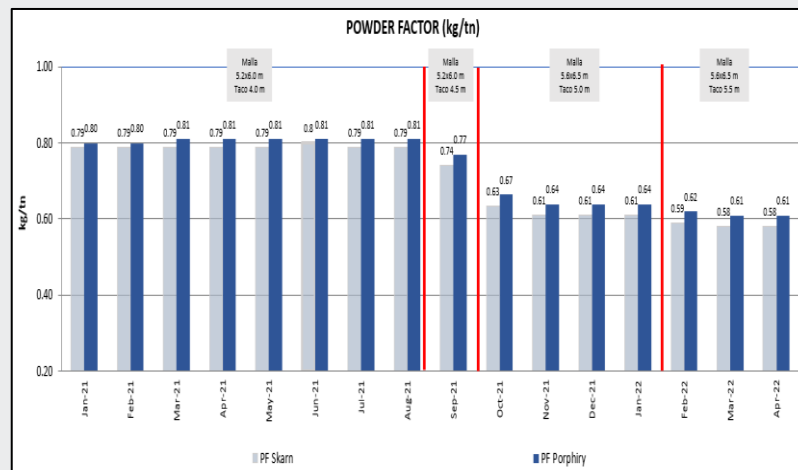
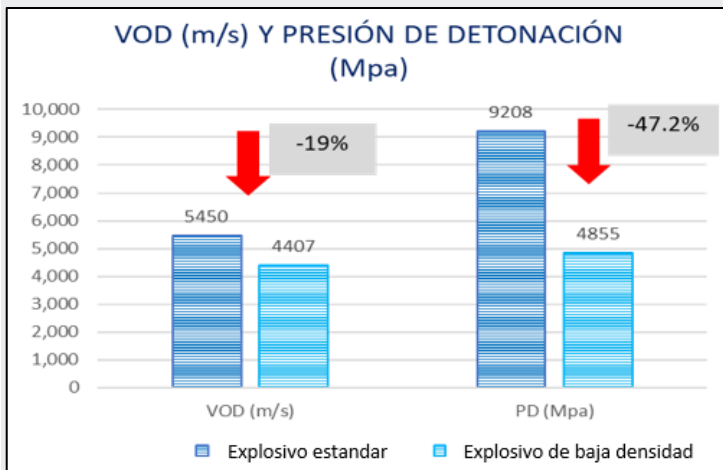
Lito	UCS - MMG (Mpa)	Em - MMG (Gpa)	Tx - MMG (Mpa)	Vp-1 (Gpa)	Vp-2 (m/s)	PPVc (mm/s)
Skam	111.9	21.9	12.8	44.8	5 052	1 442
Marmol	97.5	16.5	6.6	41.0	4 867	786
Marmol con Calcosilicatos	113.1	20.1	7.6	45.1	5 066	853
Endo Skam	189.6	18.6	12.6	63.4	5 830	1 155
Contacto Brecha	46.4	5.0	3.9	25.2	3 976	670
Monzonita Biotitica	208.0	10.1	13.0	67.3	5 979	1 157
Monzonita Horblendica	171.2	8.5	11.1	59.3	5 670	1 065
Monzonita Mafica	190.1	6.8	13.2	63.5	5 834	1 209
Monzonita Quarcifera	191.0	13.0	12.5	63.7	5 842	1 149
Monzonita Biotitica Fina	198.7	10.7	11.8	65.4	5 905	1 062

Tipo de Roca	Abrev.	Codigo Ut.	Densidad (g/cc)	RMR (%)		Em: Modulo de Young (GPa) Macizo rocoso		Módulo de Poisson	E: Modulo de Young (GPa) Roca Intacta		Vp: Velocidad de Onda P (m/s)	
				Min	Max	Min	Max		Mean	Min	Max	Min
Skam	SK	40	3.258	43.07	78.85	6.71	57.70	0.18	31.67	103.83	3207	5881
Mármol	MBL	47	2.871	42.55	73.99	6.51	47.98	0.27	32.12	98.82	3739	6558
Mármol con Calcosilicatos	MBC	48	2.827	45.58	74.56	7.75	49.12	0.32	35.16	99.58	4218	7100
Endo Skam	ENDO	50	2.870	43.31	75.29	6.80	50.58	0.27	32.86	100.48	3782	6614
Contacto Brecha	BK	62	2.588	22.94	52.84	2.11	5.68	0.25	17.91	21.05	2882	3124
Monzonita Biotitica	MZB	76	2.636	39.59	70.47	5.49	40.94	0.28	29.41	92.98	3777	6755
Monzonita Horblendica	MZH	77	2.636	37.82	70.7	4.96	41.40	0.19	27.90	93.43	3409	6238
Monzonita Mafica	MZM	78	2.636	36.27	70.55	4.54	41.10	0.32	26.64	93.14	3803	7111
Monzonita Quarcifera	MZQ	79	2.636	41.27	71.75	6.05	43.50	0.21	38.97	95.34	3634	6381
Monzonita Biotitica Fina	MZF	86	2.636	40.42	70.28	5.76	40.56	0.19	38.15	92.40	3543	6210

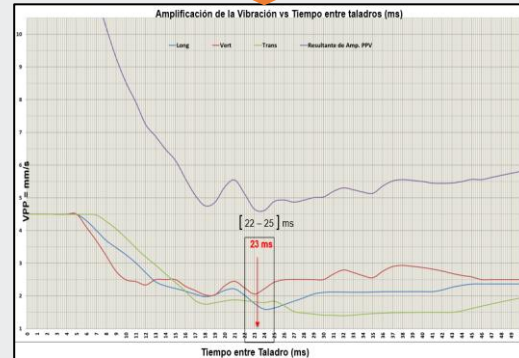
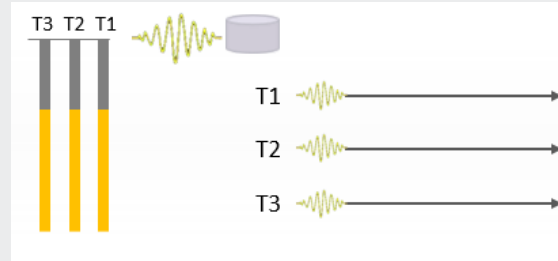
## 03 Nivel de energía

Explosivo para control de impacto

Reducción del Factor de Potencia

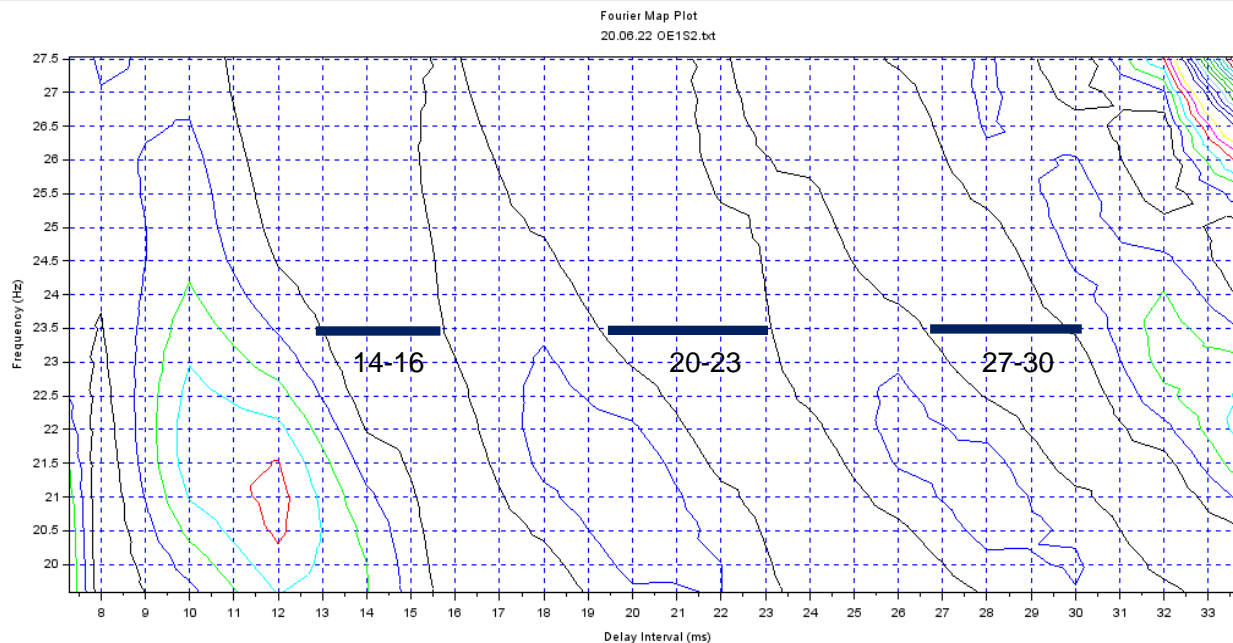


## 04 Estudio de onda elemental

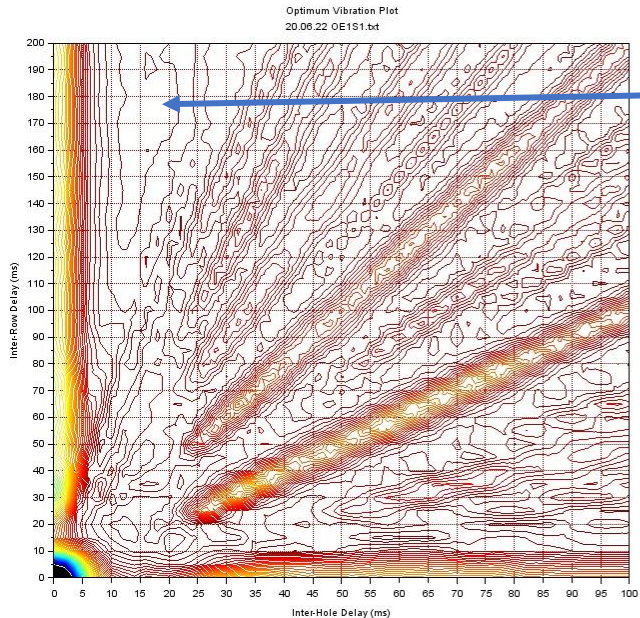




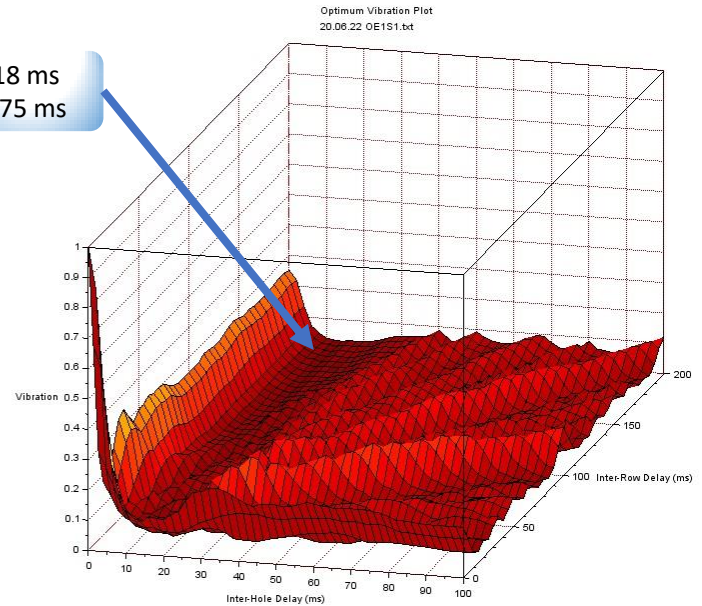
## Análisis de Onda Elemental



## Análisis de Onda Elemental



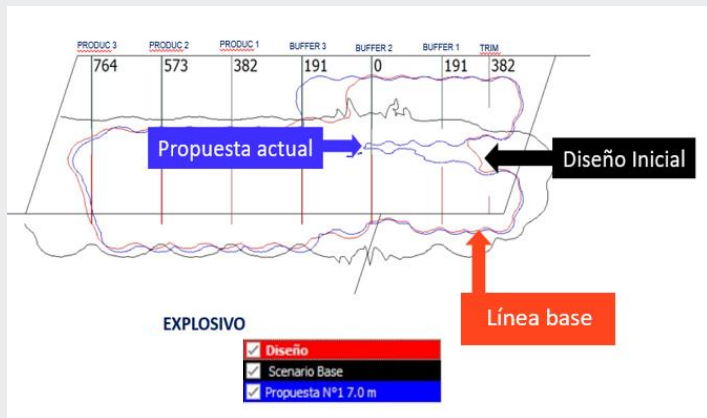
18 ms  
175 ms



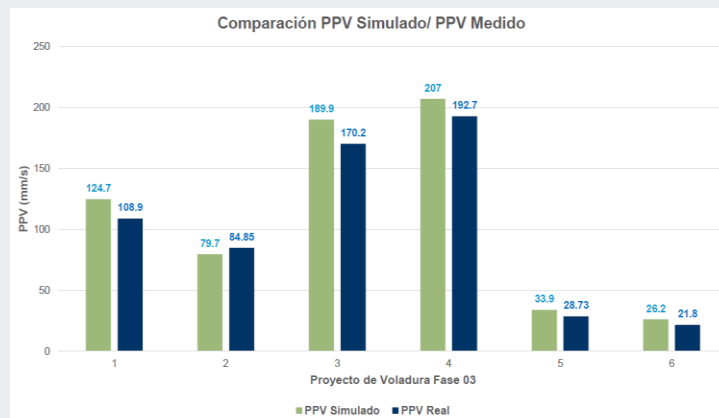


## 05 Simulación y modelamiento de vibraciones

### Simulación de daño



### Modelamiento de vibraciones



## 06 Conciliación geotécnica

Resumen de Perdida de Cresta

Nivel	Proyectos	N° Banco	CB			
			2020	2021	Δ	%Δ
3975 - 3960	Remediación Nv.3975 - 3960	B1	5.18	2.93	-2.25	-43%
	Remediación Nv.3975 - 3960	B2	5.18	1.97	-3.21	-62%
3960 - 3945	Remediación Nv.3960 - 3945	B1	8.57	1.30	-7.27	-85%
	Remediación Nv.3960 - 3945	B2	8.57	0.69	-7.88	-92%
3945 - 3930	Remediación Nv.3945 - 3930	B1	4.03	1.38	-2.65	-66%
	Remediación Nv.3945 - 3930	B2	4.03	0.43	-3.60	-89%
3930 - 3915	Remediación Nv.3930 - 3915	B1	16.05	0.61	-15.44	-96%
3915 - 3900	Remediación Nv.3915 - 3900	B1	4.80	2.73	-2.07	-43%
3900 - 3885	Remediación Nv.3900 - 3885	B2	5.41			
Promedio:			6.87	1.51	Promedio %ΔCB	-72%

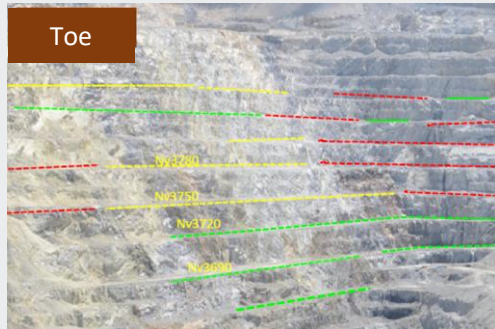
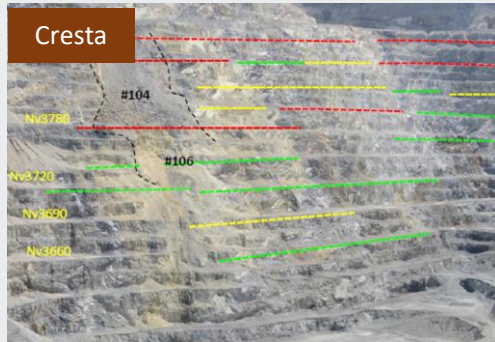
Resumen de Extensión de Toes

Nivel	Proyectos	N° Banco	TB			
			2020	2021	ΔTB	%TB
3975 - 3960	Remediación Nv.3975 - 3960	B1	4.87	1.84	-3.03	-62%
	Remediación Nv.3975 - 3960	B2	4.87	4.02	-0.85	-17%
3960 - 3945	Remediación Nv.3960 - 3945	B1	2.49	2.17	-0.32	-13%
	Remediación Nv.3960 - 3945	B2	2.49	3.71	1.22	49%
3945 - 3930	Remediación Nv.3945 - 3930	B1	4.94	1.75	-3.19	-65%
	Remediación Nv.3945 - 3930	B2	4.94	1.14	-3.80	-77%
3930 - 3915	Remediación Nv.3930 - 3915	B1	4.80	1.45	-3.35	-70%
3915 - 3900	Remediación Nv.3915 - 3900	B1	10.13	2.78	-7.35	-73%
3900 - 3885	Remediación Nv.3900 - 3885	B2	2.71			
Promedio:			4.69	2.36	Promedio %ΔTB	-41%

### Comparativo

	2020	2021	Δ%	
CB	6.87	1.51	-72%	(-) Reducción pérdida de cresta
TB	4.69	2.36	-41%	(-) Reducción extensión de toes
BFA	0.45	0.55	24%	(+) Incremento del BFA

## Conciliación geotécnica y modelamiento de tiempos de retardo



## Conclusiones

- ☀ El monitoreo de la onda por detonación de taladro individual permitió la simulación de las voladuras considerando la secuencia de salida y la geometría de los proyectos de voladura.
- ☀ Se definió una relación óptima entre secuencia de salida y tiempo de retardo entre taladros y filas con el fin de recudir el daño hacia los taludes.
- ☀ Se pudo asociar los criterios de diseño de los proyectos de voladura con el fin de incrementar el nivel de las frecuencias y reducir las vibraciones.
- ☀ Entre el 2020 y 2021 se pudo reducir la perdida de cresta en un 72% y la presencia de toe se redujo en un 41%, aumentando los niveles de frecuencia de las voladuras en 100% desde el 2018 a la fecha.



CONSTRUYENDO  
JUNTOS UN  
PERÚ MEJOR



FORO DE  
**TECNOLOGIA**  
INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD

