



Soluciones sostenibles para minería

La sostenibilidad en minería se construye desde la ingeniería

Fecha : 13 de Mayo, 2026

Presentado por : César R. Torres Chung
Gerente de Sector Minería LATAM



Minería Sostenible

La **minería sostenible** busca desarrollar **operaciones más seguras, resilientes y eficientes**, integrando **criterios ambientales, sociales y económicos** a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto. Hoy la sostenibilidad no solo implica reducir impactos, sino también diseñar **infraestructura minera** capaz de **gestionar riesgos, optimizar recursos y adaptarse a los desafíos del cambio climático**.

Características clave de la infraestructura minera sostenible

1. **Eficiencia en el uso de los recursos:** minimiza el consumo de agua, energía, materiales y suelo.
2. **Resiliencia:** está preparada para enfrentar desastres naturales, cambio climático y otros riesgos.
3. **Bajo impacto ambiental:** reduce emisiones de gases de efecto invernadero, controla la contaminación y preserva la biodiversidad.
4. **Equidad social:** promueve el acceso universal, reduce brechas sociales y respeta los derechos humanos.
5. **Viabilidad económica:** es financieramente sostenible, promueve el empleo local y aporta al desarrollo a largo plazo.

¿ PORQUE HABLAR DE SOSTENIBILIDAD EN MINERÍA?

1. Cambio climático y resiliencia

- Eventos climáticos críticos
- Escasez hídrica
- Riesgos sobre infraestructura minera
- Mayor necesidad de resiliencia

2. Exigencias ESG y regulación

- Nuevas exigencias ambientales
- Reportes de huella de carbono
- Financiamiento verde
- Estándares internacionales

3. Gestión del agua y relaves

- Uso eficiente del agua
- Control de filtraciones
- Seguridad de relaves
- Gestión ambiental de componentes mineros

4. Gestión del riesgo geotécnico

- Estabilidad de taludes
- Control de caída de rocas
- Erosión y drenaje
- Infraestructura resiliente
- Seguridad operacional

5. Competitividad y eficiencia

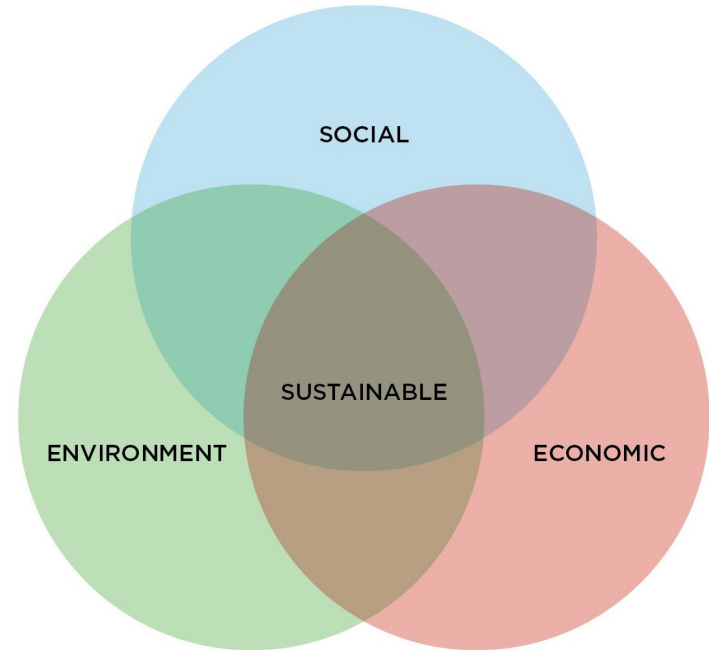
- Optimización de materiales
- Menor huella de carbono
- Reducción de costos de ciclo de vida
- Infraestructura de mayor durabilidad



¿QUE ES LA SOSTENIBILIDAD EN LOS DISEÑOS DE INGENIERÍA?

Diseño de Ingeniería Tradicional vs Diseño de Ingeniería Sostenible

- La ONU define el desarrollo sostenible como “el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades”.
- Mientras que el diseño de ingeniería tradicional se centra principalmente en la función, el costo y la seguridad, el diseño de ingeniería sostenible también considera el impacto del diseño en la sociedad y el medio ambiente.
- Para que un diseño de ingeniería sea sostenible, es necesario equilibrar los requisitos en competencia de los tres pilares, a saber, el medio ambiente, la economía y la sociedad.



Soluciones en Proyectos de Ingeniería para Minería



Soluciones en Proyectos de Ingeniería para Minería

MACCAFERRI
AMERICA LATINA

PRESAS DE RELAVE / PISCINAS

8

DES HIDRATACIÓN DE LODOS
Y SEDIMENTOS

9

REFUERZO DE BASE
SEPARACIÓN DE SUELO

7

CONTROL DE EROSIÓN

6

MUROS DE CONTENCIÓN

3

TRINCHERA DRENANTE

10

CANALIZACIONES

2

MUROS EN SUELO
REFORZADO

1

REVESTIMIENTO Y
PROTECCIÓN DE TALUDES

5

PROTECCIÓN CONTRA
CAIDA DE ROCAS

4





Contención a gravedad



Suelo Reforzado



Estructuras Hidráulicas



Control de Caída de Rocas



Soil Nailing



Refuerzo



Filtración



Drenaje



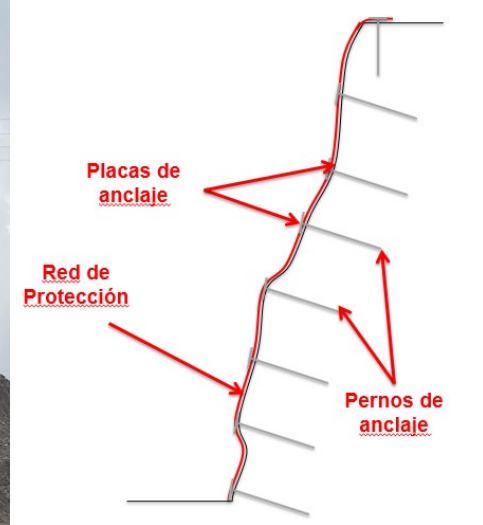
Impermeabilización

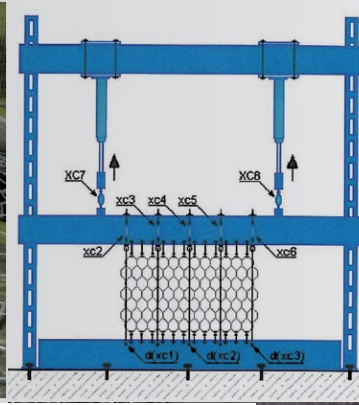
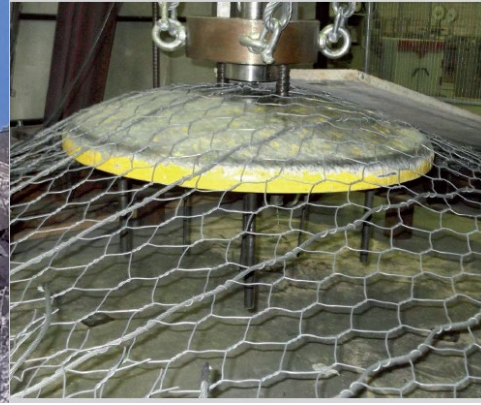


Control de Erosión

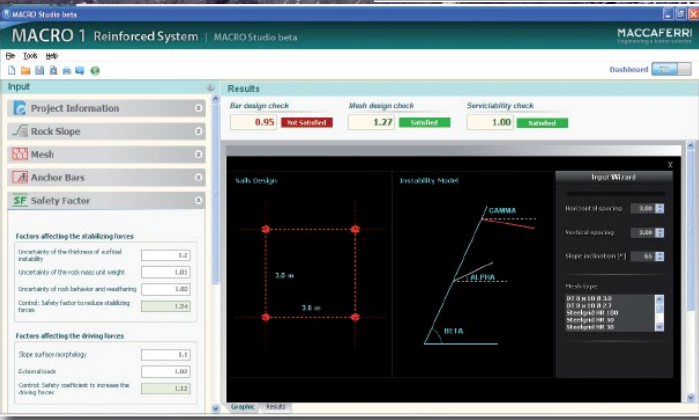
Diseño de vías resilientes, soluciones de estabilización, mantenimiento preventivo







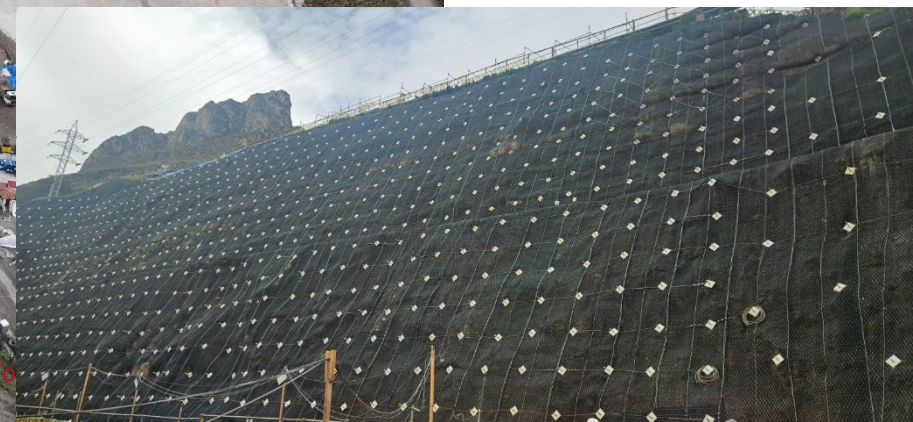
Propiedades físicas y mecánicas de los refuerzos metálicos (malla y cable de acero)					Normas de referencia	
SteelGrid®		HR 30	HR 50	HR 100	MO 200	
Resistencia longitudinal a la tracción de la solución ⁽¹⁾	kN/m	177	121	80	60	EN 10223-3
Resistencia nominal a la tracción en la rotura del cable	MPa	1770				EN 10264-2
Tensión de rotura de los alambres ⁽²⁾	MPa	350 a 500 - Clase A				NBR 8964 / ASTM A641 / NB 709
Elongación en la rotura de los alambres ⁽²⁾	%	13 - Clase A				NBR 8964 / ASTM A641 / NB 709
Tipo de malla		8x10				NBR 10514 / EN 10223-3
Diámetro del alambre de la malla	mm	2,7		3,0		NBR 10514 / EN 10223-3
Diámetro del cable de acero ⁽³⁾	mm	8,0				ISO 2408
Carga mínima de rotura del cable de acero ⁽⁴⁾	kN	40,3				ISO 2408





5/18/2026

Geotechnical Tools, Inspired by You

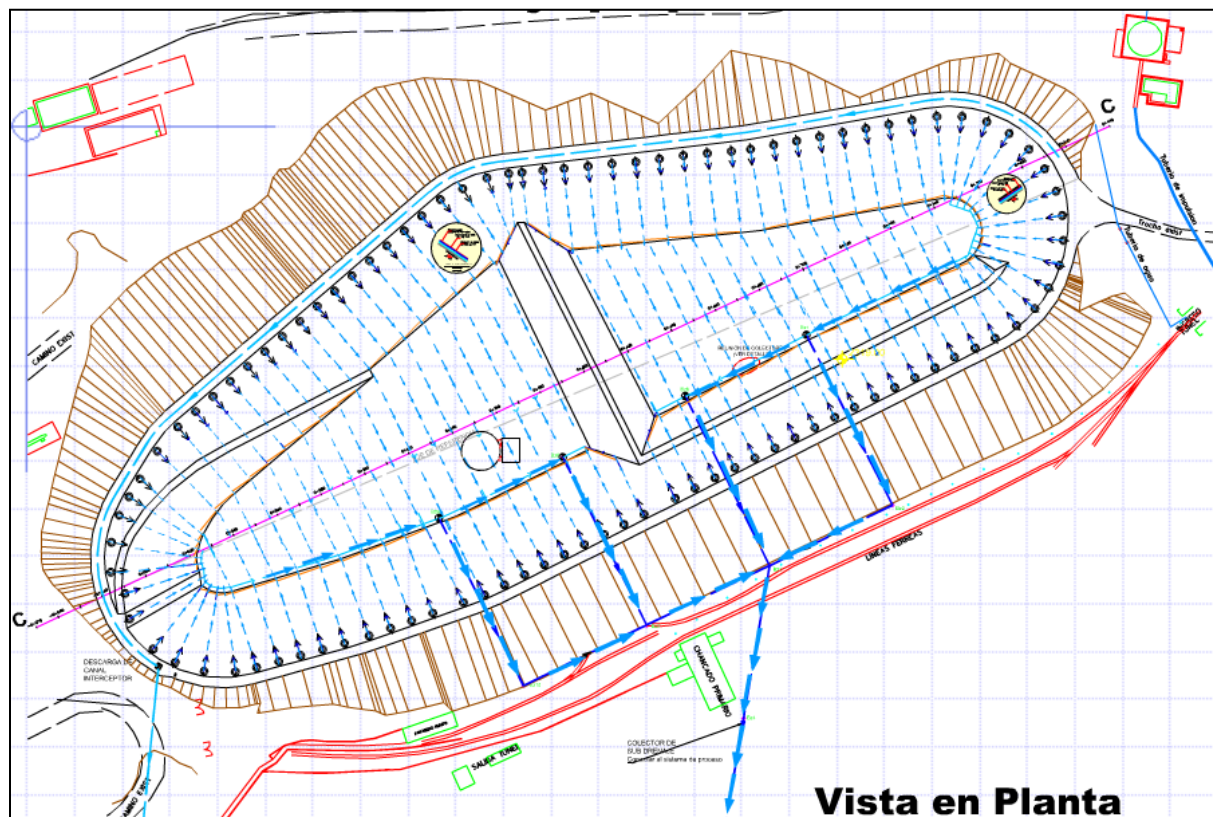


5/18/2026

Geotechnical Tools, Inspired by Yo



Mina Doe Run Cobriza - Huancavelica

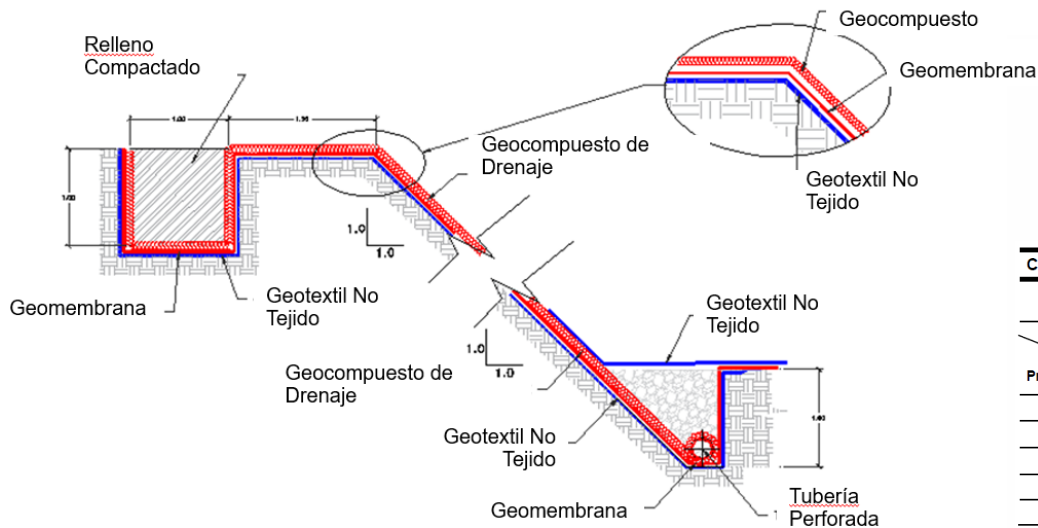


Vista en Planta

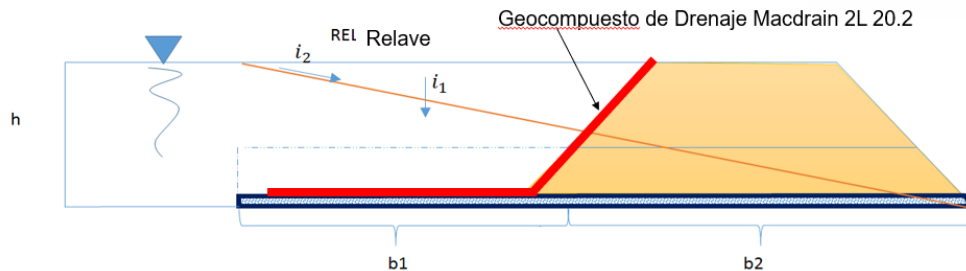
Diseñador: Mansen + Kuroiwa





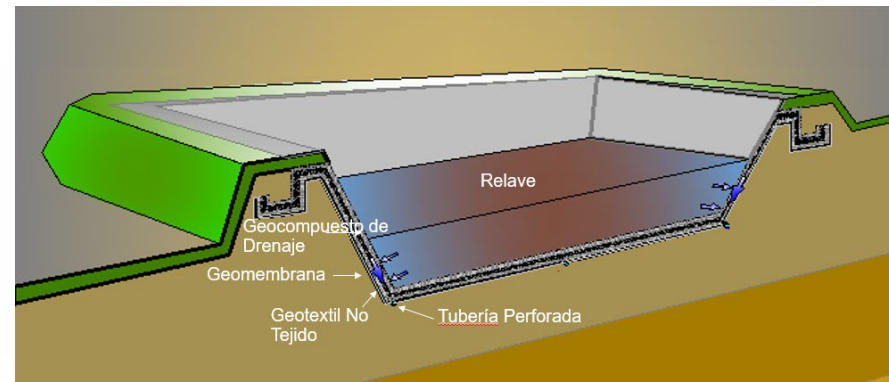


Detalle



Caudal

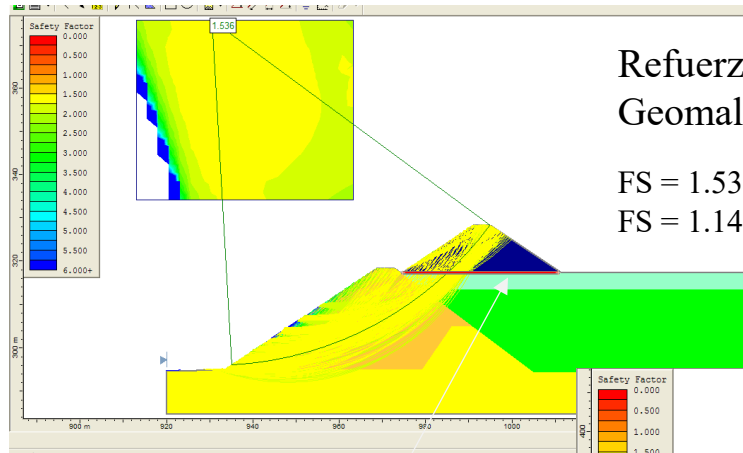
ASTM D 4716	Drenaje horizontal										Drenaje vertical	
	$i = 0.01$		$i = 0.02$		$i = 0.03$		$i = 0.10$		$i = 0.50$		$i = 1.00$	
Gradiente hidráulico												
Presión	l/s.m	l/h.m	l/s.m	l/h.m	l/s.m	l/h.m	l/s.m	l/h.m	l/s.m	l/h.m	l/s.m	l/h.m
10 kPa	0,64	2340	0,70	2556	0,77	2772	1,26	4536	2,17	7848	2,84	10224
20 kPa	0,23	828	0,29	1080	0,33	1224	0,74	2700	1,54	5544	2,17	7848
50 kPa	0,11	432	0,14	540	0,17	648	0,41	1476	0,85	3096	1,35	4860
100 kPa	0,04	144	0,05	180	0,06	216	0,12	432	0,26	936	0,41	1512
200 kPa	0,02	72	0,02	72	0,02	108	0,04	144	0,08	324	0,13	468







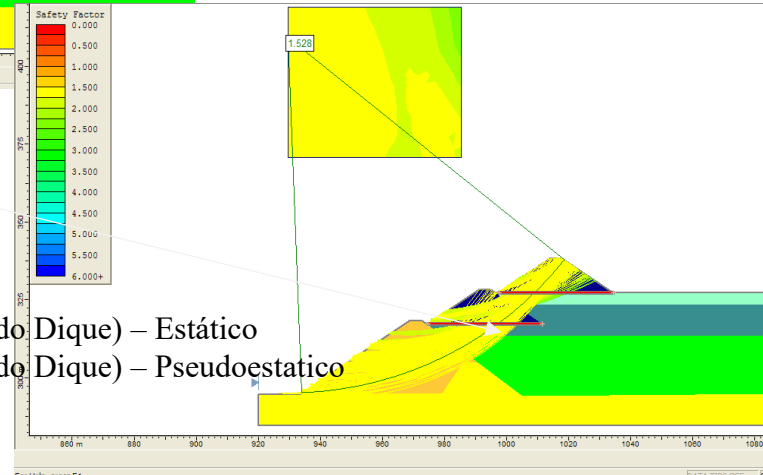
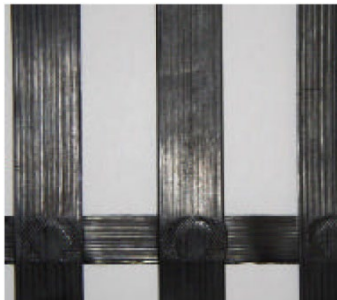




Refuerzo de Cimentación de Presas Geomallas Uniaxiales MacgridS 200-05

FS = 1.536 (1er Dique) – Estático

FS = 1.146 (1er Dique) – Pseudoestático



FS = 1.528 (2do Dique) – Estático

FS = 1.121 (2do Dique) – Pseudoestático



RECRECIMIENTO PRESA DE RELAVES SANTA MARIA

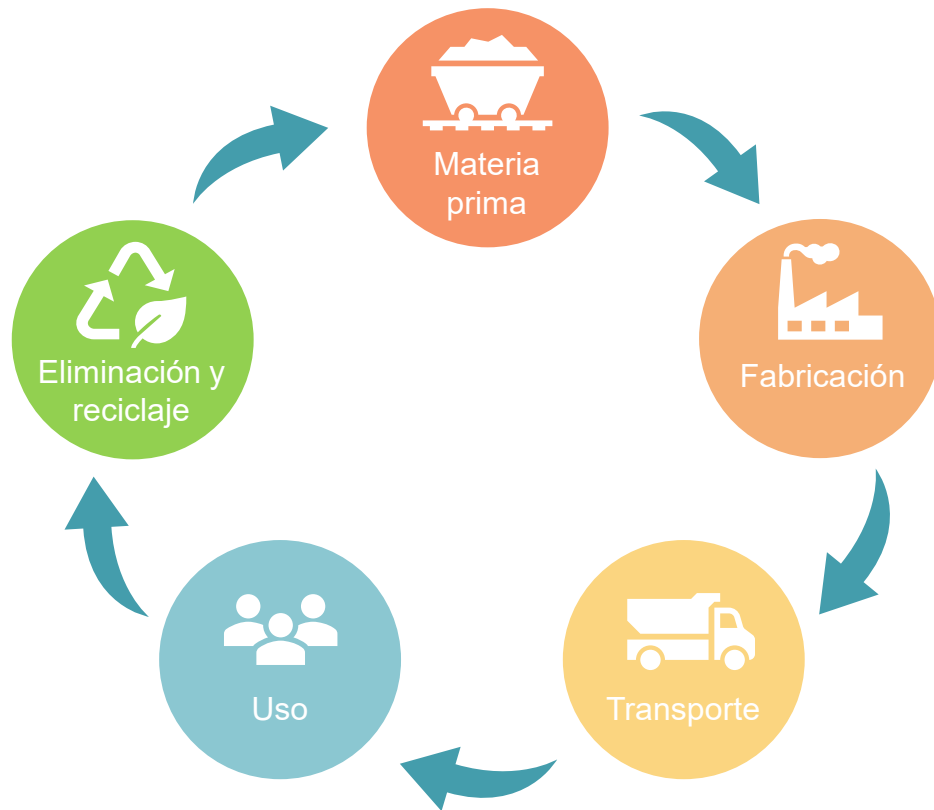


11/10/2009

Diseñador: Ing. Luis Haro

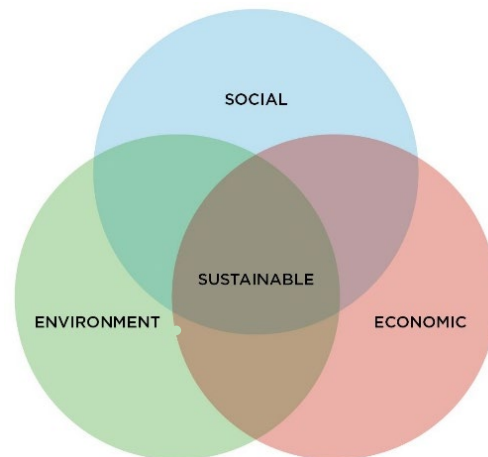
¿COMO CUANTIFICAR LA SOSTENIBILIDAD?

Ciclo de vida de un producto/proceso/servicio



Análisis Ciclo Vida

La ACV implica un inventario de los **materiales, la energía y las emisiones** que intervienen en el ciclo de vida de un **producto, proceso o servicio** y, por lo tanto, calcula el impacto potencial acumulativo sobre el **medio ambiente**.



Categorías de impacto para el ACV

El desempeño ambiental se evalúa con referencia a seis indicadores de categoría de impacto enumerados a continuación.

Indicadores de categorías del ACV (LCA)

El Análisis de Ciclo de Vida se lleva a cabo con referencia a **6 categorías de impacto**. Las emisiones se presentan en diferentes formas y magnitudes, por lo que se crean categorías de impacto. De hecho, distintas emisiones que provocan el mismo efecto se **convierten en una única unidad**, que se traduce en **una sola categoría de impacto**.



Potencial de calentamiento global (GWP)

es una medida de cuánto calor retiene un gas de efecto invernadero en la atmósfera hasta un horizonte temporal determinado [**kgCO₂eq**].



Agotamiento abiótico (ADP-M & ADP-F)

es un indicador relacionado con la extracción de minerales y combustibles fósiles para cualquier actividad [**kgSbeq** (Antimonio) ; **MJ**].



Potencial de acidificación (AP)

proporciona una medida de la disminución del valor del pH del agua de lluvia y de la niebla, lo que provoca daños en los ecosistemas [**kgSO₂eq** (dióxidos de azufre)].



Potencial de eutrofización (EP)

proporciona una medida del enriquecimiento de nutrientes en entornos acuáticos o terrestres, lo que conduce a daños en los ecosistemas [**kgPO₄eq** (fosfatos)].



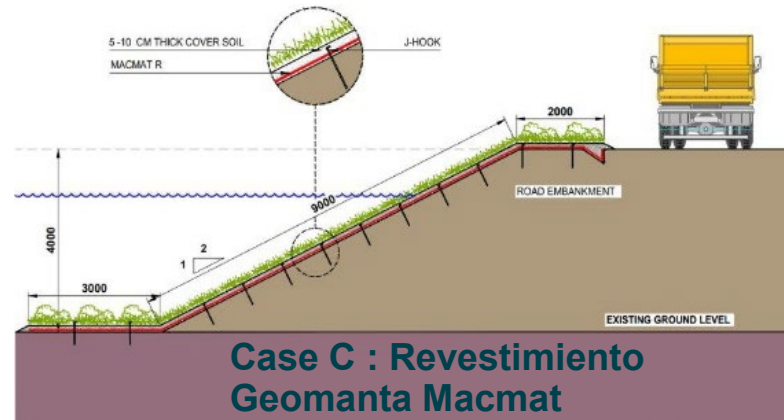
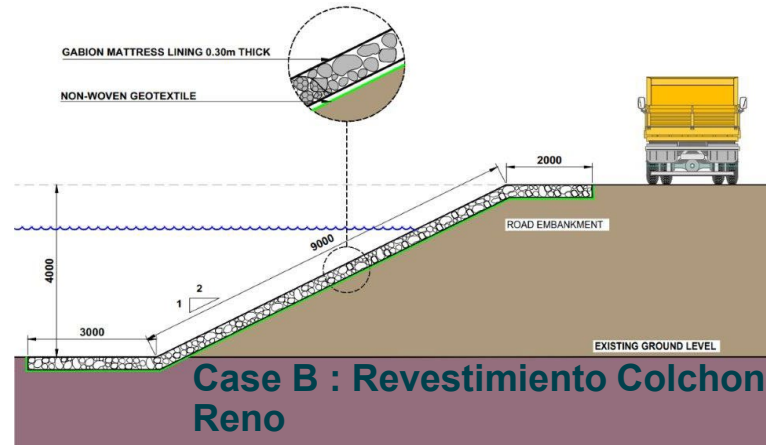
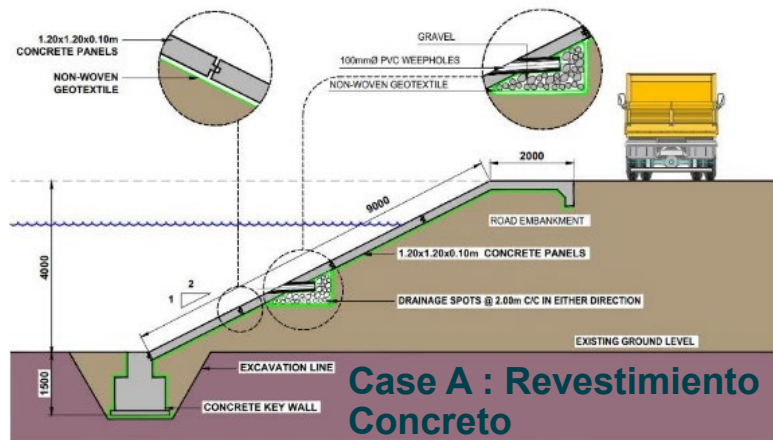
Agotamiento de la capa de ozono (ODP)

El Potencial de Agotamiento de la Capa de Ozono (ODP) proporciona una medida del agotamiento de la capa de ozono estratosférica causado por diferentes gases [**kgCFC-11eq** (clorofluorocarbonos)].



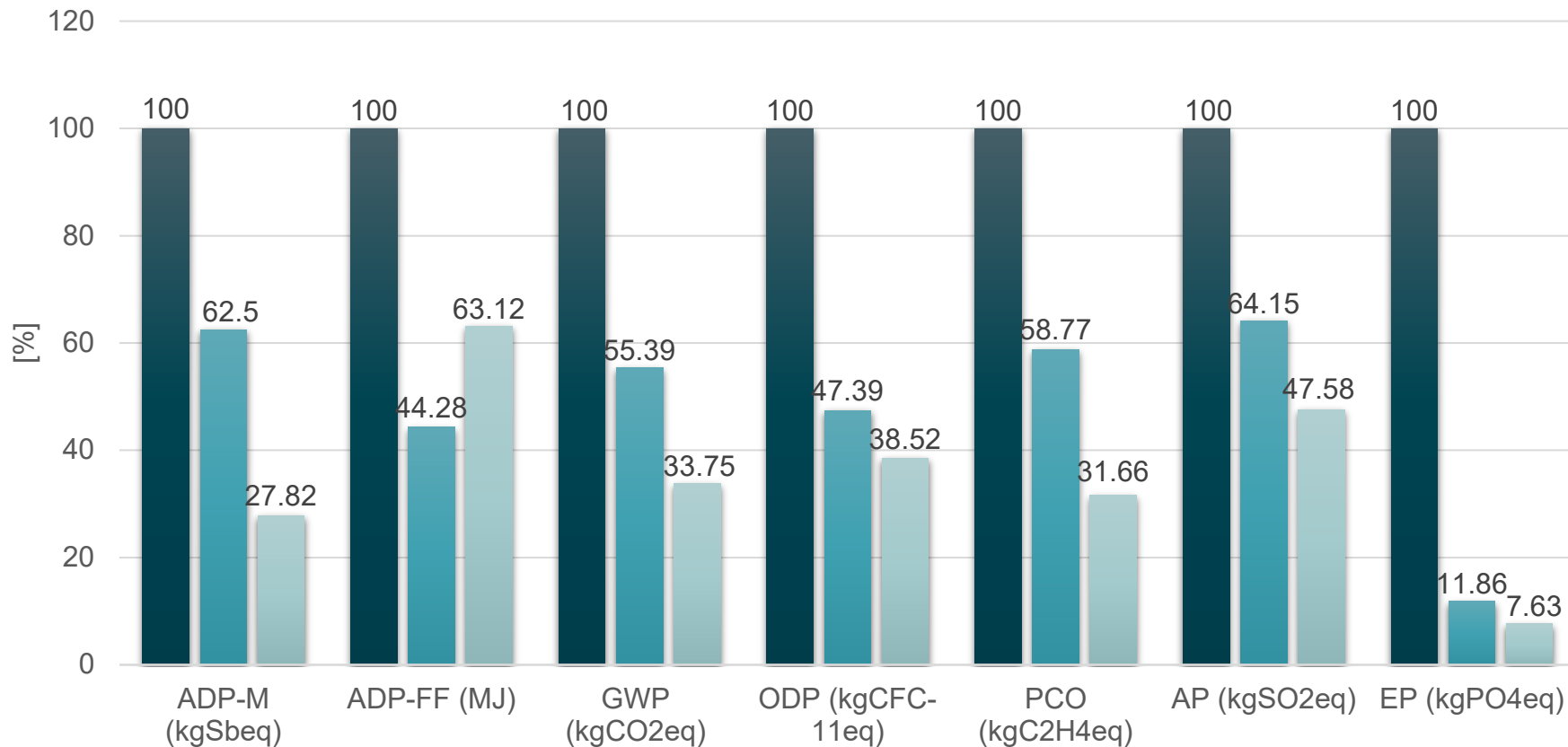
Oxidación fotoquímica (PCO)

es una reacción química que constituye una contribución importante a la formación de smog y a la contaminación del aire en áreas urbanas [**kgC₂H₄eq** (etileno)].

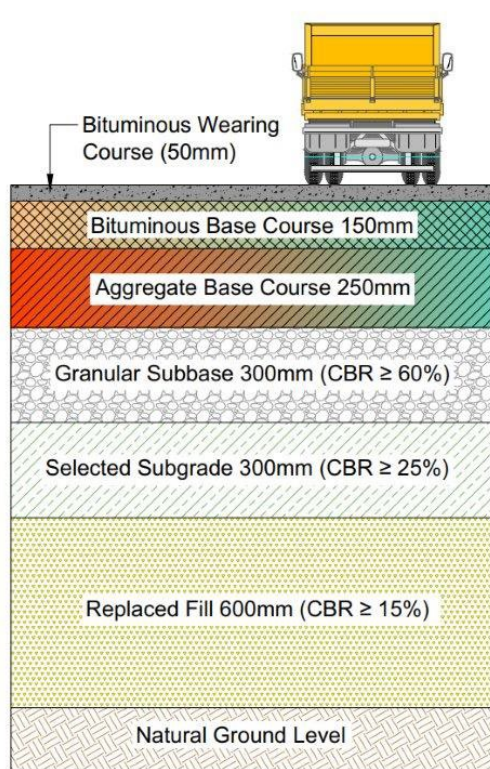


ESTUDIO COMPARATIVO VCV: CANAL / CONTROL DE EROSIÓN

MACCAFERRI

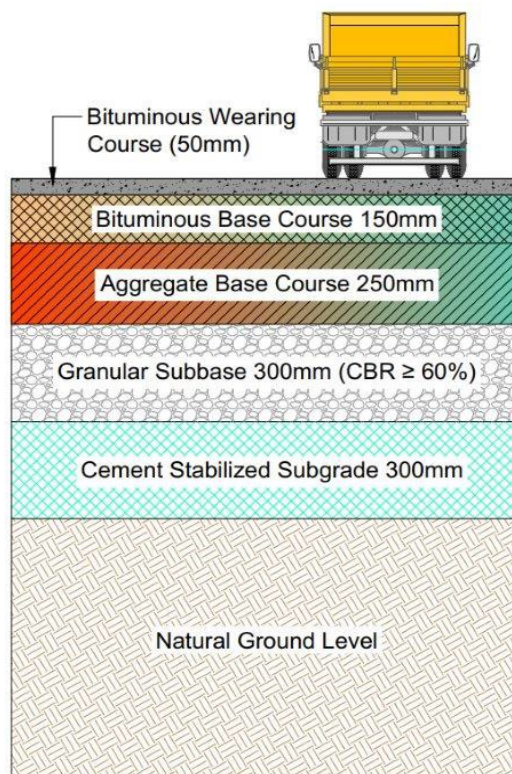






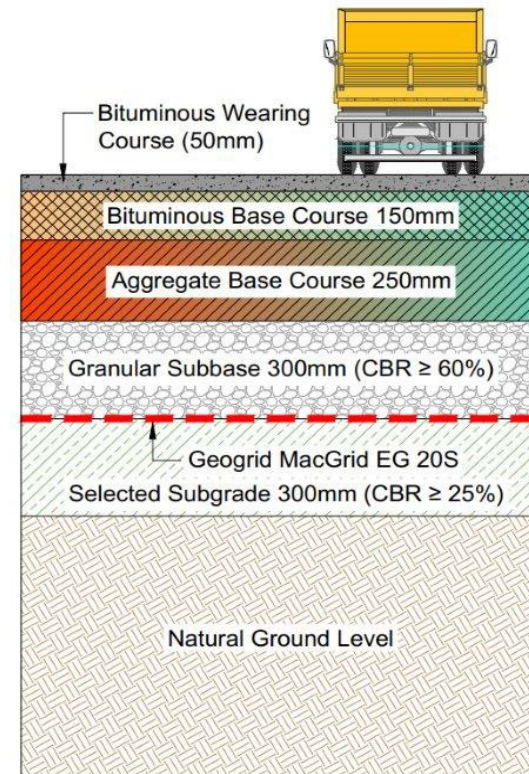
CASE - A

Case A : Reemplazo Material



CASE - B

Case B : Estabilización con Cemento

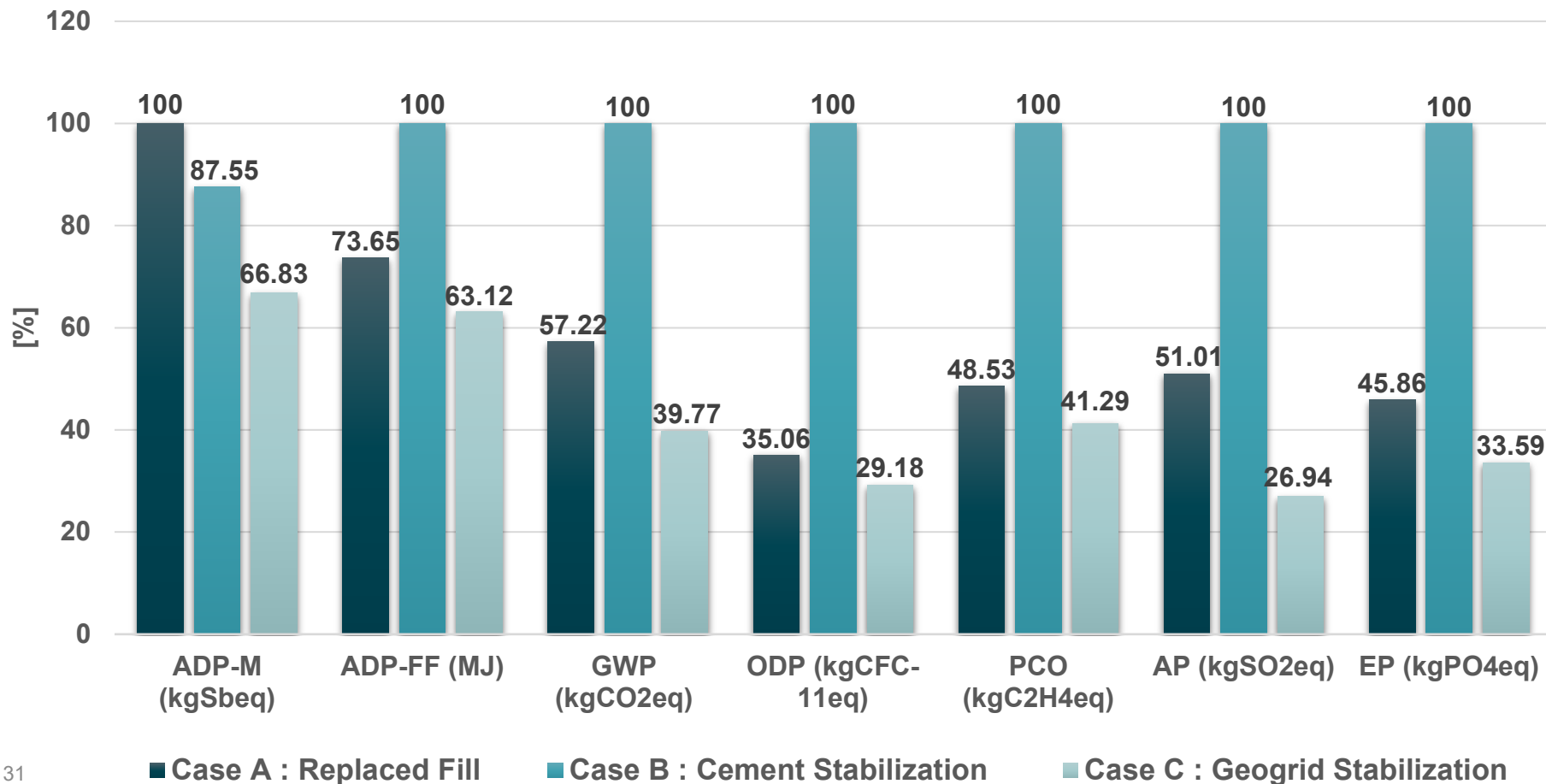


CASE - C

Case C : Estabilización con Geomallas

ESTUDIO COMPARATIVO VCV: ESTABILIZACIÓN HAUL ROAD

MACCAFERRI

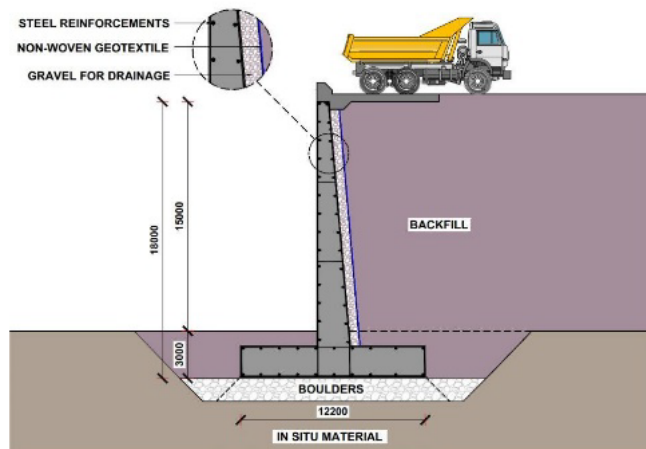




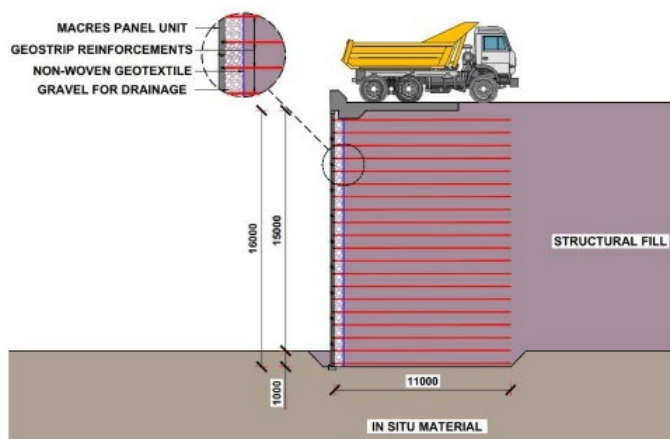
ESTUDIO COMPARATIVO: MURO CHANCADORA PRIMARIA

MACCAFERRI

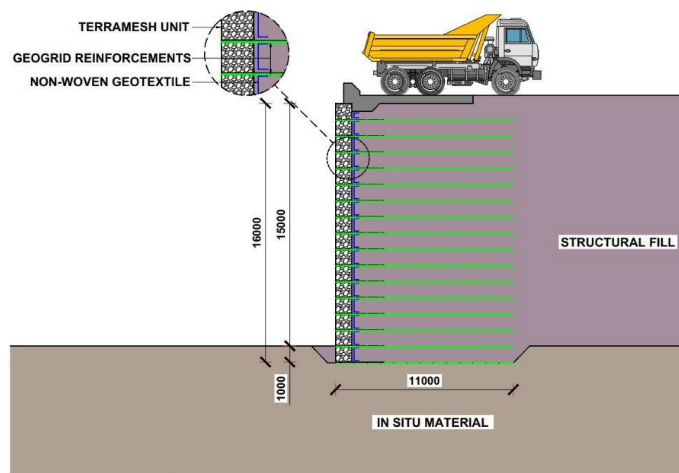
Case A :
RCC Wall



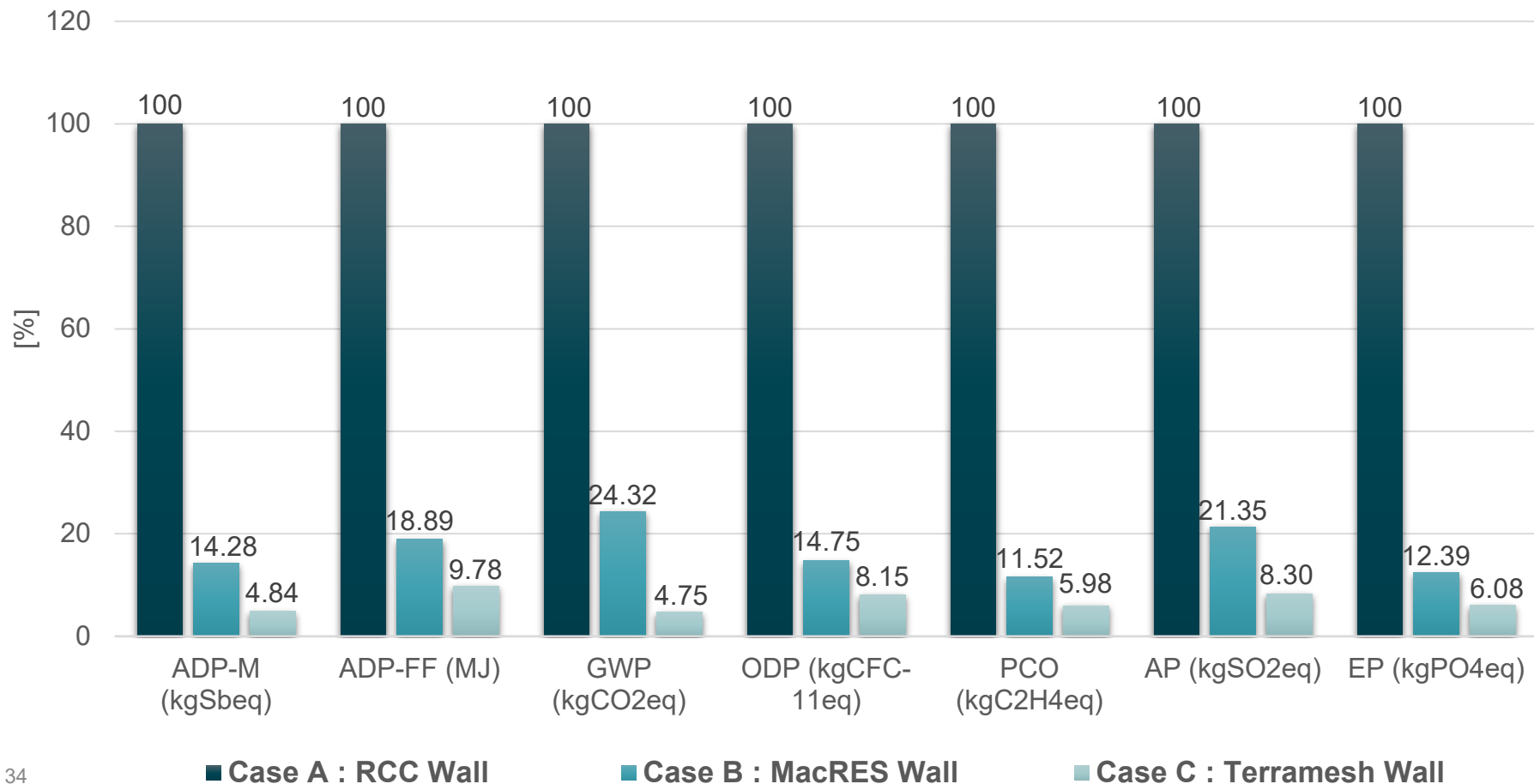
Case B :
MacRES
System

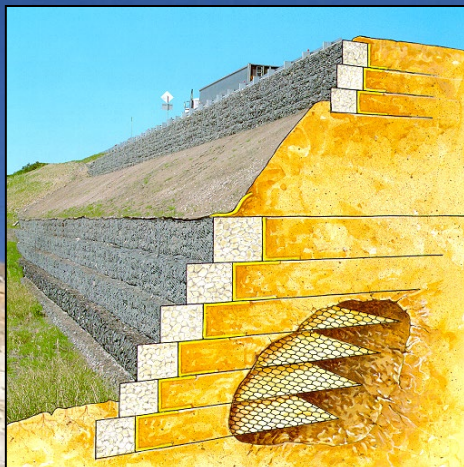


Case C :
Terramesh
System



ESTUDIO COMPARATIVO: MURO CHANCADORA PRIMARIA





Chancadora Primaria Alto Chicama - Perú

- M** El concreto es un componente esencial de diversos tipos de estructuras y es irremplazable para ciertas funciones. Sin embargo, es posible prescindir del concreto en aplicaciones como protecciones ribereñas, revestimiento de canales, estructuras de contención y estabilización de bases en vías, entre otras, reduciendo así el impacto ambiental asociado al concreto.
- M** Los impactos ambientales de la grava son causados principalmente por las máquinas mineras, el uso de electricidad durante la minería y los requisitos de energía para el transporte desde las canteras de piedra hasta el lugar de trabajo.
- M** La adopción de soluciones con geosintéticos contribuye al agotamiento abiótico de los combustibles fósiles, debido al consumo de energía y las emisiones generadas durante su fabricación y transporte. No obstante, la puntuación en esta categoría de impacto sigue siendo inferior a la de las soluciones convencionales en la mayoría de los casos.
- M** La sostenibilidad requiere considerar factores ambientales y sociales, no solo económicos. Los estudios comparativos de ACV analizados demuestran cómo las soluciones de malla DT y GSY pueden mejorar la sostenibilidad en proyectos mineros, sin comprometer los requisitos de ingeniería tradicionales.

EL FUTURO DE LA MINERÍA SE CONSTRUYE DESDE LA INGENIERÍA

La sostenibilidad minera requiere:

- Infraestructura resiliente
- Gestión eficiente del agua
- Reducción de huella de carbono
- Seguridad geotécnica
- Soluciones a largo plazo
- Innovación y digitalización

“La minería sostenible no depende de extraer recursos.
Depende de cómo diseñamos la infraestructura que la hace posible”



MACCAFERRI

Gracias por la atención

Ing. César R. Torres Chung
Gerente de Ingeniería y Proyectos | Maccaferri de Perú S.A.C
E-mail: c.torres@maccaferri.com



Cuente con la asistencia de nuestros ingenieros en Home Office más cerca de usted.

Accese: www.maccaferri.com/br/es/contactenos/

Síguenos en nuestras redes sociales



/maccaferri



/maccaferrimatriz



@Maccaferri_BR



/MaccaferriWorld



/maccaferriworld