cenea
centro de ergonomía aplicada

epm international ergonomics school

Gestione del sovraccarico biomeccanico nel settore minerario

Progetto di ricerca internazionale

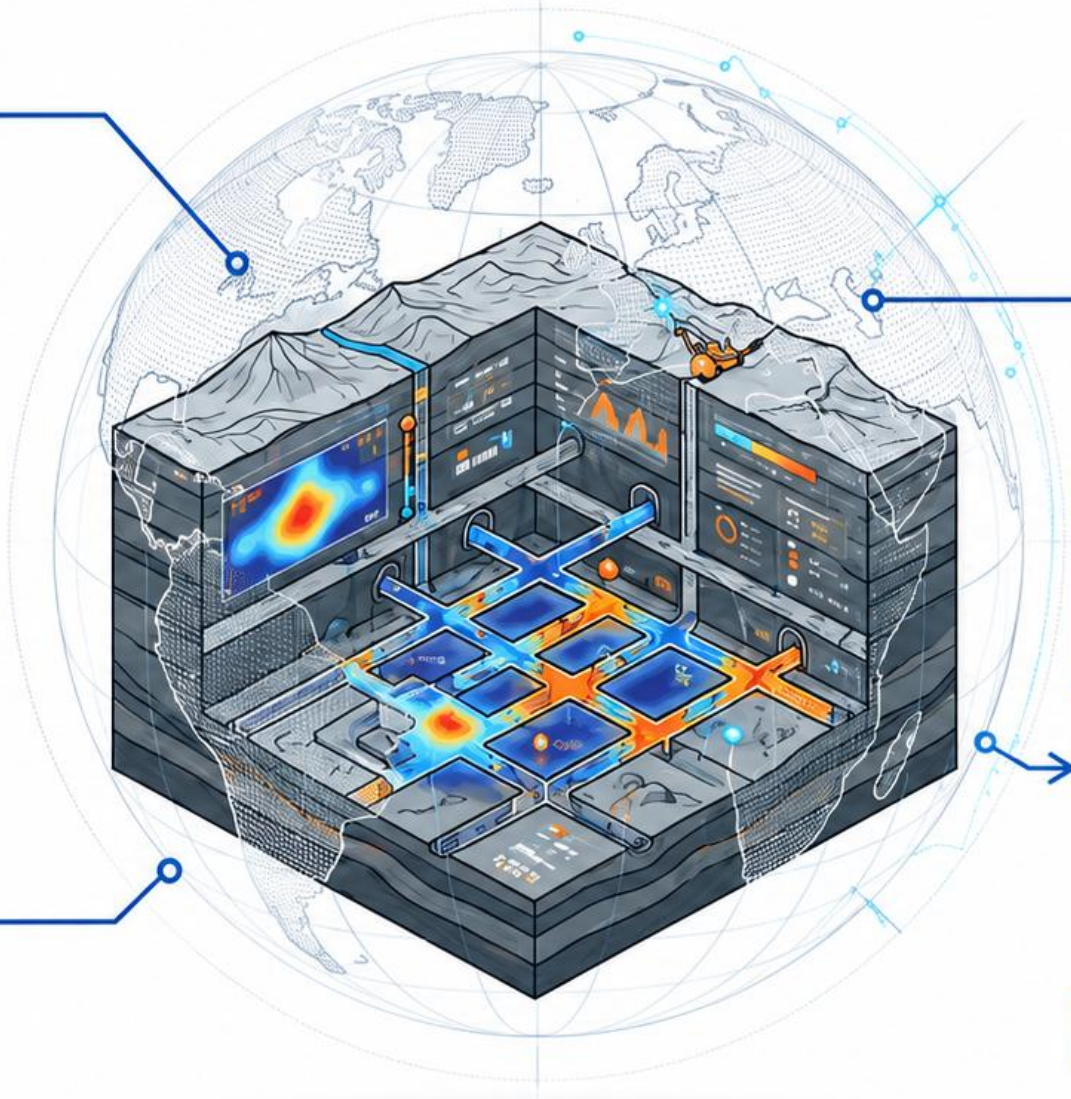
Enrique Alvarez-Casado
Sonia Tello Sandoval
Eduardo Delzo del Pino

In cosa consiste questo progetto?

Presentazione del progetto di ricerca

L’Obiettivo: Il Primo Pre-Mappa Mondiale dei Rischi

Standardizzazione Assoluta: Applicazione sistematica del framework internazionale ISO/TR 12295 e dello schema operativo Ergocheck.



Mappatura Universale: Creazione di un database pre-valutato che mappa l'esposizione al rischio in tutte le attività manuali del settore a scala globale.

“Progetto Internazionale di Ricerca: Gestione del Sovraccarico Biomeccanico nel Settore Minerario”

Gestione del Sovraccarico Biomeccanico

Panoramica del Progetto





Panoramica del Progetto

Un progetto di ricerca internazionale dedicato allo studio e alla milazione dei rischi fisici specifici degli operatori nel settore minerario.

Focus Settoriale: Industria Mineraria

Lo studio si concentra sulle sfide ergonomiche uniche presenti negli ambienti di estrazione e lavorazione dei minerali.

Coordinamento Internazionale



epm international ergonomics school

cenea centro de ergonomía aplicada



Enrique Álvarez-Casado, Ph.D.

Coordinatore del progetto e Direttore del Centro de Ergonomía Aplicada (CENEA), Spagna.

Partner capofila con sede in Spagna, specializzato nell'applicazione pratica dei principi ergonomici.



Daniela Colombini

Presidenta EPM International Ergonomics School of Posture and Movement (EPM-IES), Italia.

Co-coordinatrice scientifica con sede in Italia, leader nella formazione e ricerca ergonomica internazionale.



L’Onere Fisico Globale

I Trastorni Muscoloscheletrici (TME) derivanti dal sovraccarico biomeccanico (movimentazione manuale, posture forzate, forzate, movimenti ripetitivi) rappresentano la principale sfida per la salute occupazionale nel settore minerario.

Il Vuoto Metodologico

Nonostante l’impatto critico, **non esiste ad oggi nessuno studio transnazionale** che unifichi i criteri di gestione del rischio sotto standard internazionali ISO. Le valutazioni rimangono frammentate e influenzate da bias locali.

Una collaborazione transcontinentale per la prevenzione ergonomica

Il progetto collega l’eccellenza accademica europea con l’esperienza operativa delle principali realtà minerarie dell’America Latina.



Una rete globale in espansione



Paesi attivi nel progetto

Cile, Colombia, Messico, Bolivia e Peru contribuiscono con specialisti, siti operativi e dati di campo.

Rete di esperti

La rete combina competenze ergonomiche, sanitarie, ingegneristiche e minerarie.

Leadership internazionale

Il progetto posiziona i partner come riferimento tecnico nella prevenzione del rischio biomeccanico.

Rete di Paesi Leader: L'Avanguardia della Prevenzione

Specialisti e unità minerarie in questi territori costituiscono già il nucleo attivo del progetto, mappando realtà geologiche e operative profondamente diverse.





Questo network transcontinentale rappresenta il cuore operativo della piattaforma.

Unendo l'eccellenza accademica europea con le diverse realtà operative in America Latina, il progetto mappa condizioni geologiche uniche, garantendo una raccolta dati di universale e standardizzata, pronta per l'analisi biomeccanica globale.

Dai dati scientifici alle politiche pubbliche

I dati raccolti possono diventare supporto tecnico per piani strategici nazionali e linee guida globali

Base dati globale

Informazione strutturata e comparabile sul sovraccarico biomeccanico nel settore minerario.

Piani strategici nazionali

Supporto tecnico per la definizione di priorità, programmi e criteri di intervento.

Riduzione dei DMS

Prevenzione orientata a diminuire i disturbi muscoloscheletrici e migliorare la salute occupazionale.

RICERCA INTERNAZIONALE: GESTIONE DEL SOVRACCARICO BIOMECCANICO NEL SETTORE MINERARIO

1

CONOSCENZA E IDENTIFICAZIONE DEL RISCHIO

Identificazione delle Condizioni di Massima Esposizione

La ricerca permette di mappare e individuare con precisione le specifiche attività e condizioni minerarie che presentano i più alti livelli di rischio biomeccanico.

2

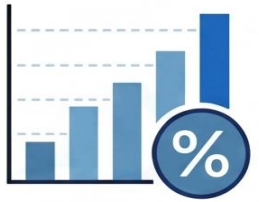
INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO



Progettazione di Interventi ad Alta Efficacia

Sviluppo di soluzioni strutturali, organizzative e procedurali progettate per avere un impatto diretto e positivo sulla salute del lavoratore.





Efficacia Quantificabile degli Interventi

Grazie all'approccio scientifico, gli interventi di ingegneria e il design delle postazioni di lavoro avranno un'efficacia misurabile e basata sui dati.

3

STRATEGIA E IMPATTO GLOBALE



Sviluppo di Piani Strategici Nazionali e Internazionali

I deti scientifici raccolti forrinanno il supporto necessario per la creazione di politiche pubbliche e piani strategici globali per la riduzione del DMS (Disturbi Muscoloscheletrici).



Trasferimento di Buone Pratiche

Consolidamento e diffusione di standard e pratiche eccellenti tra diversi paesi e grandi gruppi aziendali del settore minerario.



Piani Strategici Basati sull'Evidenza

Definizione di una roadmap globale per la salute dei minatori fondata esclusivamente su evidenze tecniche e rigore scientifico.

Verso la miniera del futuro

Un progetto aperto a nuovi ricercatori ed enti per consolidare gli standard tecnici della salute occupazionale mineraria



01 **Standard futuri**
Definire criteri tecnici condivisi per orientare la prevenzione internazionale

02 **Progetto aperto**
Integrare nuovi enti, ricercatori e siti minerari in una rete scientifica comune.

03 **Prevenzione sostenibile**
Trasformare l’evidenza scientifica in decisioni operative e politiche misurabili.

Dalla valutazione del rischio alla leadership globale in salute occupazionale.

Protocollo di Collaborazione: Gestione del Sovraccarico Biomeccanico nel Settore Minerario

Fase 1: Costituzione del Team

Designazione dei Ricercatori



Ogni ente partecipante deve nominare ufficialmente i professionisti qualificati che si integreranno nel team di lavoro internacionale.



Fase 2: Attività Operativa in Miniera

Lavoro di Campo e Rilievi Tecnici



I ricercatori effettuaranno riprese video tecniche delle attività lavorative manuali, seguendo rigorosi protocolli di osservazione e registrazione.

Analisi delle Attività Manuali

Il focus principale è la documentazione visiva dei compiti fisici per identificare i rischi biomeccanici specifici del settore.

Fase 3: Analisi e Coordinamento Scientifico

Analisi e Follow-up Tecnico



Partecipazione attiva a riunioni per l'analisi dell'organizzazione del lavoro e la revisione critica del dati raccolti.

Discussione e Monitoraggio



Un impegno costante nella discussione dei risultati e nel monitoraggio tecnico per garantire l'integrità scientifica del progetto.

Gestione del Sovraccarico Biomeccanico nel Settore Minerario: Metodologia e Strumenti di Valutazione







IDENTIFICAZIONE DEI PERICOLI (FASE 1)

Utilizzo dei criteri di “Quick Assessment” secondo lo standard ISO TR 12295 per la gestione iniziale del rischio.

OCRA CHECKLIST PER MOVIMENTI RIPETITIVI

Applicazione del sistema OCRA per ottenere mappe di rischio precise riguardanti le mansioni che comportano alta frequenza di movimenti.

VARIABLE LIFTING INDEX (VLI)

Estensione della Revised NIOSH Lifting Equation (RNLE) per analizzare compiti di sollevamento con pesi e geometrie variabili, tipici dell’ambiente minerario.

ANALISI MULTITASKING CON MODELLO MULTIGEI

Valutazione delle rotazioni su macro-cicli (settimanali o mensili) per una visione completa dell’esposizione nel tempo.

Architettura delle variabili: Gestire la complessità operativa

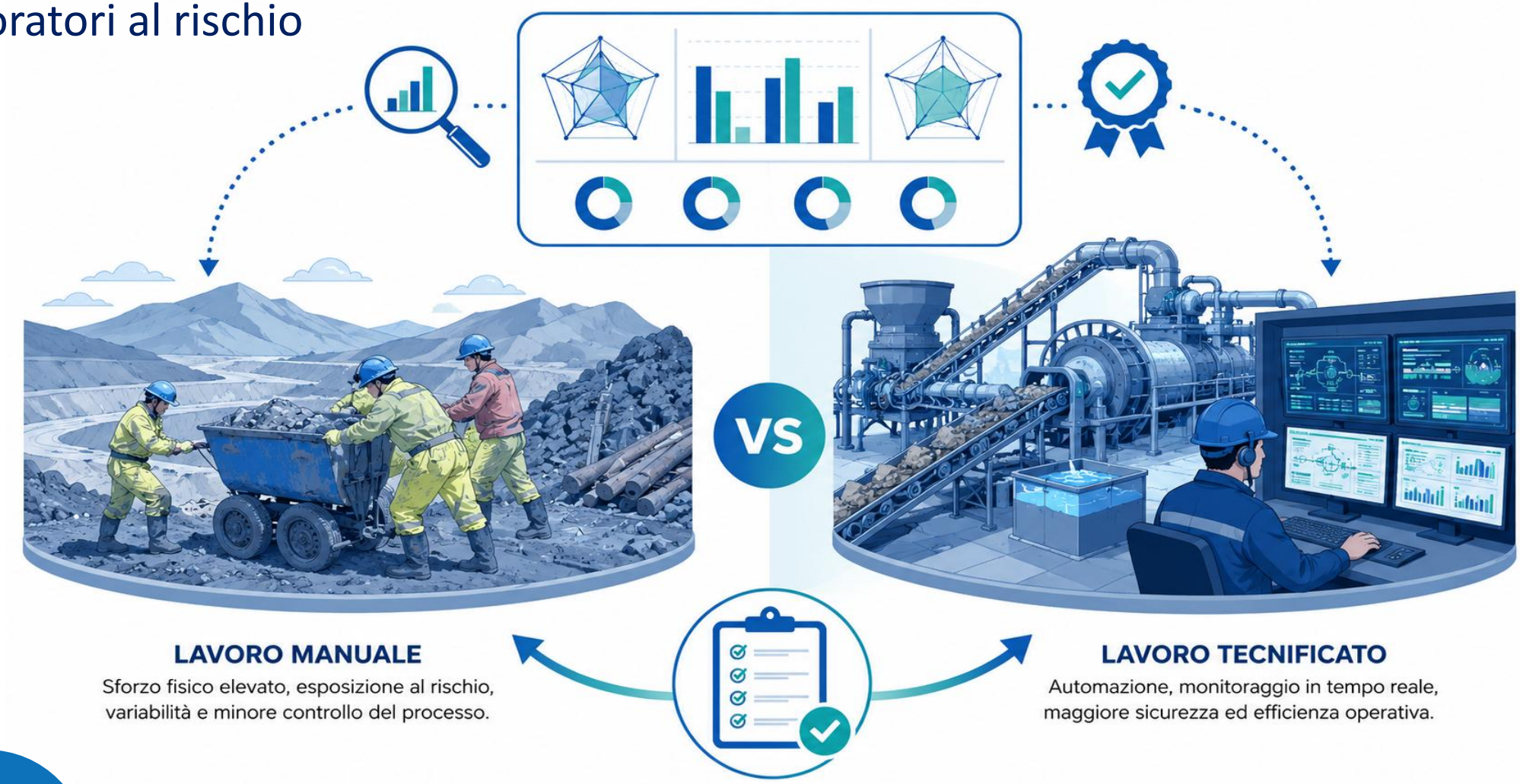
Obiettivo: Determinare in che modo queste variabili influenzano l'esposizione dei lavoratori al rischio



Confronto tra operazioni a cielo aperto (superfície) e miniera sotterranea

Architettura delle variabili: Gestire la complessità operativa

Obiettivo: Determinare in che modo queste variabili influenzano l'esposizione dei lavoratori al rischio



Architettura delle variabili: Gestire la complessità operativa

Obiettivo: Determinare in che modo queste variabili influenzano l'esposizione dei lavoratori al rischio



Architettura delle variabili: Gestire la complessità operativa

Obiettivo: Determinare in che modo queste variabili influenzano l'esposizione dei lavoratori al rischio



Ogni famiglia di materiale richiede processi e attività specifici

Oltre lo Studio Locale: Il Salto Paradigmatico



La Nostra Piattaforma Unificata

Piattaforma tecnica transcontinentale integrata.

Unisce l'eccellenza accademica europea con la realtà operativa mineraria dell'America Latina.

Validità biomeccanica universale e standardizzata.

Il progetto non confronta solo siti minerari; costruisce una base tecnica comune per trasformare dati locali in evidenza globale.

Come è strutturato il lavoro?

Le macrofasi e le fasi del lavoro minerario

Il Ciclo di Vita della Miniera: Le 11 Macrofasi Operative



Sviluppo





Estrazione



Trasformazione





Vendita e sostenibilità

Le Macrofasi del Lavoro Minerario: Dalla Scoperta alla Preparazione (M1-M3)

M1 - Esplorazione e Caratterizzazione del Giacimento

Identificazione e Comprensione del Potenziale

Attività mirate a localizzare e delimitare la risorsa mineraria per decidere se il deposito è sfruttabile in modo sicuro e redditizio.

Attività Tecniche e Scientifiche





M2 - Ingegneria, Pianificazione e Progettazione

Trasformazione dei Dati in Progetto Operativo

Fase in cui si definisce il metodo di estrazione, la sequenza di lavoro e la gestione dei flussi di materiali, energia e persone.

Design dell'Infrastruttura e dei Servizi



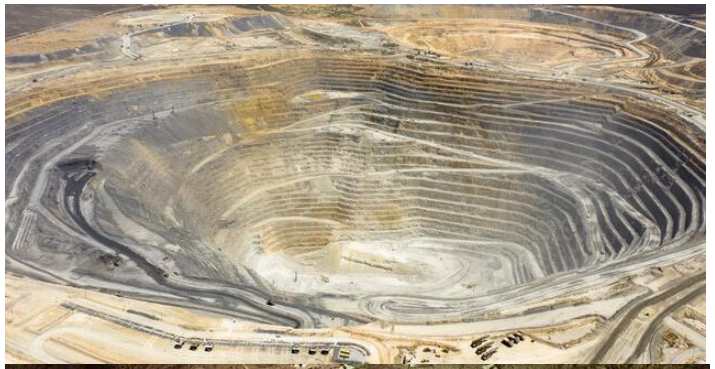
Codice	Macrofase Mineraria Diretta	Finalità Principale	Cosa Permette di Classificare
M1	Esplorazione e Caratterizzazione	Identificare, delimitare e comprendere la risorsa mineraria.	Attività di indagine geologica e stima del potenziale tecnico.
M2	Ingegneria, Pianificazione e Design	Trasformare i dati del giacimento in un progetto operativo.	Attività di progettazione, sequenziamento e organizzazione tecnica.
M3	Sviluppo e Infrastruttura	Creare le condizioni fisiche per accedere e operare.	Attività di scavo accessi, servizi interni e preparazione fronti di lavoro.

M3 - Sviluppo, Preparazione e Infrastrutture

Creazione delle Condizioni Fisiche di Accesso

Gruppo di attività necessarie per rendere il giacimento fisicamente accessibile e pronto per l'operazione estrattiva vera e propria.

Miniera a Cielo Aperto vs. Sotterranea





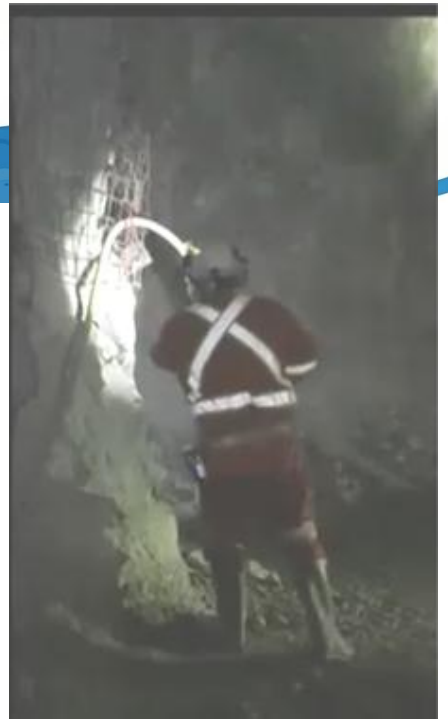
Fase M4: Estrazione e Distacco del Materiale

Le Fasi Operative (M4-F01 a M4-F08)



Codice	Fase Operativa	Obiettivo
M4-F01/04	Estrazione Selettiva	Controllo diluizione, legge, qualità e dominio mineralogico.
M4-F05/06	Separazione Iniziale	Divisione tra minerale/sterile e per destinazione di processo.
M4-F07/08	Controllo e Recupero	Gestione contaminazione da rocce/argille e recupero alta qualità.







Le Macrofasi Minerarie: Caricamento e Trasporto (M5-M6)

M5 e M6 gestiscono il carico e il trasferimento dei minerali per garantire la continuità produttiva.

M5 - Caricamento e Movimentazione Primaria

Raccolta e gestione immediata del materiale.

Include il carico su mezzi di trasporto
e la pulizia del fronte di scavo.



Attrezzature per il carico meccanizzato.

Utilizzo di pale, caricatori, escavatori
e sistemi LHD (Load-Haul-Dump).

M6 - Trasporto Interno

Il collante della produttività mineraria.

Connette l'estrazione con impianti di frantumazione,
accumuli o discariche.

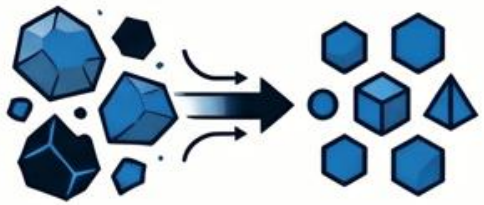


Sistemi diversificati di spostamento.

Impiego di camion, nastri trasportatori,
treni, skip o sistemi idraulici.

Macrofase M7: Riduzione Dimensionale e Preparazione Fisica

Finalità e Applicazioni



Ottimizzazione del Materiale

Modifica fisicamente il materiale per facilitarne la classificazione, il trattamento e la logistica.

Differenza tra Metalli e Inerti



Metalli

Fase preparatoria

Inerti

Trattamento principale

Parametro	Descrizione
Codice	M7
Obiettivo	Modifica fisica per agevolare la vendita o il trattamento
Attività Incluse	Triturazione, macinazione, vagliatura, lavaggio e asciugatura



Operazioni Chiave



Riduzione della Pezzatura

Include attività meccaniche come frantumazione, macinazione e triturazione.



Classificazione e Condizionamento

Operazioni di vagliatura, lavaggio, essiccazione e separazione per dimensioni.

Macro-fase Mineraria M8: Beneficio e Trattamento del Minerale

SEPARAZIONE DELLA COMPONENTE UTILE

Il processo mira a isolare il minerale pregiato eliminando la ganga o materiale sterile.



TRATTAMENTI FISICI E CHIMICI

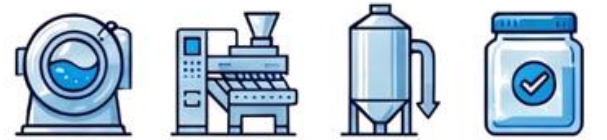


Include teeniche avanzate come flottazione, separazione magnetica, lisciviazione e gravimetria.





CONDIZIONAMENTO E FINITURA





M8-F01 a F03	**Concentrazione** (Flottazione, Gravimetria, Magnetica)
M8-F04 a M8-F07	**Estrazione Chimica** (Lisciviazione ed Electro-winning)
M8-F11 a M8-F13	**Condizionamento** (Lavaggio, Micronizzazione e Disidratazione)

METALLICO SULFURATO



FASI DIFFERENZIATRICI

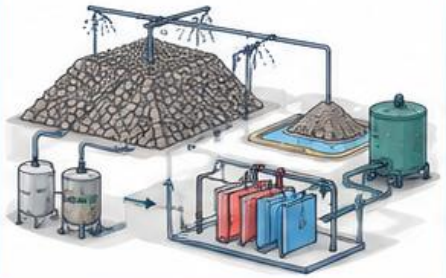
Triturazione → Macinazione → Flotazione

Spessamento → Filtrazione → Gestione concentrato e relavi

ATTIVITÀ CARATTERISTICHE

- Controllo di mulini e celle di flottazione
- Gestione dei reagenti
- Pulizia di sversamenti
- Interventi su pompe, cicloni, vagli, filtri e nastri trasportatori
- Controllo dei relavi

METALLICO OSSIDATO O MISTO



FASI DIFFERENZIATRICI

Triturazione → Aglomerazione → Lisciviazione

Gestione soluzioni → SX/EW → Ripios

ATTIVITÀ CARATTERISTICHE

- Preparazione delle pile di lisciviazione
- Revisione dell'irrigazione
- Gestione di tubi, valvole e pompe
- Campionamento delle soluzioni
- Manipolazione dei catodi
- Manutenzione di vasche e circuiti

METALLI PREZIOSI



FASI DIFFERENZIATRICI

Triturazione → Macinazione → Gravità

Cianurazione → Adsorbimento → Eluizione

Recupero finale → Fusione doré

ATTIVITÀ CARATTERISTICHE

- Campionamento intensivo
- Controllo della legge
- Gestione dei reagenti
- Operazione di serbatoi, carbone/resina, filtri e precipitatori
- Forni e colata
- Sicurezza del prodotto e detossificazione

NON METALLICI, INDUSTRIALI E ÁRIDOS



FASI DIFFERENZIATRICI

Triturazione → Cribatura → Lavaggio

Classificazione → Essiccazione → Micronizzazione

Insacco → Carico a rinfusa

ATTIVITÀ CARATTERISTICHE

- Cambio delle maglie
- Pulizia di intasamenti
- Controllo delle polveri
- Gestione dei fanghi
- Insacco, pallettizzazione, big-bags
- Carico de sili, camion o nastri

CARBONE



FASI DIFFERENZIATRICI

Triturazione → Cribatura → Lavaggio

Separazione per densità → Flotazione dei fini → Disidratazione

Gestione scarti

ATTIVITÀ CARATTERISTICHE

- Gestione del carbone ROM
- Pulizia di sversamenti
- Manutenzione di nastri e vagli
- Operazione del lavaggio
- Centrifughe, filtri, ispessitori e fanghi
- Carico del carbone pulito

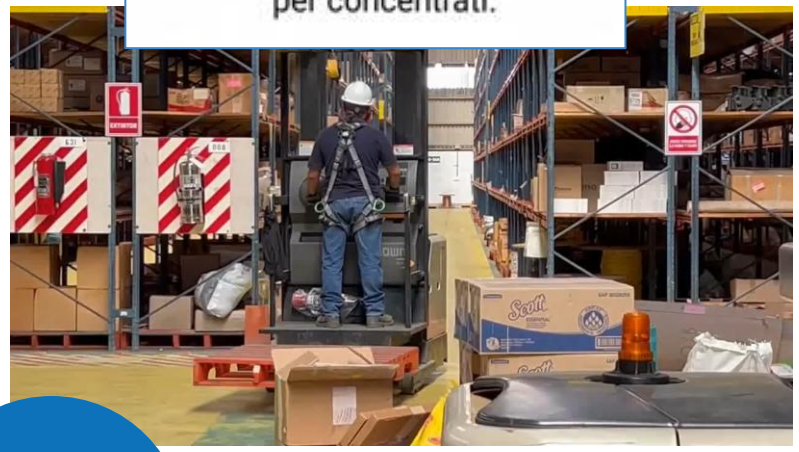
Macrofase M9: Gestione, Stoccaggio e Spedizione del Prodotto Minerario

GESTIONE E CONTROLLO DEL PRODOTTO



Ricezione e Stoccaggio Strategico

Gestione del materiale in silos, cumuli (stockpiles) o piazzali per concentrati.



CARICO E LOGISTICA DI SPEDIZIONE





SINTESI DELLE FINALITÀ

Finalità	Ricevere, conservare, controllare, caricare e spedire il prodotto ottenuto.
Ambito	Collegamento tra miniera e cliente, fonderia o mercato locale.
Classificazione	Attività di gestione del prodotto commerciale prima del trasporto estem

Il Ciclo Finale della Miniera: Gestione Residui e Chiusura

Macrofase M10 - Gestione Residui e Acque

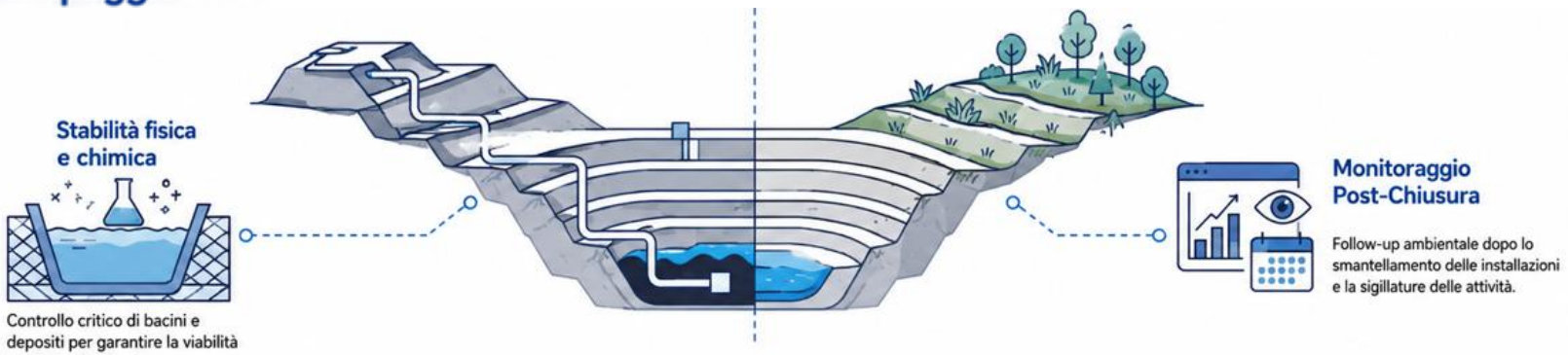


Macrofase M11 - Chiusura e Riabilitazione



Ciclo dell'acqua e pompaggio

Stabilizzazione e Rivegetazione



Una miniera funziona come una piccola città temporanea

I lavori ausiliari non estraggono direttamente il minerale, ma rendono possibile una gestione continua, sicura, legale e organizzata dell’operazione.

Governo e organizzazione

- A1 Direzione operativa e supervisione
- A14 Amministrazione, risorse umane e finanza
- A16 Sicurezza patrimoniale e controllo accessi
- A19 Gestione appaltatori e servizi specialistici

Manutenzione e infrastrutture

- A2 Manutenzione meccanica
- A3 Manutenzione elettrica, strumentazione e automazione
- A4 Manutenzione civile, viabilità e infrastrutture
- A20 Pulizia industriale e housekeeping operativo

Servizi tecnici e qualità

- A5 Geologia, topografia, geotecnica e idrogeologia
- A6 Laboratorio, campionamento e controllo qualità
- A13 Comunicazioni, informatica e sistemi
- A18 Formazione, addestramento e competenze

MINIERA = PICCOLA CITTÀ TEMPORANEA



Sicurezza, ambiente e territorio

- A7 Salute, sicurezza ed emergenza
- A8 Ambiente e gestione dei permessi
- A17 Relazioni comunitarie e affari sociali

Logistica e servizi di vita

- A9 Approvvigionamento, magazzino e ricambi
- A10 Logistica esterna e trasporto del personale
- A11 Combustibili, lubrificanti e servizi energetici
- A12 Acqua industriale, potabile e sanificazione
- A15 Campo minerario, alloggi e servizi generali

Idea chiave: il sistema reale di lavoro minerario include il ciclo produttivo diretto e tutti i lavori di supporto che lo sostengono.

Com'è il lavoro fisico?

Dati iniziali campionati

RETE DI ESPERTI: COLLABORATORI CHIAVE NELL'ERGONOMIA MINERARIA







Esperti leader nella progettazione e nell'implementazione di protocolli ergonomici per la riduzione del sovraccarico biomeccanico nel settore minerario.

epm international ergonomics school

Confronto dei siti considerati

Materiale, modalità operativa, ubicazione, produzione annua e dipendenti diretti

Miniera Media Luna



MATERIALE
Oro, rame, argento

ESTRAZIONE
Sotterranea

UBICAZIONE
Messico

PRODUZIONE
450.000 once d’oro/anno

Dipendenti diretti **1.000**

Miniera Cuajone



MATERIALE
Rame

ESTRAZIONE
Cielo aperto

UBICAZIONE
Perù

PRODUZIONE
163.000 tonnellate di rame/anno

Dipendenti diretti **2.000**

Miniera di Toquepala



MATERIALE
Rame

ESTRAZIONE
Cielo aperto

UBICAZIONE
Perù

PRODUZIONE
235.000 tonnellate di rame/anno

Dipendenti diretti **2.000**

Fonderia di Ilo



MATERIALE
Rame

ESTRAZIONE
Non applicabile

UBICAZIONE
Perù

PRODUZIONE
1.200.000 tonnellate di rame/anno

Dipendenti diretti **1.500**

Quali ipotesi iniziali stiamo formulando?

Due ipotesi iniziali da convalidare

Il Paradosso della Meccanizzazione: Il Trasferimento del Rischio Ergonomico nelle Miniere

L'Ipotesi del Trasferimento del Rischio

Il Rischio non Scompare, si Trasforma

La tecnificazione sposta l'esposizione ai DMS verso i reparti di manutenzione meccanica e tecnica.



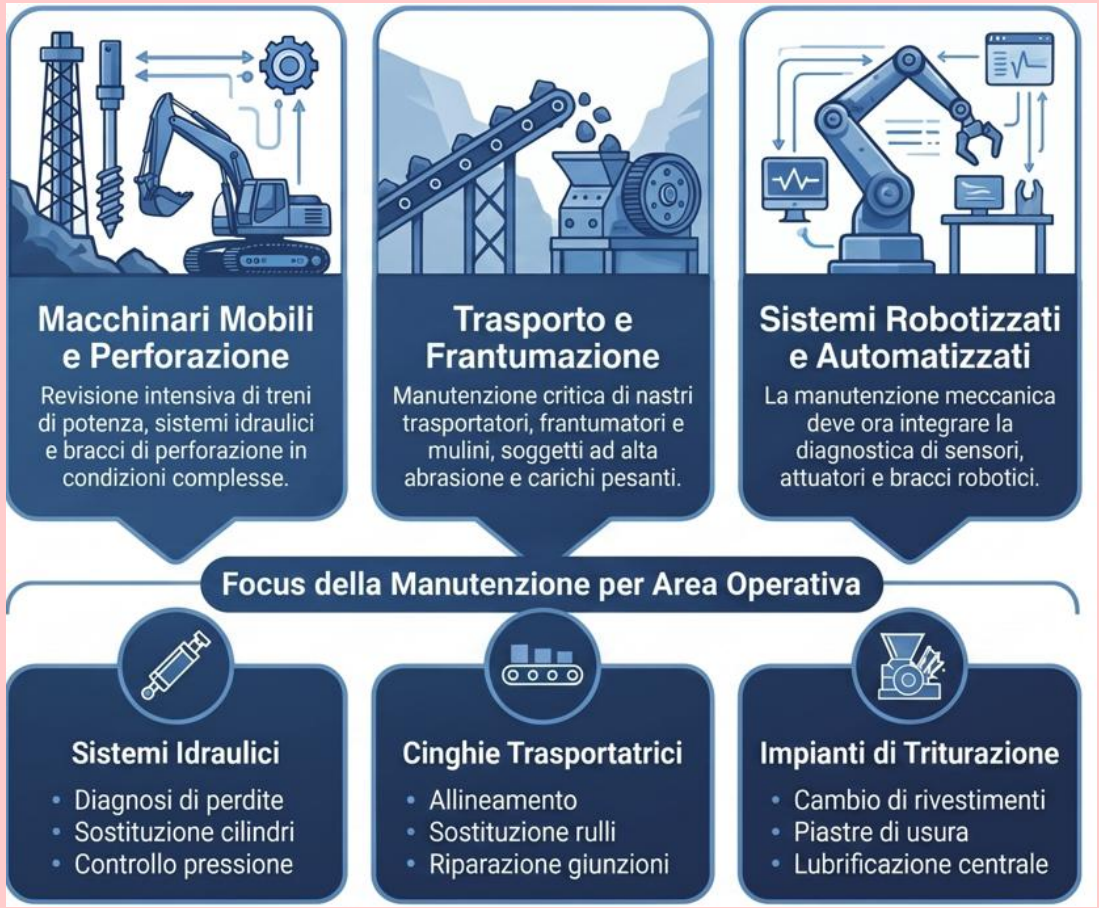
Più Tecnologia, Più Esposizione

Nuove attività specializzate richiedono più personale dedicato, aumentando il numero di lavoratori esposti a rischi fisici.

Attività Non di Routine e Sforzi Critici

Secondo il NIOSH, le lesioni derivano spesso da sovraforzi e manipolazione di componenti pesanti.

Aree Critiche di intervento meccanico



Turni di Lavoro e Salute nel Settore Minerario

L’organizzazione del lavoro del settore influisce sul rischio TME



Giustificazione dei Turni

I turni lunghi compensano l’isolamento dei giacimenti e i tempi di trasferimento.

Regimi di Turnazione Comuni

Turno 7x7 Rotativo



7 giorni di lavoro (12 ore/die) e 7 di riposo, alternando giorno e notte.

Turno 14x7



14 giorni consecutivi di lavoro di 12 ore seguiti da 7 giorni liberi.

Progetto di Ricerca Internazionale: Gestione del Sovraccarico Biomeccanico nel Settore Minerario

Unicità e Fondamenti Scientifici



Collaborazione Transcontinentale

Una sinergia unica tra l'accademia europea e il settore operativo minerario latinoamericano per una piattaforma tecnica unificata.



Evidenza Scientifica Universale

Implementazione simultanea delle metodologie ISO/TR 12295 e ISO 11228-3 per garantire risultati validi a livello globale, eliminando i pregiudizi locali.



Benchmarking di Élite

Identificazione e trasferimento di "Buone Pratiche" e soluzioni ingegneristiche testate in contesti geologici e tecnologici diversi.

Impatto e Rete Globale



Rete di Paesi Leader

Esperti e unità minerarie di Cile, Colombia e Belivia sono già parte attiva del progetto, posizionandosi all'avanguardia della prevenzione.



Influenza sulle Politiche Pubbliche

I dati raccolti costituiranno il supporto tecnico per i piani strategici nazionali di riduzione del disturbi muscolo-scheletrici (TME).



Espansione Internazionale

Il progetto è aperto a nuovi contributi; la partecipazione di ricercatori ed enti del Messico è considerata fondamentale per consolidare la rete.

La Visione Futura



"Dettare le linee guida della miniera del futuro"

L'obiettivo finale è consolidare una conoscenza tecnica che protegga la salute dei lavoratori di oggi e definisca gli standard di domani.



cenea
centro de ergonomía aplicada

epm international ergonomics school

Speriamo di condividere presto ulteriori risultati



Grazie mille per l'attenzione!

Enrique Álvarez-Casado
Sonia Tello Sandoval
Eduardo Delzo del Pino