

# Development of a transformation concept for the electrification of mobile transport machinery in mine sites

**Dennis Wagner**, Institute for Advanced Mining Technologies (AMT),  
RWTH Aachen University, Germany

JUNTOS POR MÁS  
OPORTUNIDADES Y  
BIENESTAR PARA TODOS



# Agenda

---

1. Motivation
2. “ELMAR” Research Project
3. Building Blocks of the Transformation Concept
4. Transformation Concept

# Motivation

- **Achieving carbon goals:** Contributing to decarbonization and
- **Building know-how for new and untested systems:** Deve
- **Shaping technological transformation:** Ensuring the struct
- **Supporting Mine Operators and OEMs:** Developing a Fram to achieve electrification of transport machinery



# “ELMAR” Research Project

## Integration and demonstration of the use of electric transport machines in the raw materials industry

Project funded by the Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Protection (BMWK)

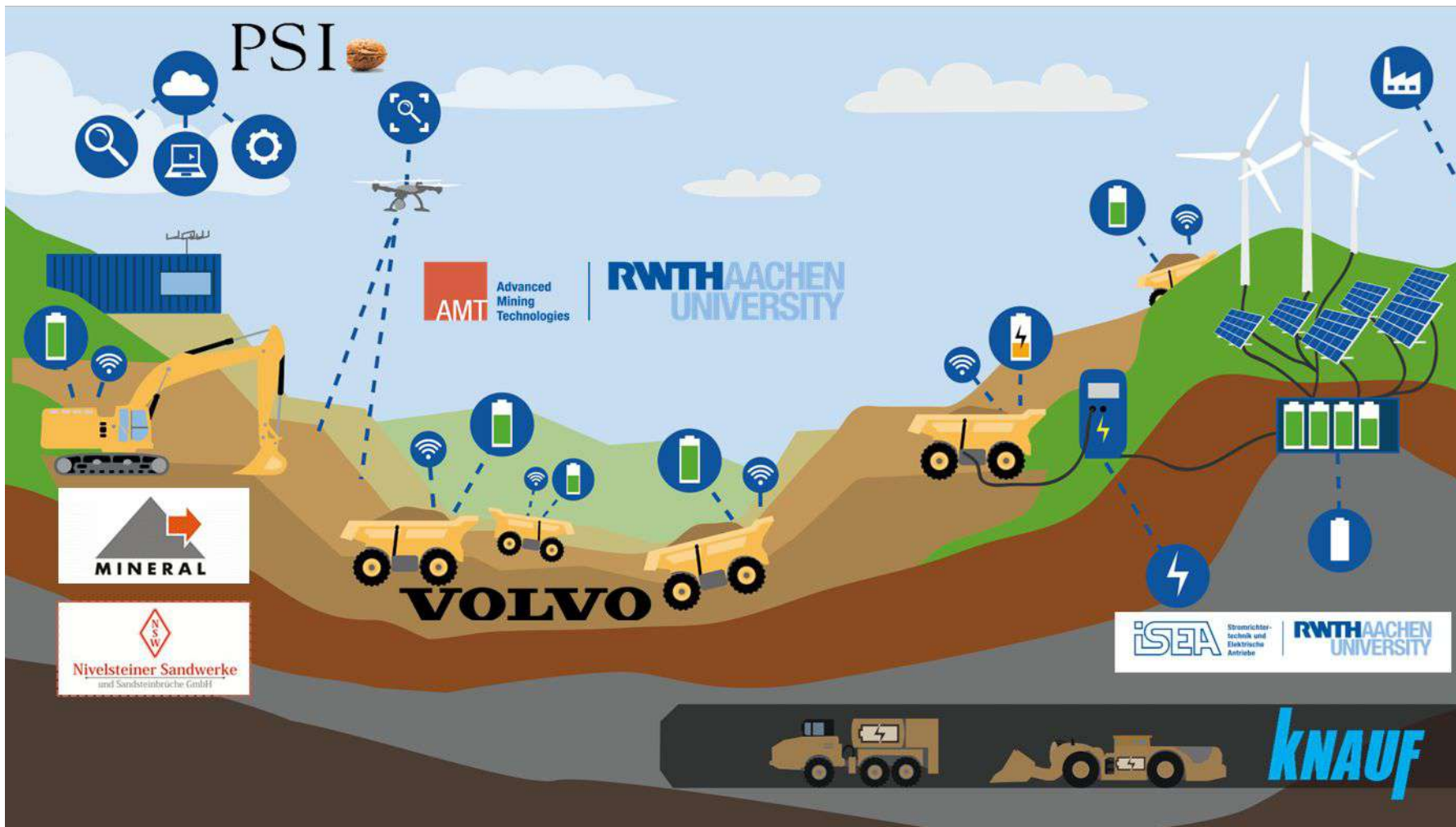
Start on 1. August 2022 with duration of 3 Jahren  
Total Budget of ~11 Mio. €

Konsortium:



Federal Ministry of Research, Technology and Space

# “ELMAR” Research Project



Implementation of autonomous and electric transport machinery

Coupling energy production and consumption

Innovative data acquisition, transmission, and analysis

Transformation of mobile machinery in mining

# Building blocks of the transformation concept

- 4 Phase model



- Target criteria

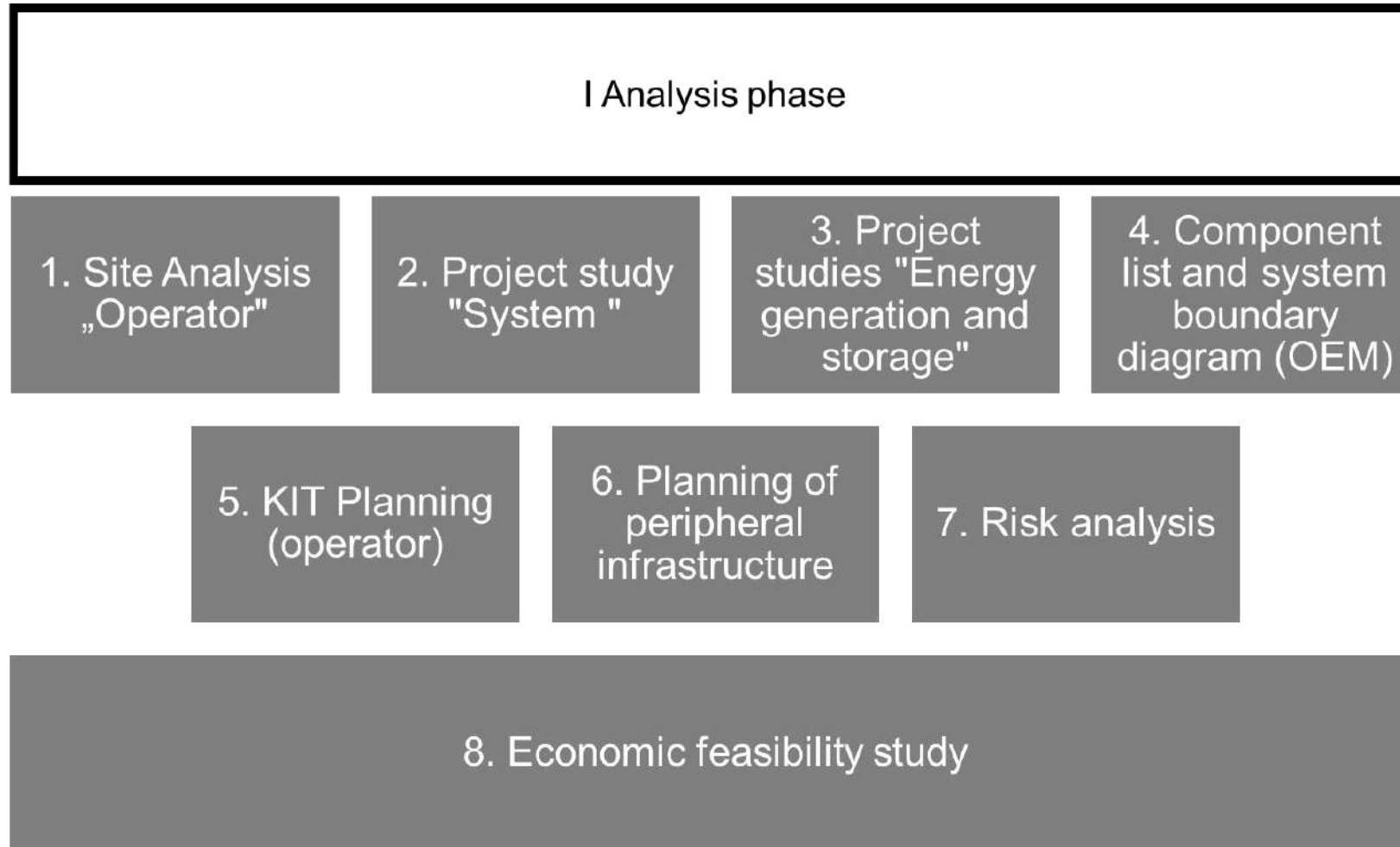


- Focus Areas

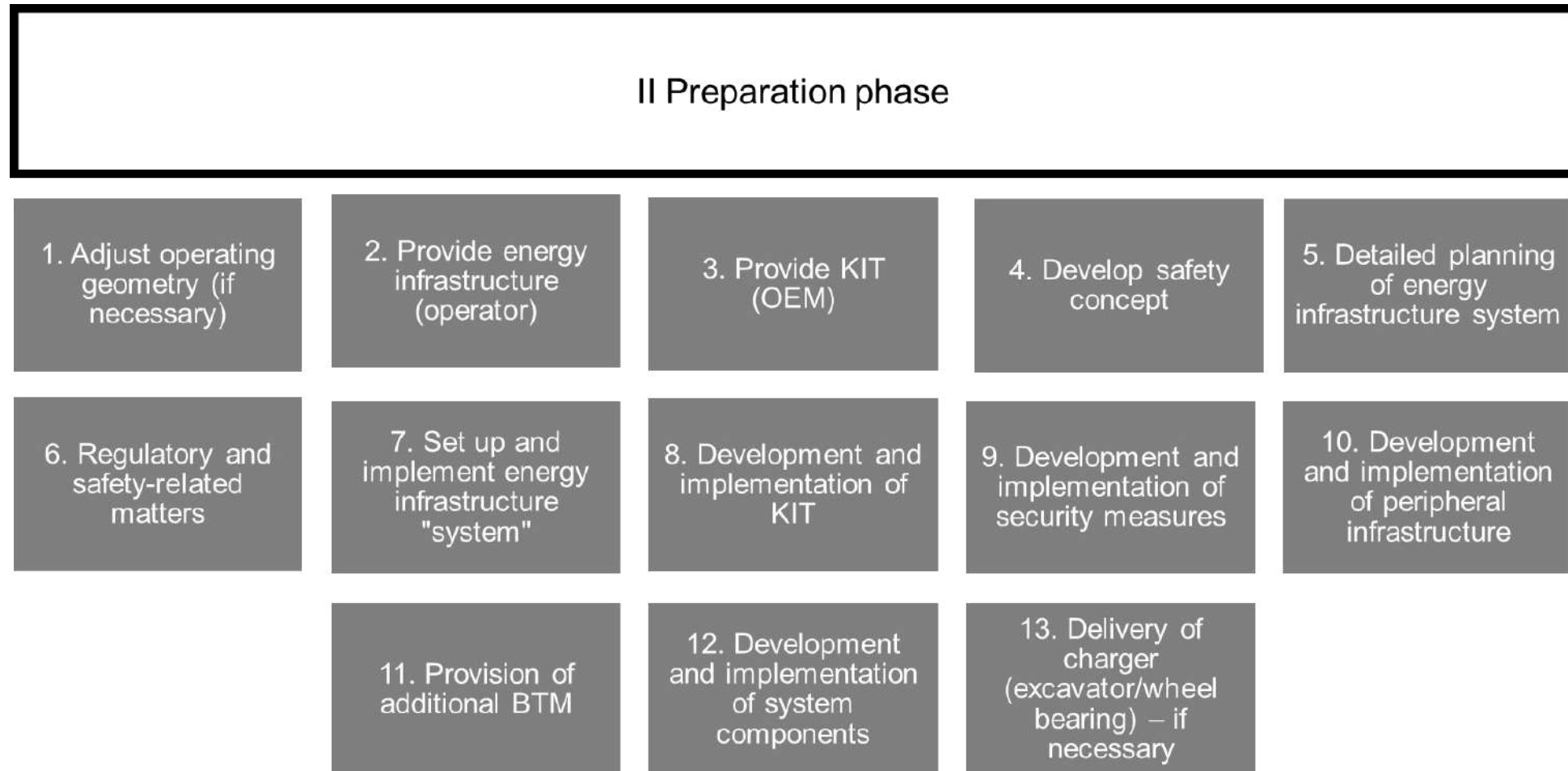
Elementary production factors	Deposit and periphery infrastructure	Labor	BTM	Energy	
Dispositive production factors	Corporate management	Planning and organization	Accounting	Safety	KIT

# Transformation Concept

---

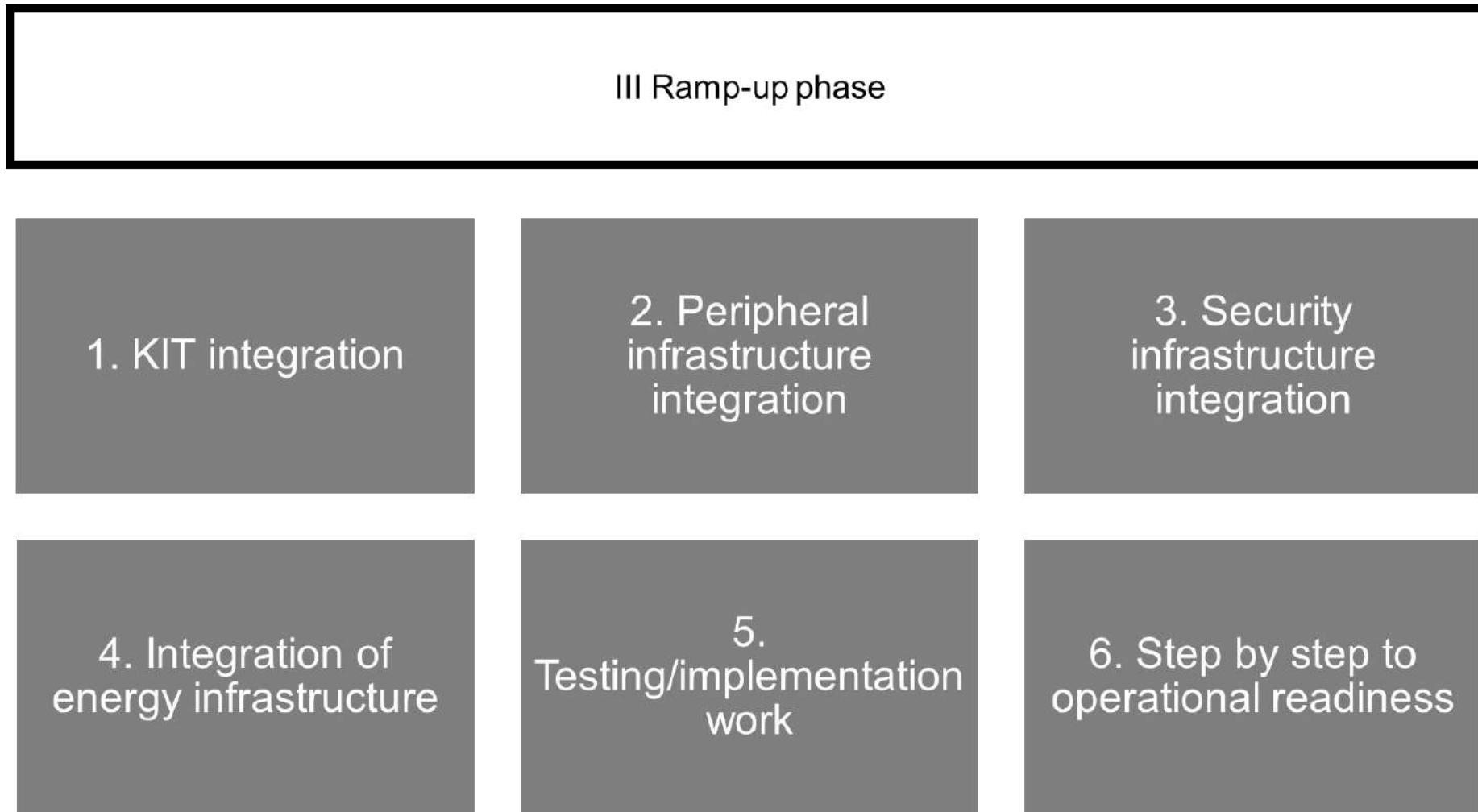


# Transformation Concept



# Transformation Concept

---



## IV Operational phase

1. Implementation of regular operations

2. Provision of basic functions (operator)

3. Evaluation and adjustment

# Thank you!

**Dennis Wagner, M.Sc.**  
Research Assistant

[dwagner@amt.rwth-aachen.de](mailto:dwagner@amt.rwth-aachen.de)



**Funded by:**



Federal Ministry  
of Research, Technology  
and Space



**FRIEDRICH NAUMANN  
FOUNDATION** For Freedom.

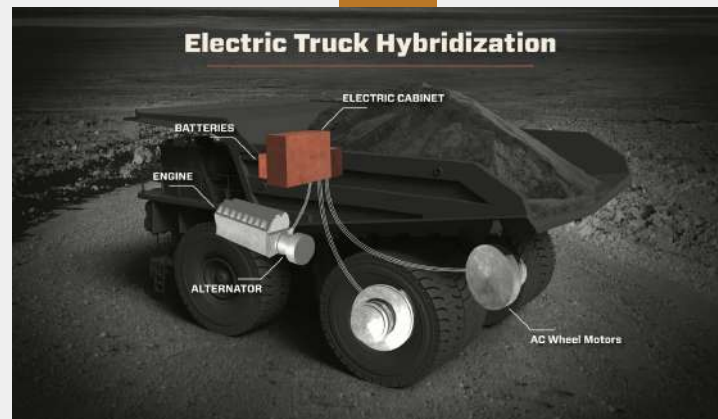
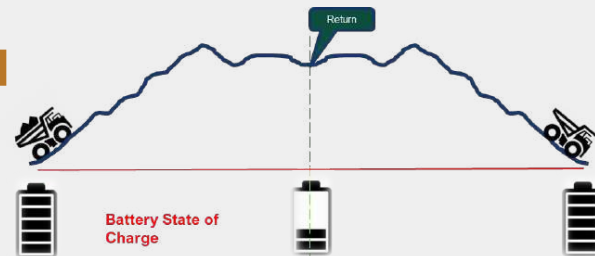
# Hibridación de Camiones Mineros

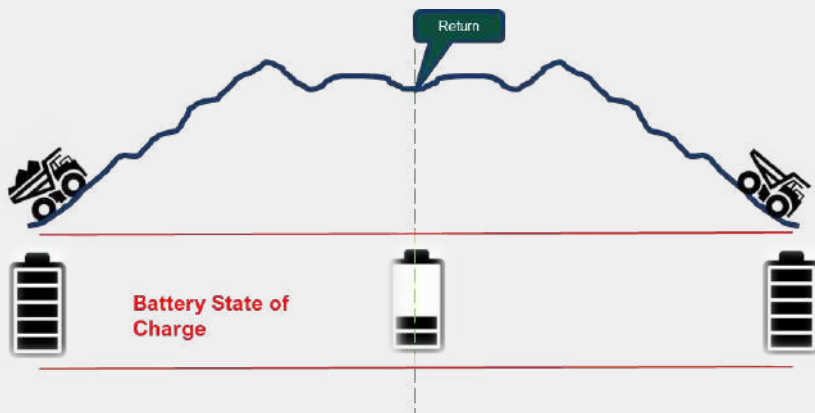
SOLUCIONES TECNOLOGICAS DE  
FLANDERS

JUNTOS POR MÁS  
OPORTUNIDADES Y  
BIENESTAR PARA TODOS



# HÍBRIDOS AGNÓSTICOS FREEDOM



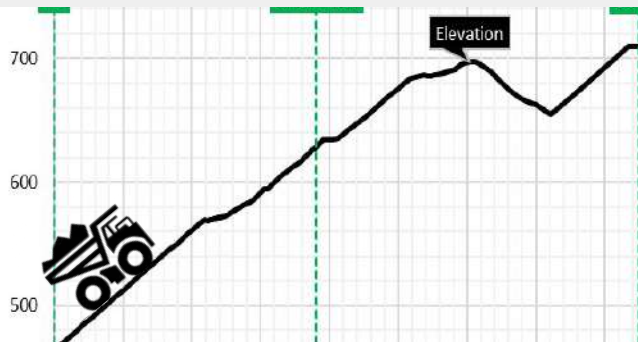


## DESCARGA Y CARGA DE LA BATERÍA

El uso de la batería reduce el consumo de combustible hasta un 30%

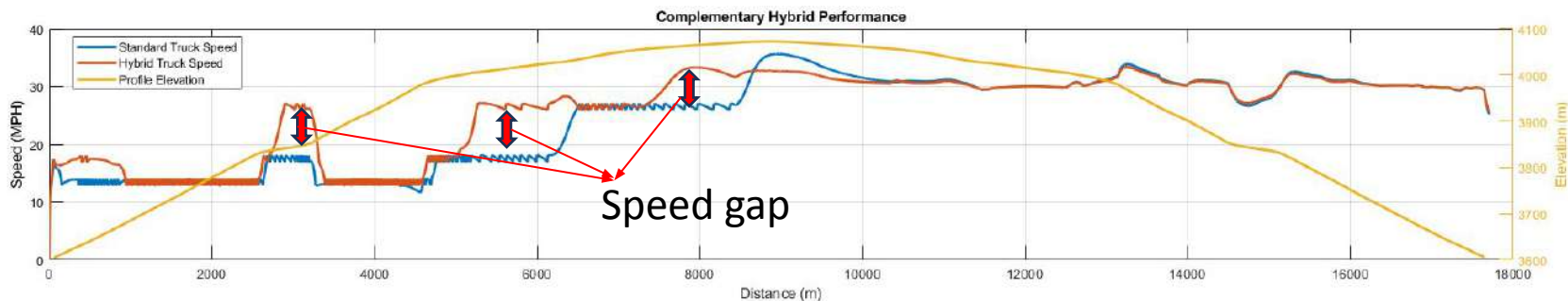
Sin carga estática requerida

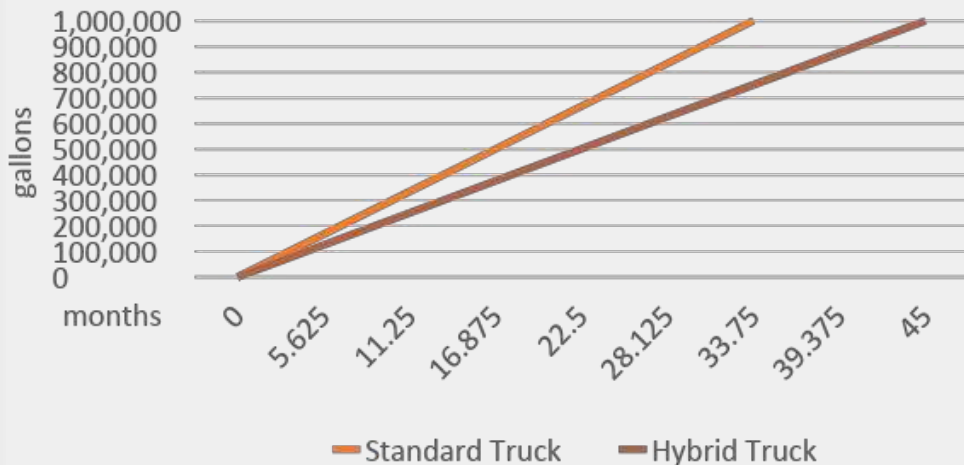




## MEJORA DE LA VELOCIDAD

A medida que hay más potencia disponible, el camión puede ir más rápido disminuyendo el tiempo de ciclo





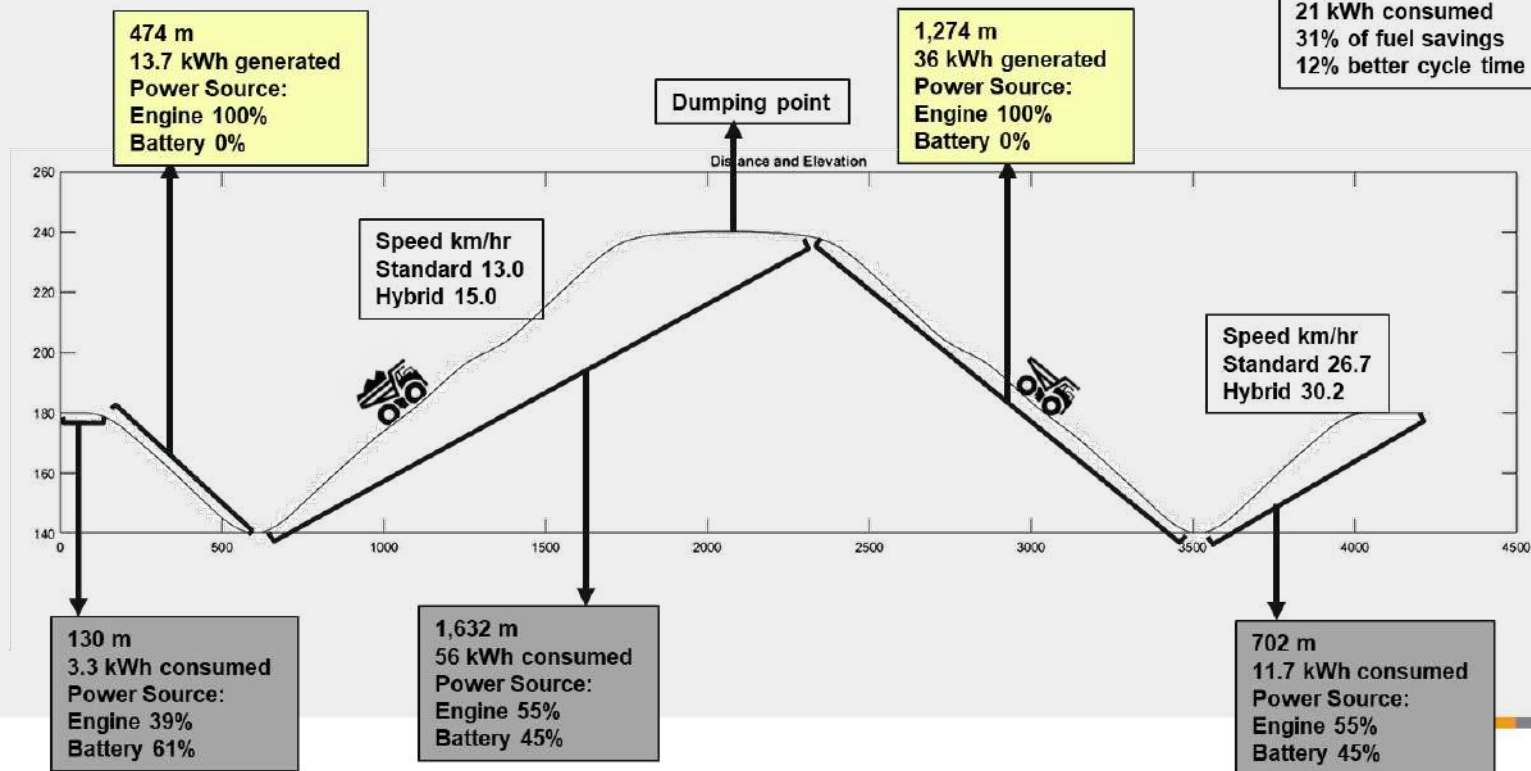
## PROLONGACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DEL MOTOR DIÉSEL

A medida que disminuye el consumo de diésel, las horas de funcionamiento del motor se extienden



# RENDIMIENTO

**Route Summary**  
Battery SoC 80%  
21 kWh consumed  
31% of fuel savings  
12% better cycle time



## BENEFICIOS



Hasta un 30% de ahorro de combustible  
+5 % adicional con la gestión de ralentí

Potencial de ahorro de combustible adicional con el despacho considerando el estado de carga de la batería y la carga estacionaria



Hasta un 30% de reducción de emisiones de CO2  
+5 % adicional con la gestión de ralentí



Reducción del tiempo de ciclo de hasta un 10%

Menos eventos de carga de combustible por semana (más tiempo de producción)



Aumento de la vida útil del motor diésel de hasta un 30%



JUNTOS POR MÁS  
OPORTUNIDADES Y  
BIENESTAR PARA TODOS



INSTITUTO  
DE INGENIEROS  
DE MINAS  
DEL PERÚ



# Avanzando hacia la mina automatizada, electrificada y digital

Komatsu Mitsui Maquinaras Peru S.A.

JUNTOS POR MÁS  
OPORTUNIDADES Y  
BIENESTAR PARA TODOS



# Avanzando hacia la mina automatizada, electrificada y digital

- Komatsu tiene gran experiencia en electrificación en la minería
- Estrategia general de electrificación Komatsu
  - Almacenamiento de energía: baterías
  - Sistemas de propulsión: motores eléctricos, generadores, electrónica de potencia
  - Software: gestión energética del sitio
  - Desarrollo de infraestructura: transferencia de energía: sistemas de carga



## Customer Feedback

- La descarbonización sigue siendo importante para el futuro, pero ahora se pide que el TCO sea similar o mejor que la aplicación diésel.
- Las pruebas y los pilotos continuarán según lo planeado, pero la implementación generalizada tomará más tiempo. Muchas tecnologías involucradas.
- Proyectos se comenzaran a ver mirando de manera realista a mediados de la década de 2030.



# Descarbonización - Asociatividad será clave



## ¿Que es el GHG Alliance?

Grupo colaborativo enfocado focalizado en acelerar el cambio a una minería libre de emisiones

## ¿Por que se creo?

Para ayudar a acelerar el desarrollo y adopción de nuevas tecnologías limpias

## ¿Hacia donde va la alianza?

Continua expandiendo programas piloto y explorando tecnologías de nueva generación.

## Otras Alianzas y Adquisiciones

### FACILITADORES



### SOCIOS DESARROLLADORES



### ADQUISICIONES



# Caminos hacia la descarbonización

## Uso eficiente de los equipos

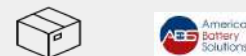


Entrenamiento

Gestión de  
Flotas

Autonomía

## Almacenamiento de Energía



Capacitores

Batería

## Combustibles alternativos

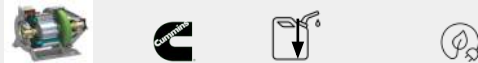


Hidrógeno

Combustible  
Renovable  
(Bio-Etanol)

Combustible  
Sintético

## Mejoras en los equipos



Almacenamiento  
o Energía  
Cinética  
**KOMATSU**

Tier 4

Tecnología  
Ahorro de  
Combustible  
- Híbridos

**FIRST MODE**

Trolley / Carga  
dinámica

**KOMATSU ABB**

Reducción  
Emisiones

Cero  
Emisiones

## Un Puente: Camión Híbrido

- **First Mode (Cummins)** es líder en soluciones híbridas para aplicación minera y ferroviaria.
- **La tecnología:** El sistema híbrido patentado incluye componentes clave integrados en un sistema robusto diseñado para funcionar en cualquier entorno minero.
- **La ventaja:** El producto ofrece un ahorro inmediato de combustible (hasta 30%) y reduce las emisiones hasta en un 25 % con cambios mínimos en un camión eléctrico ultra-class, sin necesidad de infraestructura adicional.

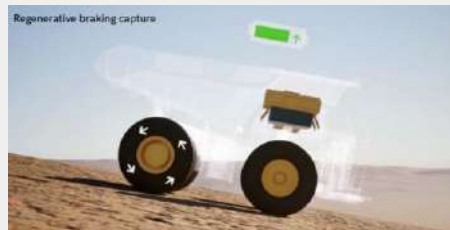


Paquete de baterías regenerativas

Motor Diesel  
**Sin cambios**



- **Paquete de baterías:** Solución de baterías robusta, duradera y segura que soporta las condiciones más adversas.
- **Sistema de gestión de baterías:** Control de ciclos de carga y descarga, monitoreo de temperatura y el estado de la batería
- **Convertidor:** Solución patentada que permite una conversión de energía bidireccional eficiente, y aislamiento para mejorar la seguridad y el rendimiento del sistema de baterías.
- **Integración con el Tablero de control Camión:** Un sistema de control a medida conecta el sistema de baterías con los tableros y motores de tracción existentes.



2025	2026	2027+
Market Seeding ~5 units	Low volume production 15 - 25 units	Scaled solution 50 - 100 units
FIRST MODE +		

# 1. Camión Agnóstico – Camino a la Descarbonización



**Tecnologías Futuras**

- La plataforma PA permite hacer retrofit a cualquier fuente actual o futura de energía
- La descarbonización está en evolución, y la adaptabilidad es clave

La plataforma de Komatsu Power Agnostic permite una rápida adopción de tecnologías de cero emisiones mientras se implementan los últimos sistemas de propulsión

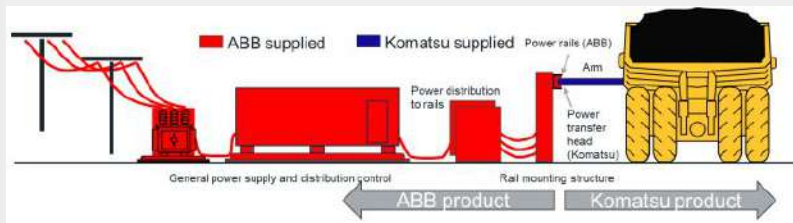
- La plataforma “Power Agnostic” (PA) es la solución Komatsu para asegurar que los camiones eléctricos se adaptan a tecnologías futuras de potencia.
- En colaboración con nuestros clientes, Komatsu a construido una plataforma de potencia agnóstica para asegurar que los clientes puedan cumplir sus necesidades en una forma dinámica y eficiente.
  - Standard
  - Diesel – Trolley
  - Batería – Trolley
  - Celda de Hidrogeno

- Plataforma Modular – un chasis que puede operar con múltiples configuraciones de módulos/sistemas de fuentes de potencia
- Modificaciones a tiempo – la plataforma PA podrá operar con los avances de tecnologías futuras conforme van saliendo al mercado



## 2. Soluciones Complementarias

### Transferencia de energía dinámica (SideLink)

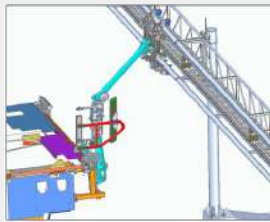


### Carga estacionaria de alto rendimiento



### Trolley fácil de desplegar

- Trolley es una solución disponible ahora
- Rediseño de ABB para un montaje y desmontaje rápido
- Primera solución en Q3-2025 (Chile)



**ABB KOMATSU**

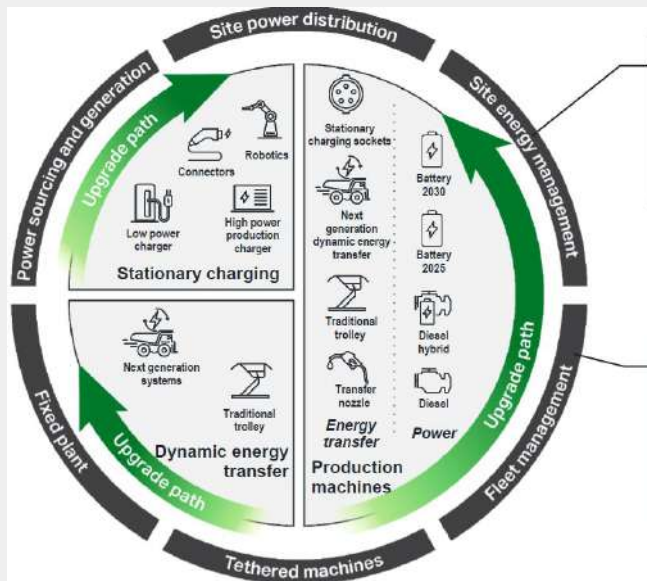
### Brazo Robótico

- 6,5 MW, conexión 100% automática (robot)
- Disponible en Q3 2025 en el campo de pruebas de Arizona (Komatsu)



### 3. Gestión energética del sitio totalmente integrada

- El consumo máximo de energía determina la capacidad de diseño y el costo de la infraestructura.
- **Los eventos de carga de baterías de alta potencia pueden picos de demanda de energía.**
- El sistema de gestión de flotas (FMS) debe intentar equilibrar la carga mediante una programación cuidadosa.
- Sin esta capacidad, la demanda de energía sin control resultará en una mayor inversión de capital y una infraestructura infrutilizada.



#### Gestión de Manejo de Energía (EMS)

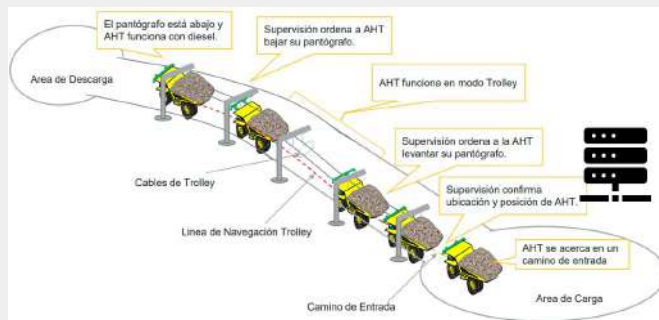
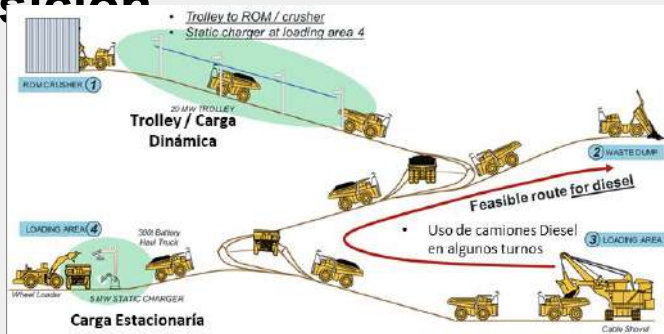
- Fuentes de Energía
- Demanda de potencia y asignación
- Minimización de picos de potencia
- Gestión de la calidad de potencia

#### Gestión de Flota (FMS)

- Plan de recarga de energía / combustible en equipos
- Negociación de potencia con EMS
- Maximizar utilización de flota
- Optimización desempeño flota
- Nivelar y pronosticar el consumo de potencia

El FMS y el EMS negocian para lograr balancear los consumos/demandas en toda la mina.

# Conclusiones: Batería y Diesel serán necesarios en la Transición



## Desafíos

- El diseño de la mina contemplar el maximizar las oportunidades para carga dinámica
- No todas las rutas serán factibles para camiones a batería, flota mixta con diésel será necesaria: Oportunidad híbridos
- **Desempeño:** Afectación de payload, extensión del ciclo de carga y descarga
- **Trolley / Autonomía:** Mantenimiento de rutas. Necesidad de trolley en curvas □ Autonomía
- **Energía:** Disponibilidad de energía verde. Variabilidad de la energía.
- **Costo:** Inversiones para desarrollo de infraestructura, sistemas adicionales. TCO será clave.



JUNTOS POR MÁS  
OPORTUNIDADES Y  
BIENESTAR PARA TODOS



INSTITUTO  
DE INGENIEROS  
DE MINAS  
DEL PERÚ

