

Advanced Mining Technology Center



Movilidad y Robótica en Minería

Dr. Javier Ruiz del Solar
Dr. Paul Vallejos

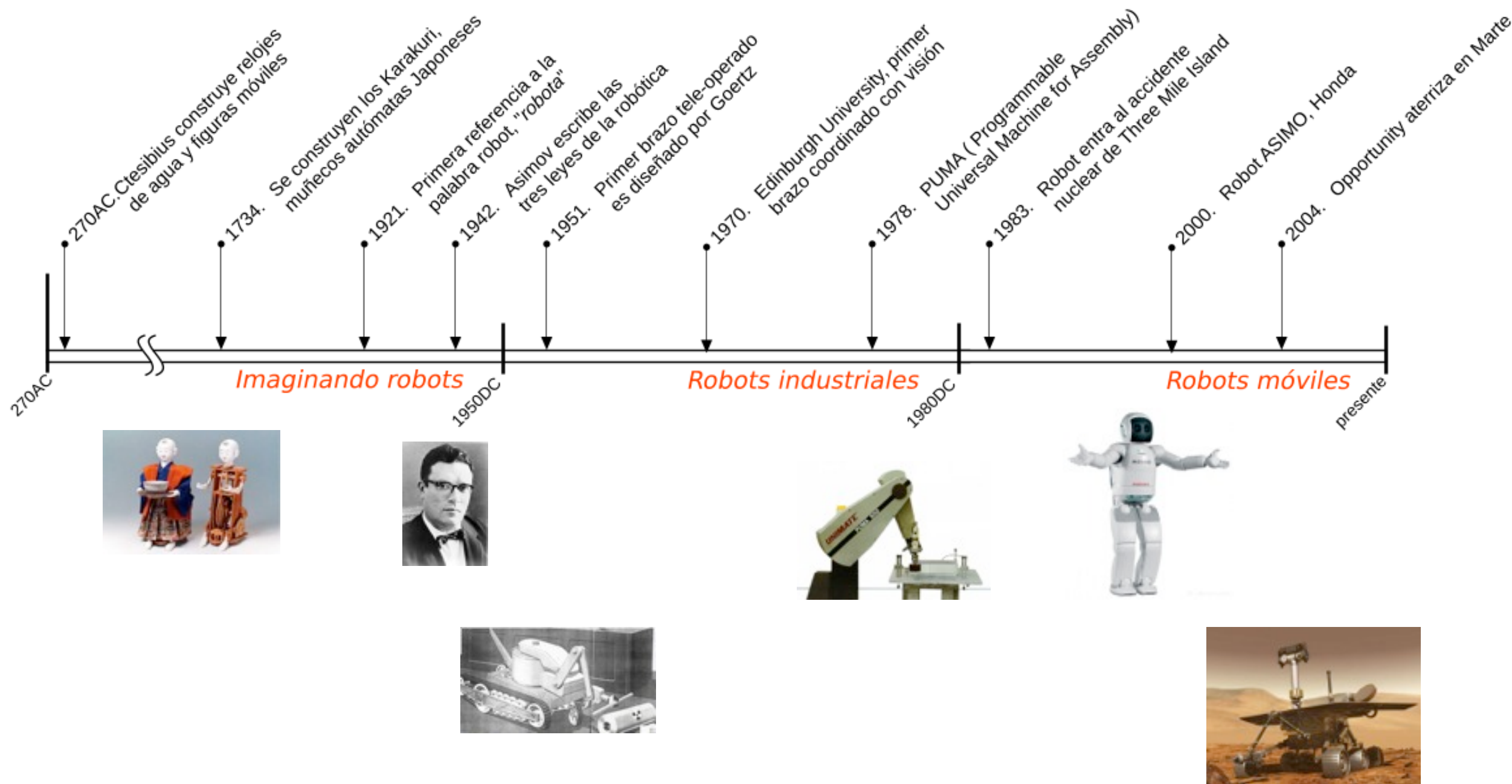
Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas

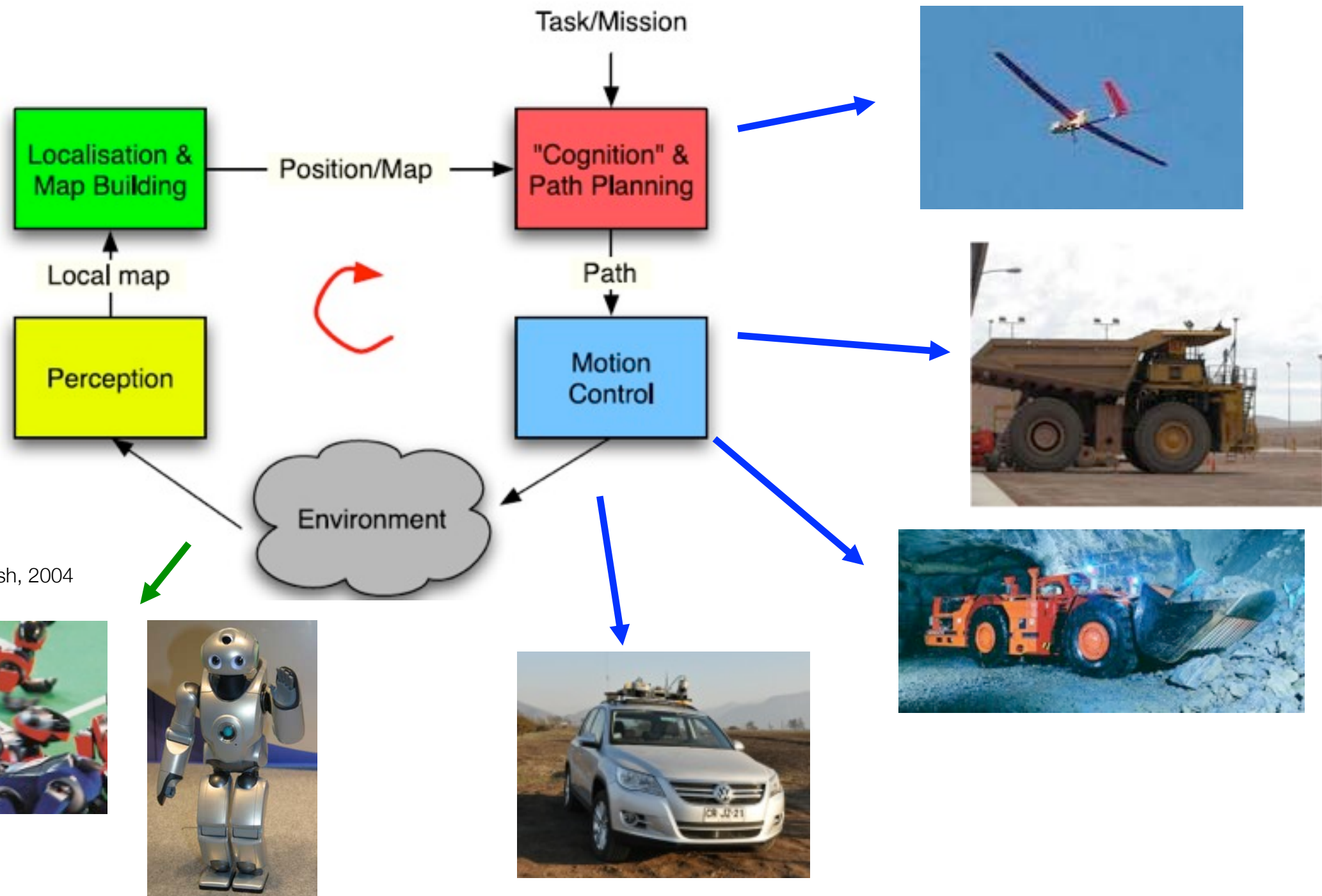


- Robótica en minería: Conceptos generales
- Tecnologías asociadas
- Aplicaciones en minería
- Desafíos
- Vehículo autónomo AMTC

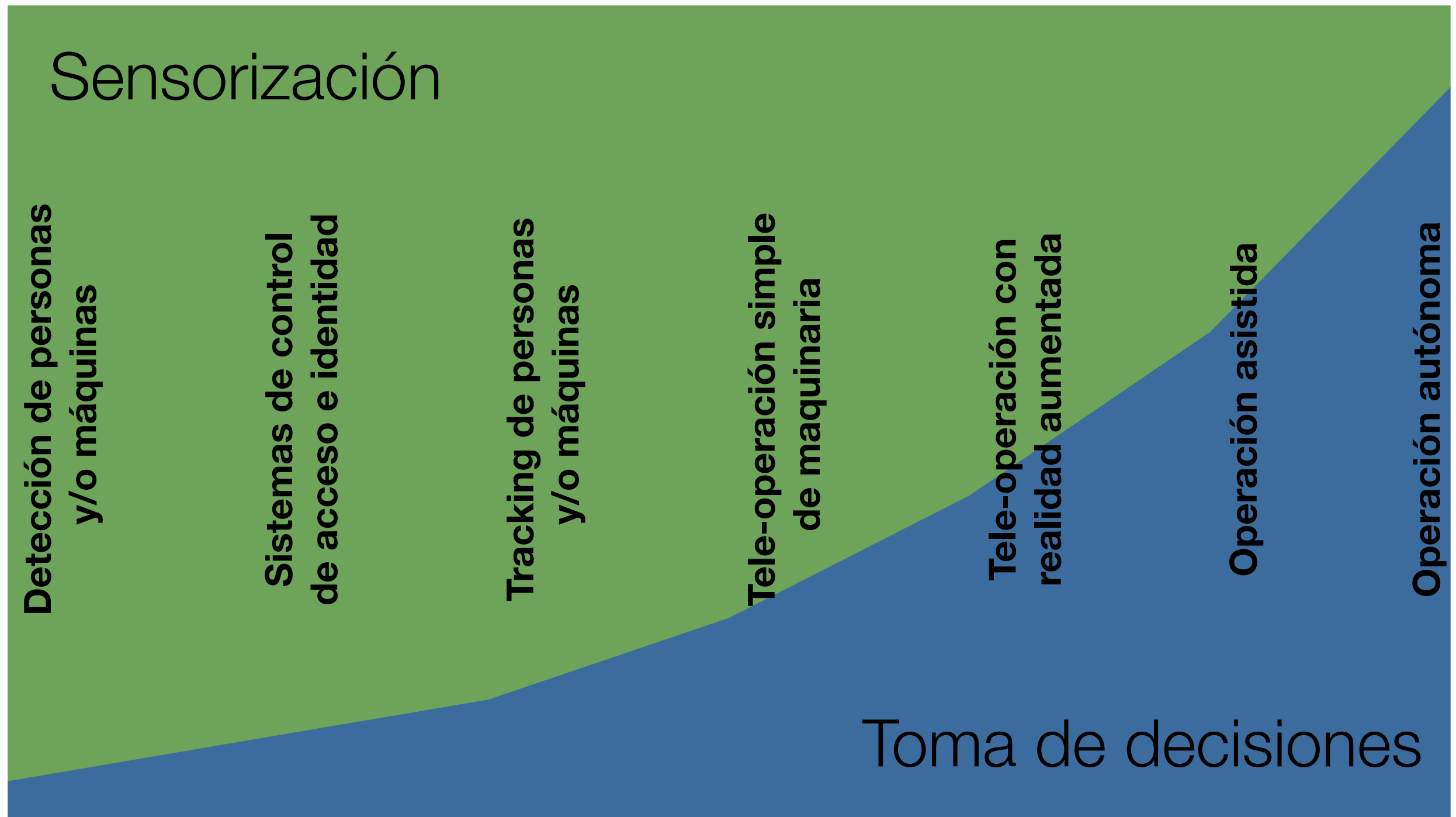
Robótica en minería: Conceptos generales

Hitos en la Historia de la Robótica





© Siegwart & Nourbakhsh, 2004



-
- Tele-operación
 - Realidad aumentada
 - Operación asistida
 - Automatización de maquinaria
 - Trazabilidad de mineral, maquinaria y personal.
 - Control de acceso e identidad mediante tags e indicadores biométricos.
 - Monitoreo y detección precoz de enfermedades producto del trabajo en ambientes extremos.
 - Mantenimiento preventivo, detección temprana de fallas y manejo de contingencias.

Tecnologías asociadas

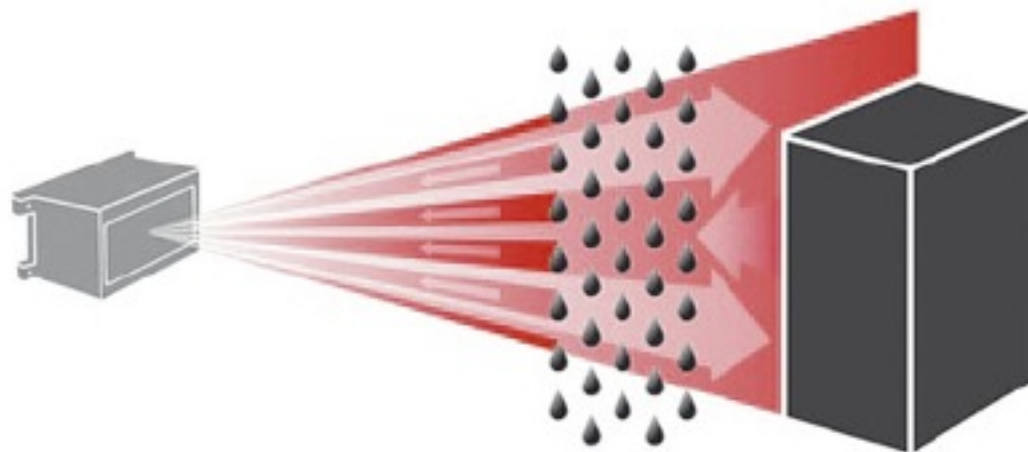


Lasers monoplano:

- 100% outdoor
- Largo alcance (80 – 150 mts)
- Angulos de 180 y 270 mts

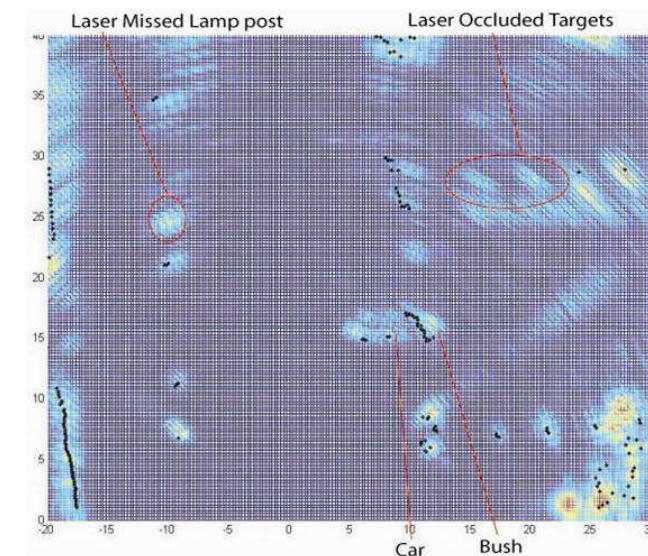
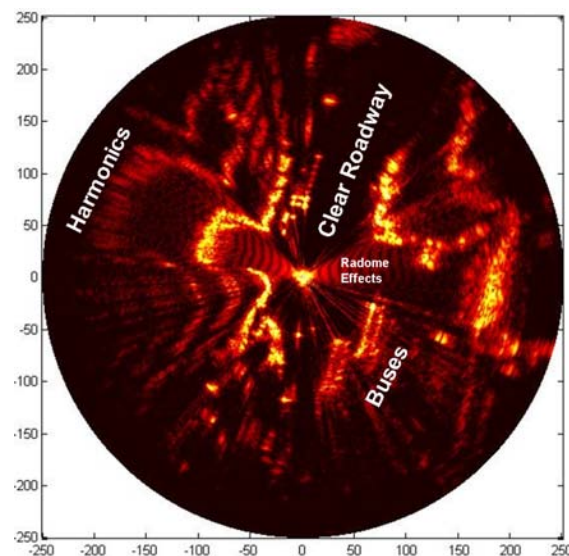
Laser 4 planos, multipulso:

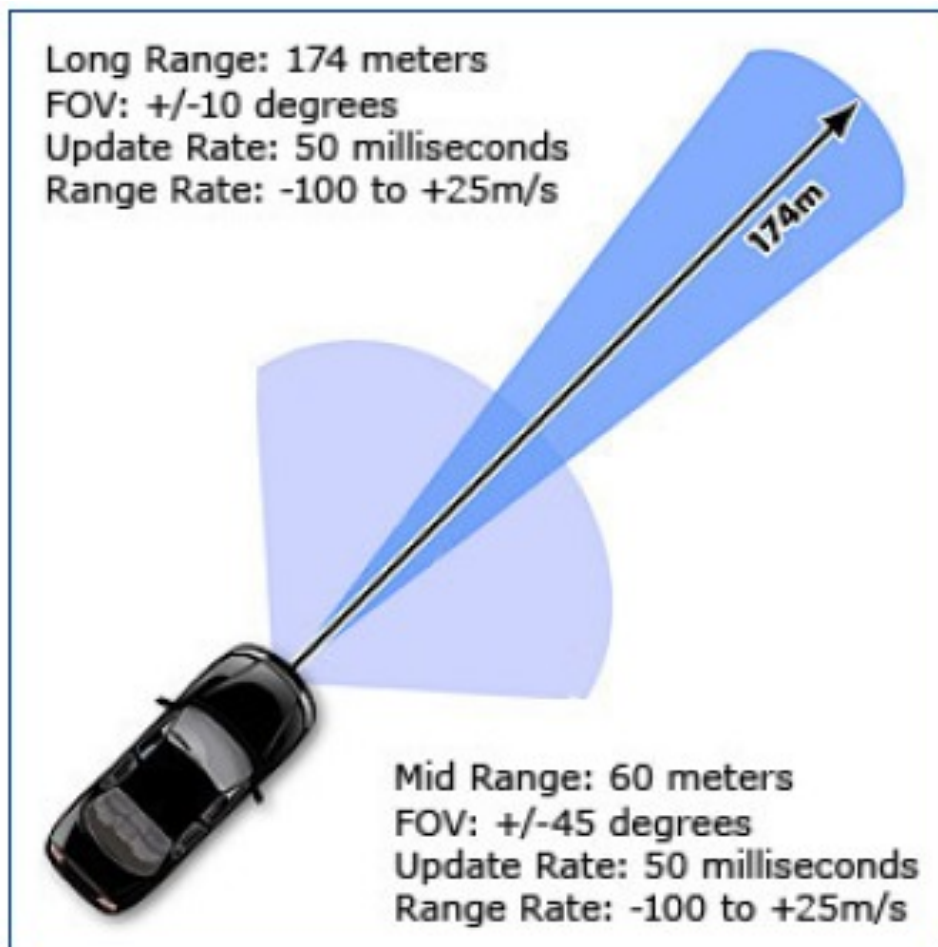
- Mejor desempeño con polvo y neblina
- Con API para detección



Scanning radar:

- Outdoor
- Largo alcance (kms)





Radar automotriz:

- Desarrollado para la industria automotriz
- Utilizado por nuevo Ford Taurus de serie

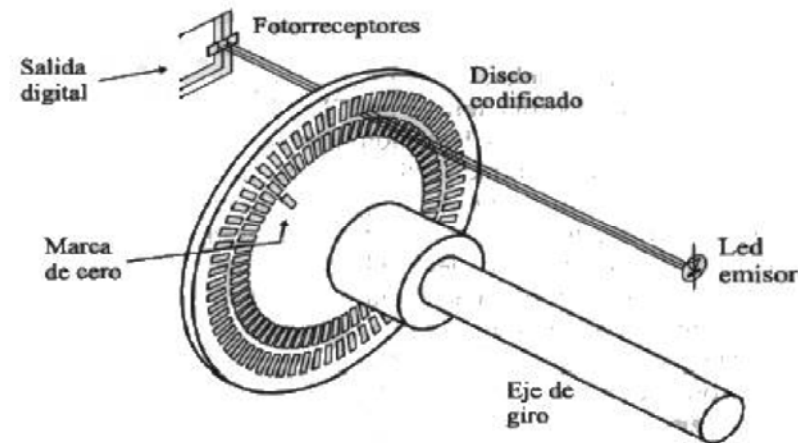


Algunas características:

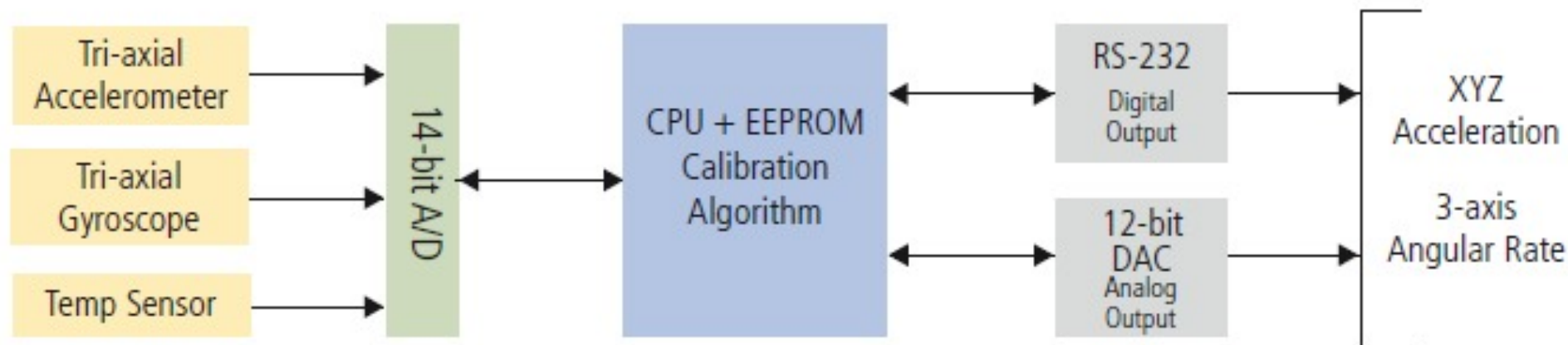
- Tecnología multimodo (dos rangos de alcance)
- Completamente de estado sólido
- Robusto y Compacto



GPS



Encoders



IMU Block Diagram



IMU

Cámaras de alta resolución:

- Sensor CCD sensible
- Obturación rápida
- Espectro visible



Cámaras de infrarrojo cercano



Cámaras termales



Cámaras Time of Flight:

- Luz infraroja modulada
- Sensor que mide el desfase de la luz
- Información 3D del ambiente



camera unit



illumination unit



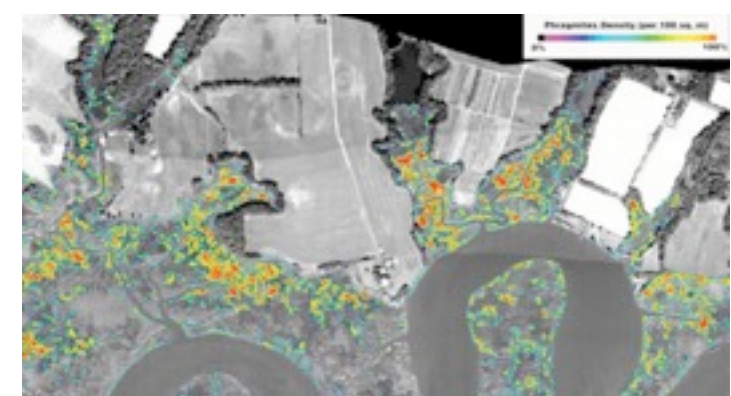
color coded 3D



3D & gray scale

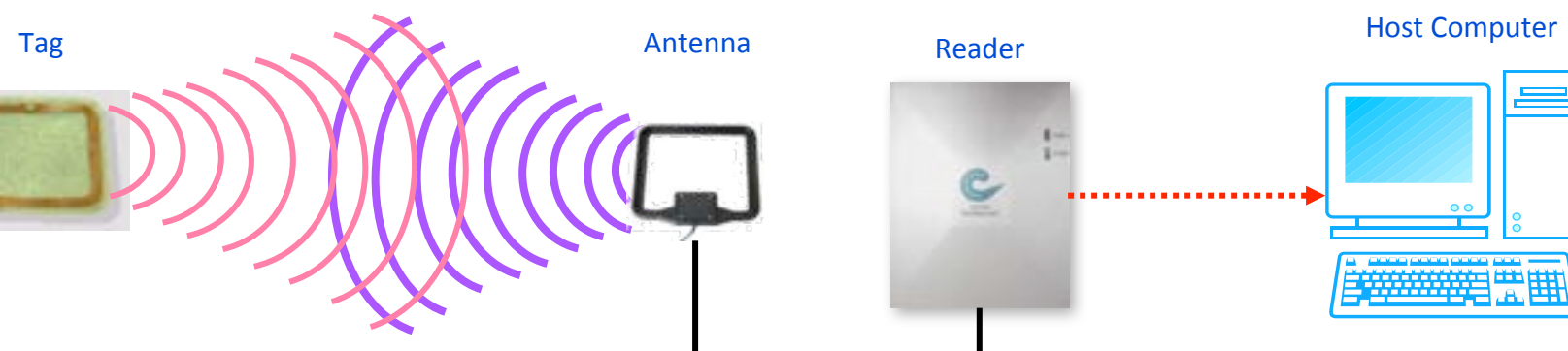
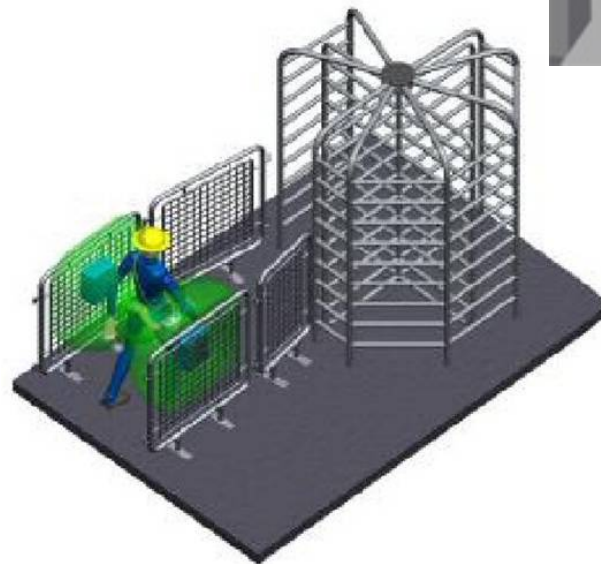
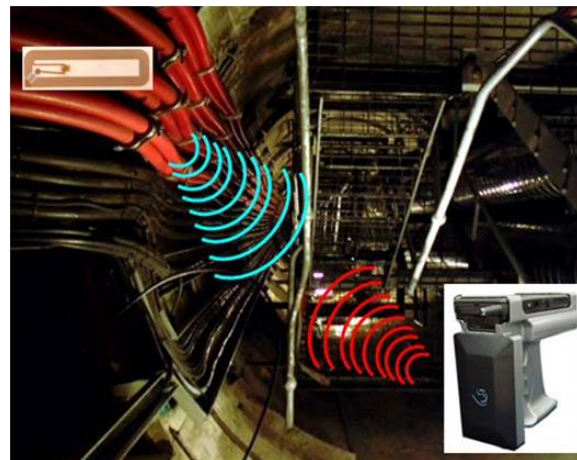
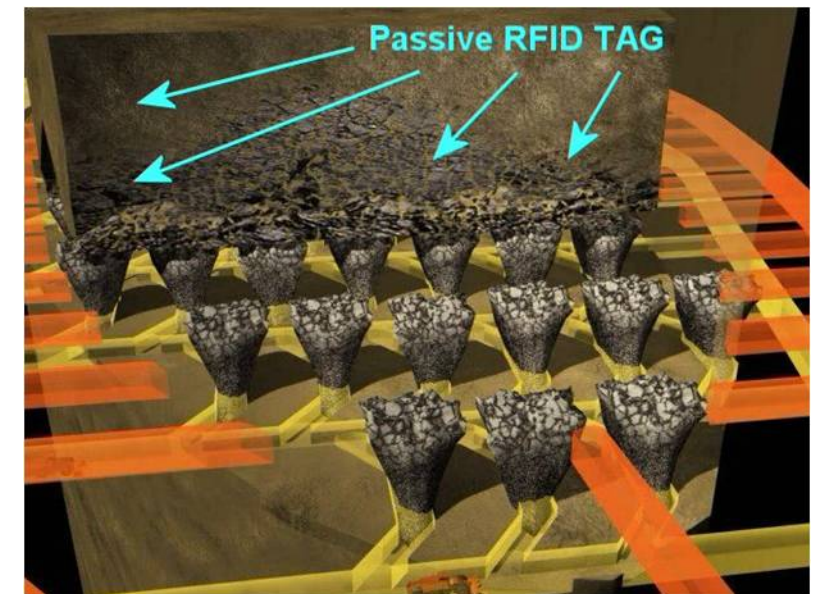
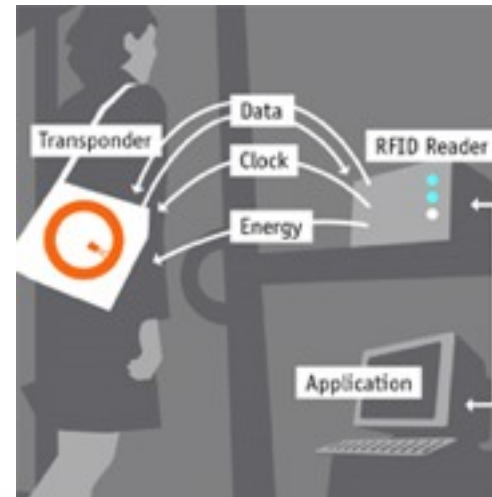
Cámaras hiper-espectrales:

- Percibe un rango superior al humano



RFID

- Receptores pasivos/activos
- Antenas para detección
- Estimación de distancias
- Trazabilidad
- Identificación



- Manipuladores eléctricos
- Manipuladores hidráulicos
- Sistemas hápticos
- Sistemas de rigidez variable



- Plataformas móviles multi-propósito
- Desarrollos militares robustos
- Máquinas robotizadas



- Modelamiento del mundo
 - Detección
 - Caracterización
 - Mapping
 - Tracking
 - Auto-localización

- Toma de decisiones
 - Redes neuronales
 - Lógica difusa
 - Árboles de decisión
 - Conductas basadas en comportamientos
- Actuación

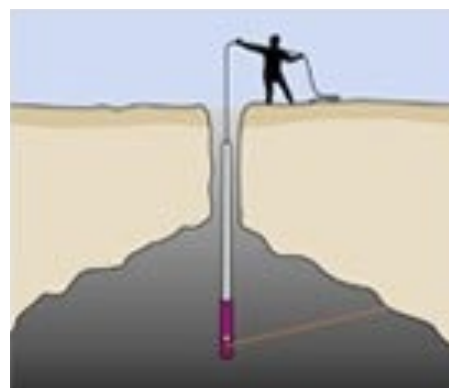
-
- Procesamiento distribuido
 - Toma de decisiones locales
 - Trabajo colaborativo

Aplicaciones en minería

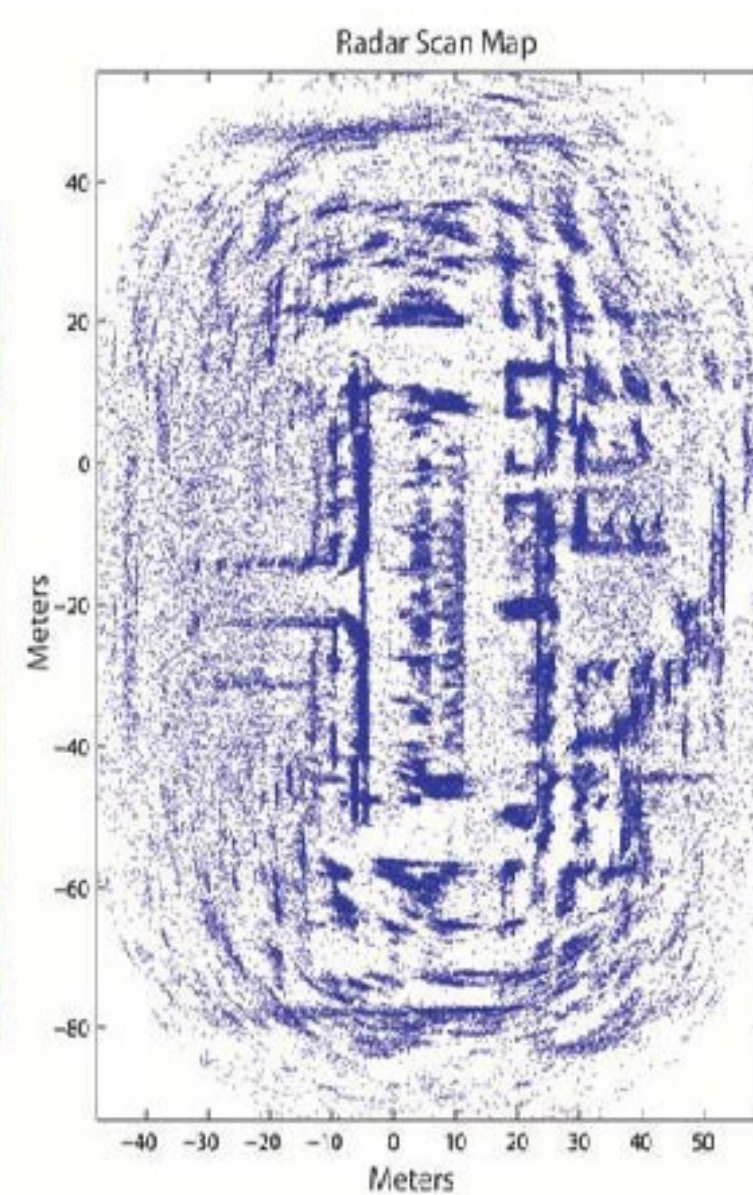
- Medición de volumen de Stock Piles



- Medición de nivel y estimación de material en tolvas



- Construcción de mapas con radar



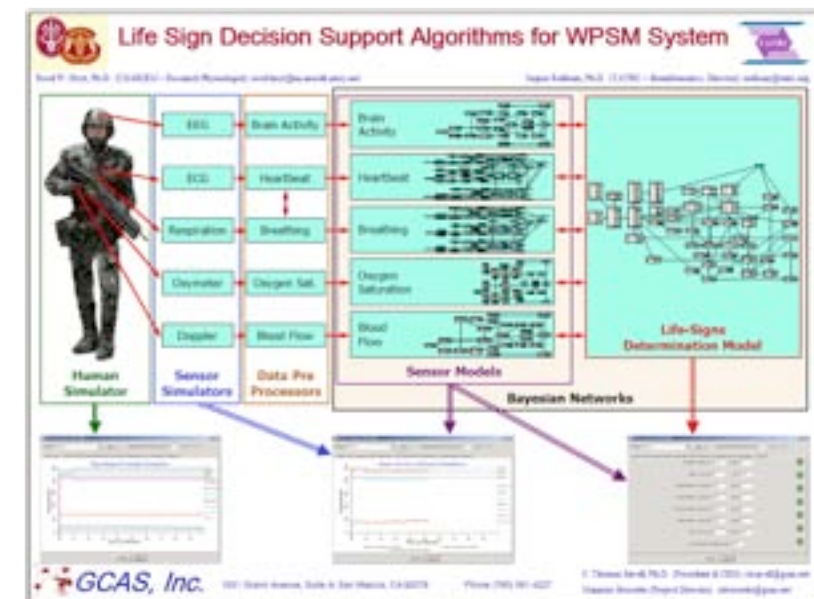
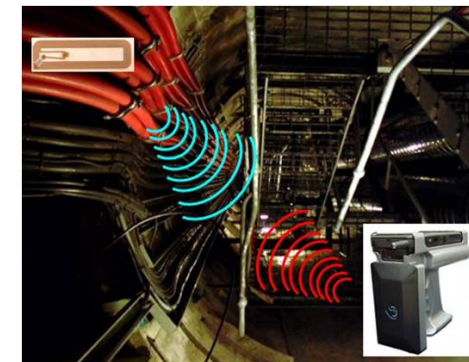


- Construcción de mapas con láser

- Fusión sensorial

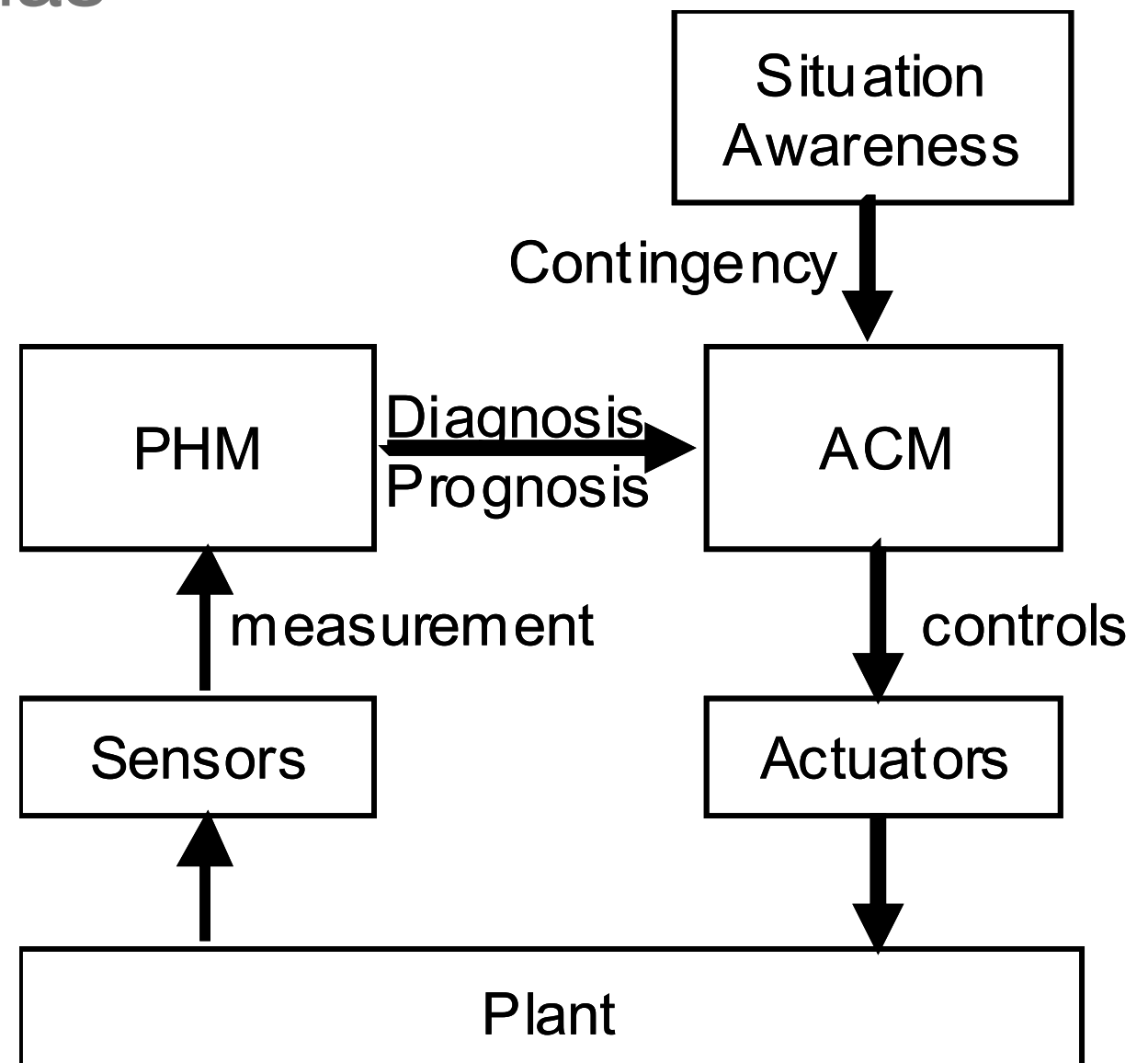


- Control de identidad utilizando indicadores biométricos
- Seguimiento de maquinaria
- Ubicación de personal en emergencias mediante RFID
- Monitoreo y detección precoz de enfermedades producto del trabajo en ambientes extremos



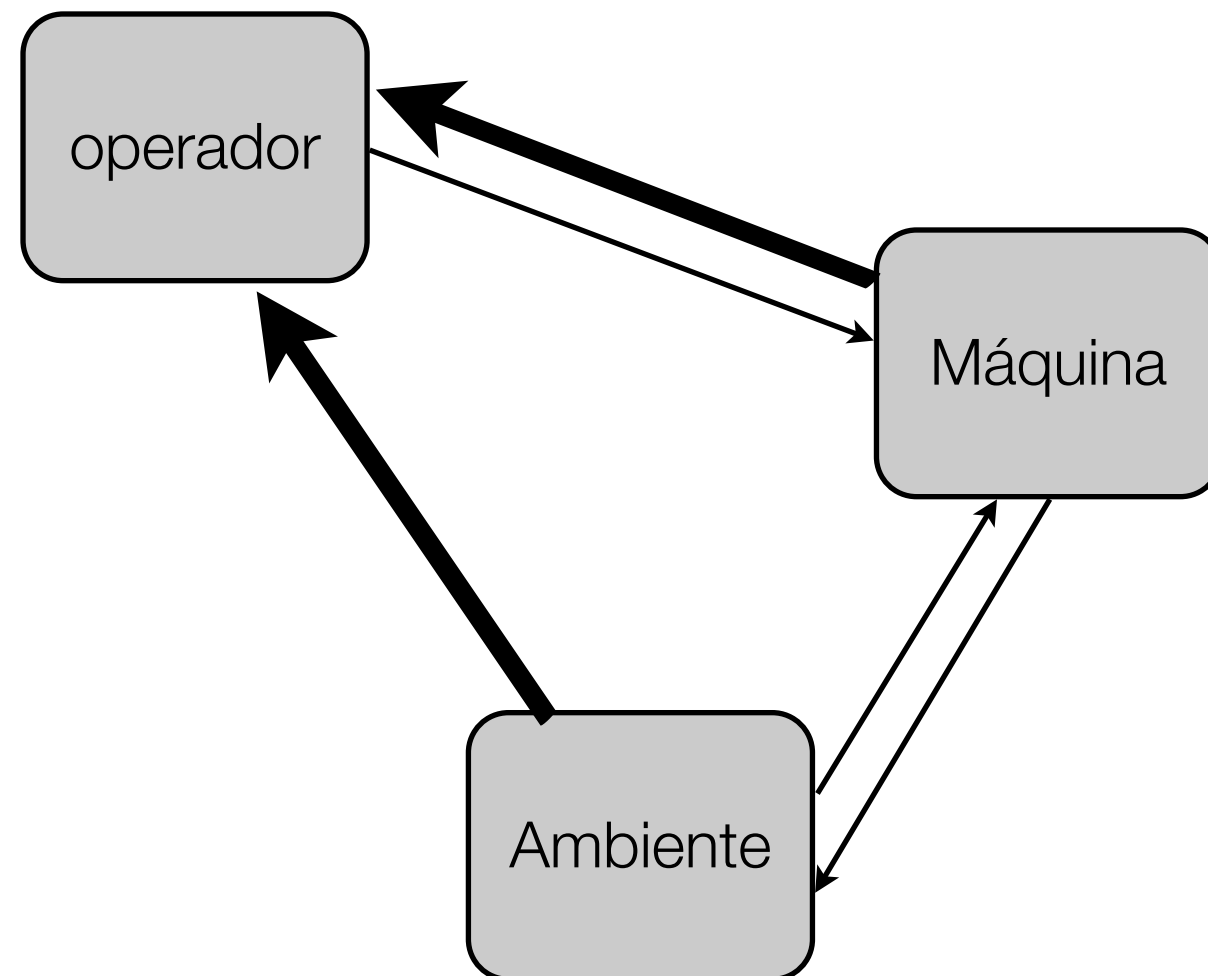
- Sensorización de máquinas

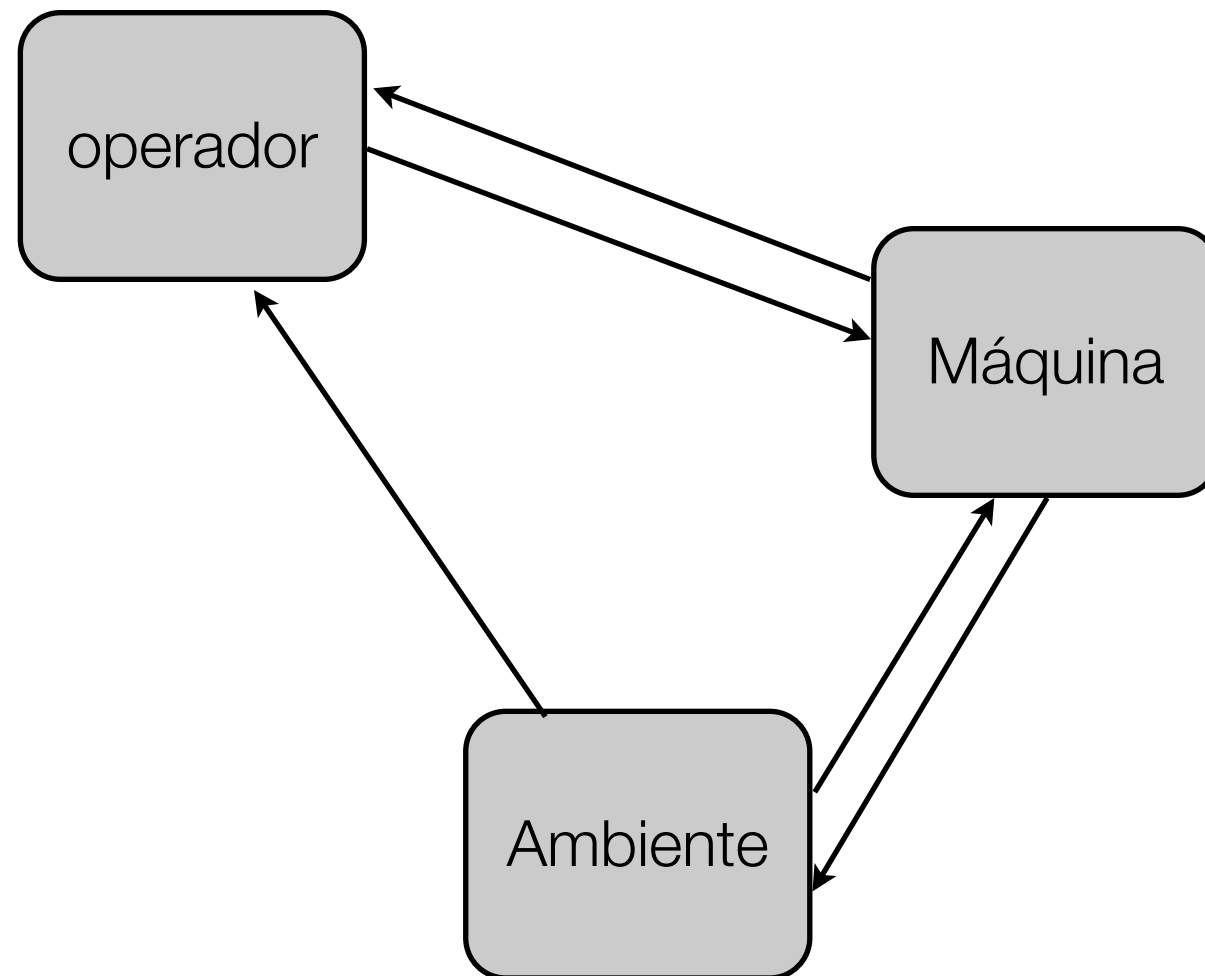
- Mantenimiento predictivo
- Detección temprana de fallas
- Manejo de contingencias

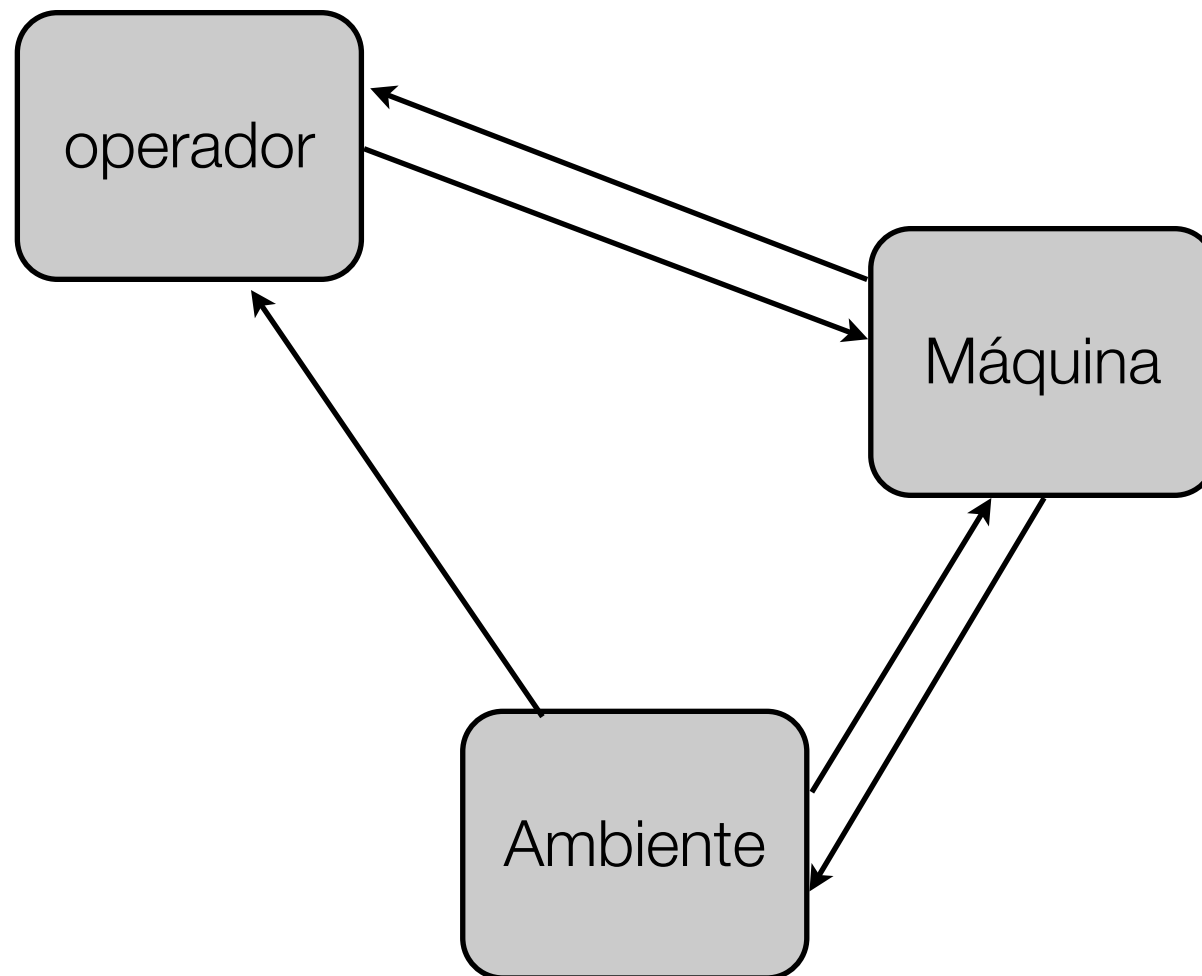


- Medición y extracción de enllampe
- Detección y extracción de inchancables en correas.
- Desatollo de chancadores.
- Detección de cortes y medición de estado de correas transportadoras.



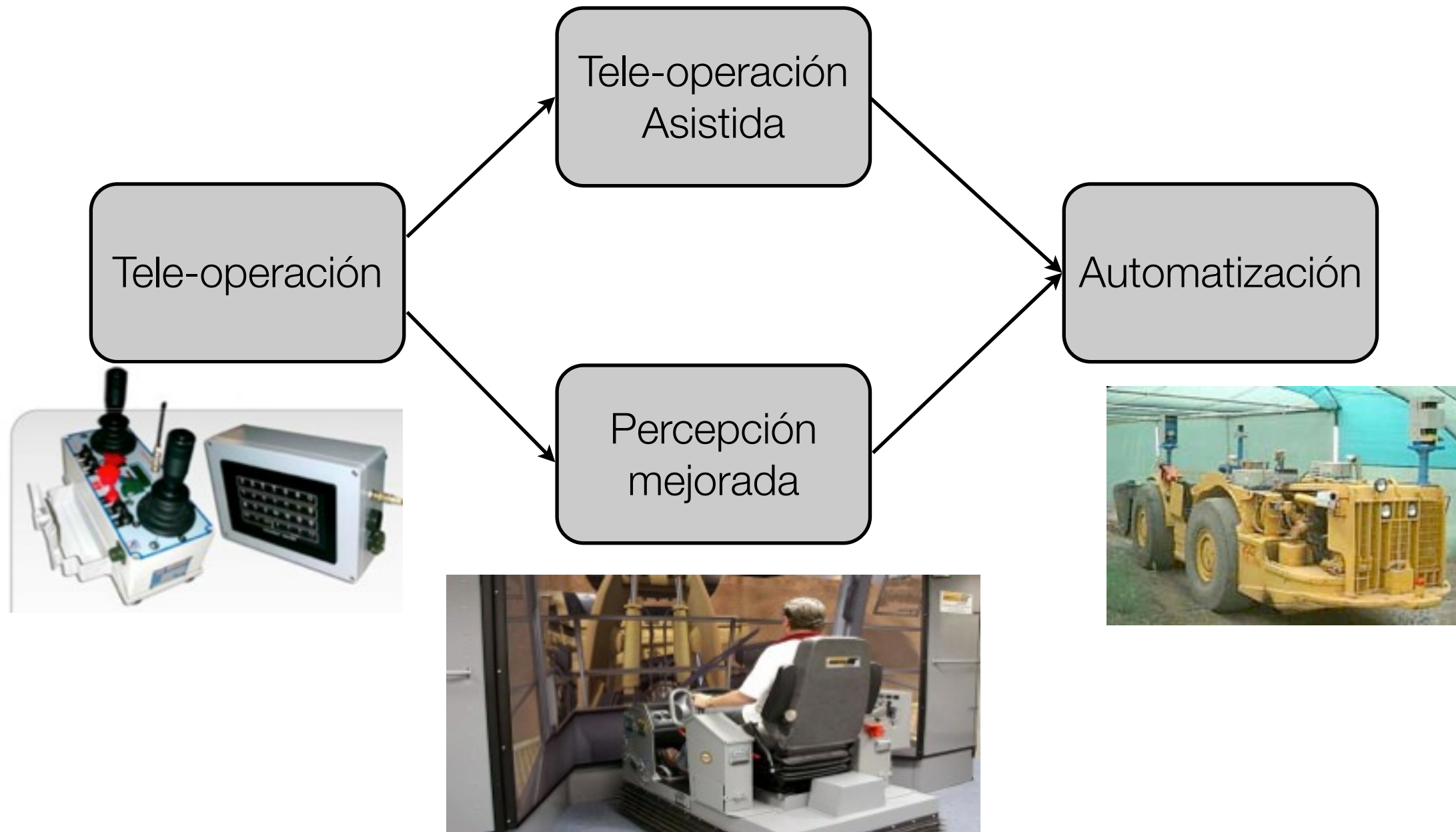






Solución:

- Percepción mejorada
- Tele-operación asistida



- Manipuladores de carga peligrosa
- Martillos pica rocas tele-operados



- Robots de exploración para túneles en desuso
- Inspección del interior de harneros y molinos



- Tele-operación de cachorro
- Tele-operación en lugares peligrosos



- Flotas de camiones automáticos
- Cargadores con desplazamiento automático y carga tele-operada



- Vehículos aéreos no tripulados de exploración (UAV)



- Tecnologías de redes de sensores, adquisición de datos, y toma de decisiones en tiempo real
- Herramientas de simulación



Desafíos

- **Operación autónoma robusta** en entornos dinámicos y adversos (polvo, nieve, lluvia, baja visibilidad, etc.)
- Modelamiento de **entornos no estructurados** (carguío LHD, etc.)
- **Interacción** entre vehículos y máquinas autónomas
- **Interacción** entre **vehículos autónomos/teleoperados y personal humano**
- **Comunicación robusta y de banda ancha** en minas subterráneas
- **Estandarización** de sistemas, dispositivos y protocolos de comunicación

Vehículo autónomo AMTC

Vehículo autónomo para ambiente de mina a rajo abierto.

- Proyecto I+D
- Plataforma de entrenamiento motivante.
- Proyecto de alta integración
 - ▶ Actuación de vehículo.
 - ▶ Control de vehículo.
 - ▶ Procesamiento sensorial.
 - ▶ Modelo del mundo.
 - ▶ Toma de decisiones de alto nivel.



Vehículo autónomo: Sensores

- 180° Lidar
- 270° Lidar
- 4 layers Lidar (85°)
- ToF
- Radar
- IMU+GPS
- Cámara de Procesamiento de Imágenes
- Cámara de monitoreo remote
- CAN interno



Vehículo autónomo: Actuadores

**Mechanical Steering
Brushless DC motor**



**Mechanical Brake
Linear actuator**



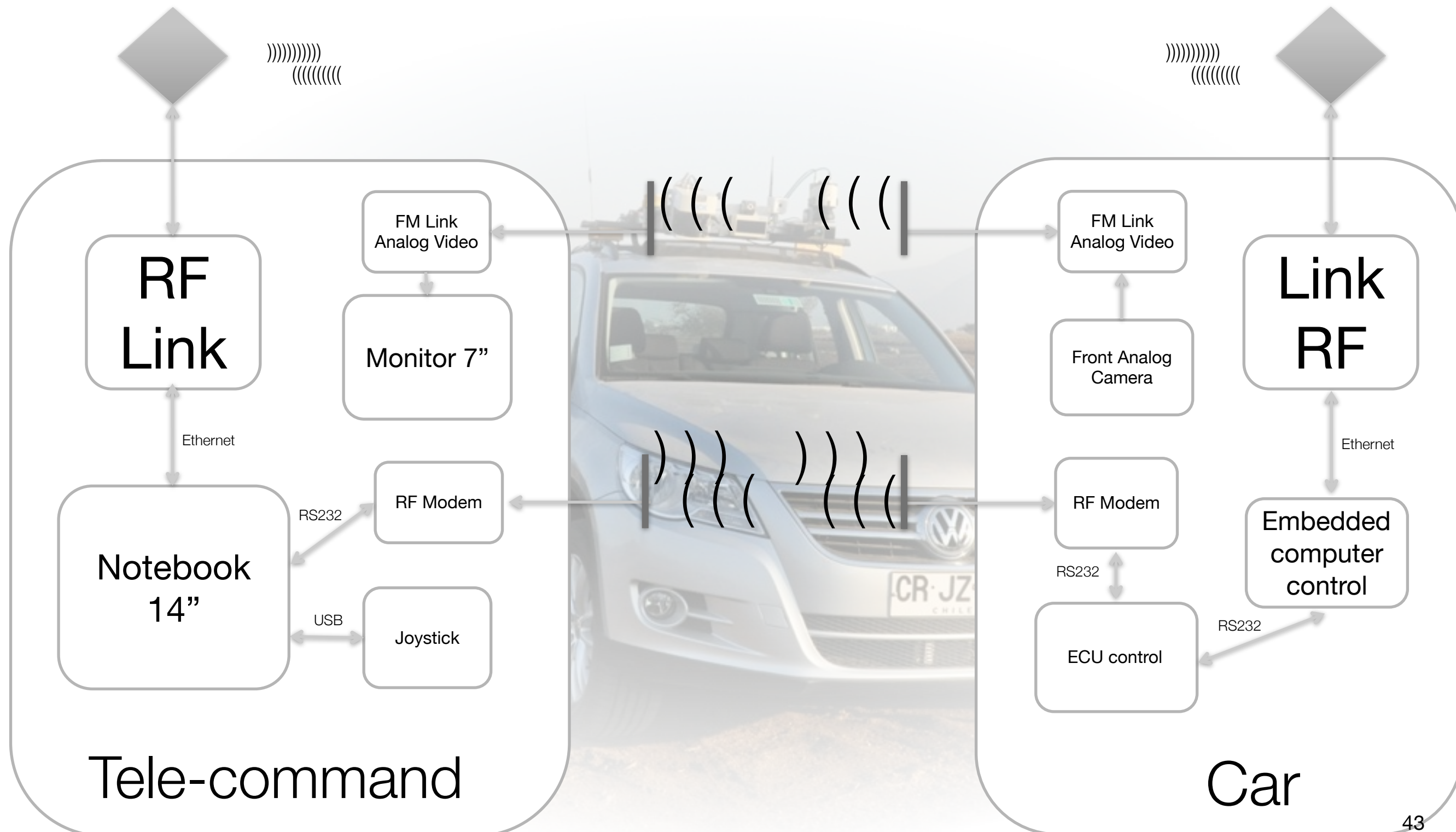
**Mechanical Brake
Rope effector**



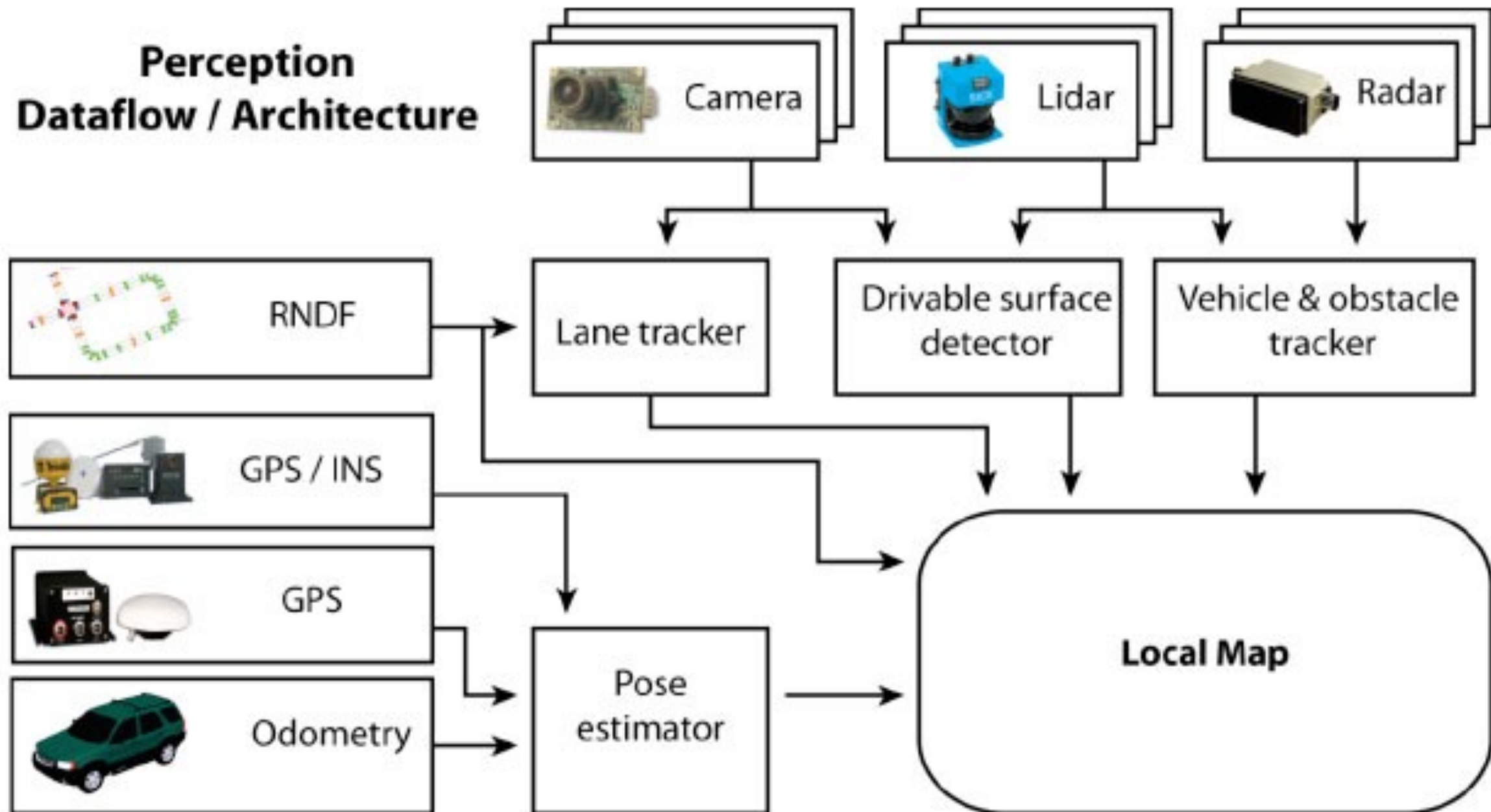
**Electronic Actuation
Analog Accelerator
Digital Shifting
Electronic Parking Brake
CAN info acquisition**



Vehículo autónomo: Tele-comando

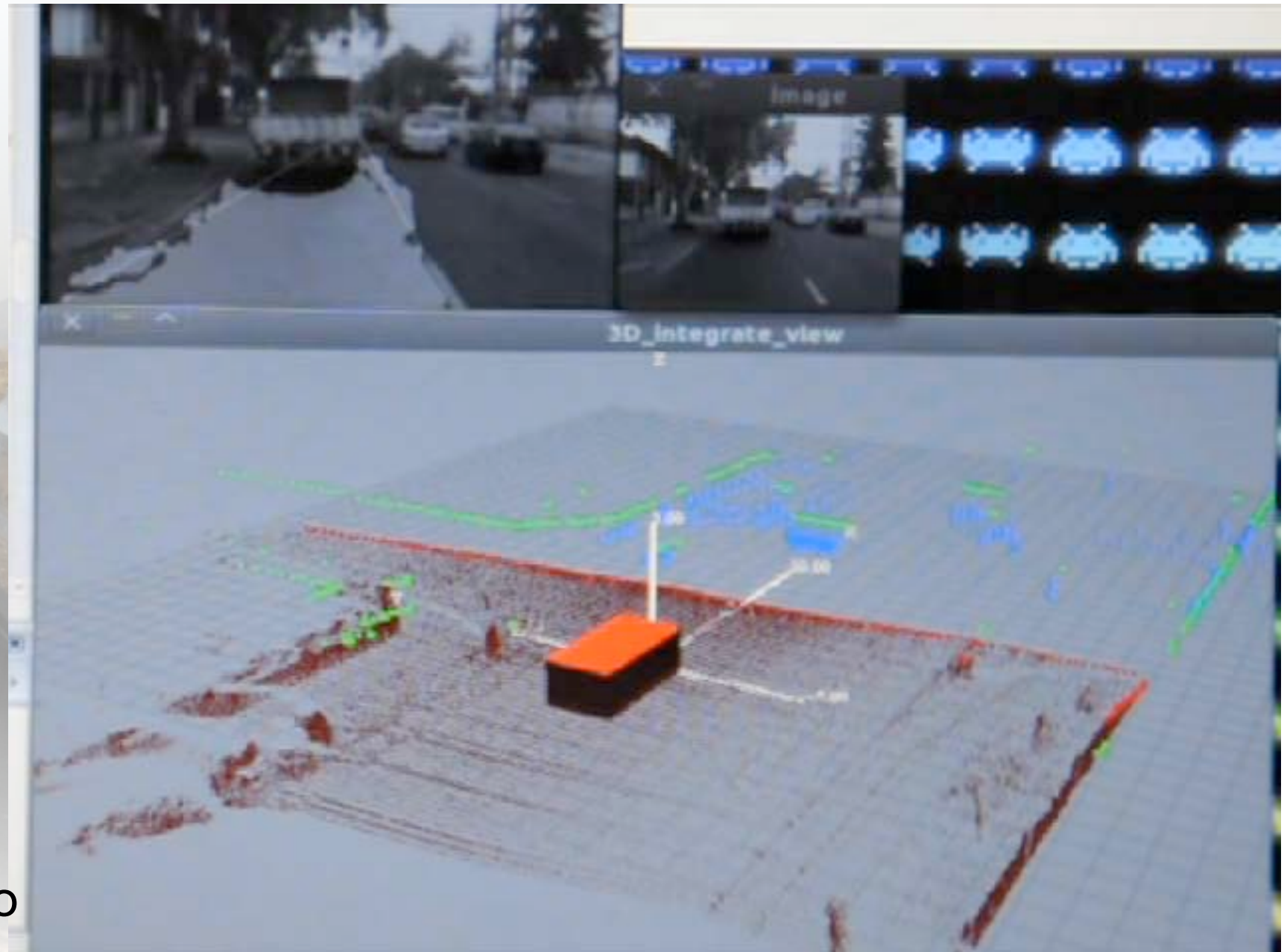


Vehículo autónomo: Percepción



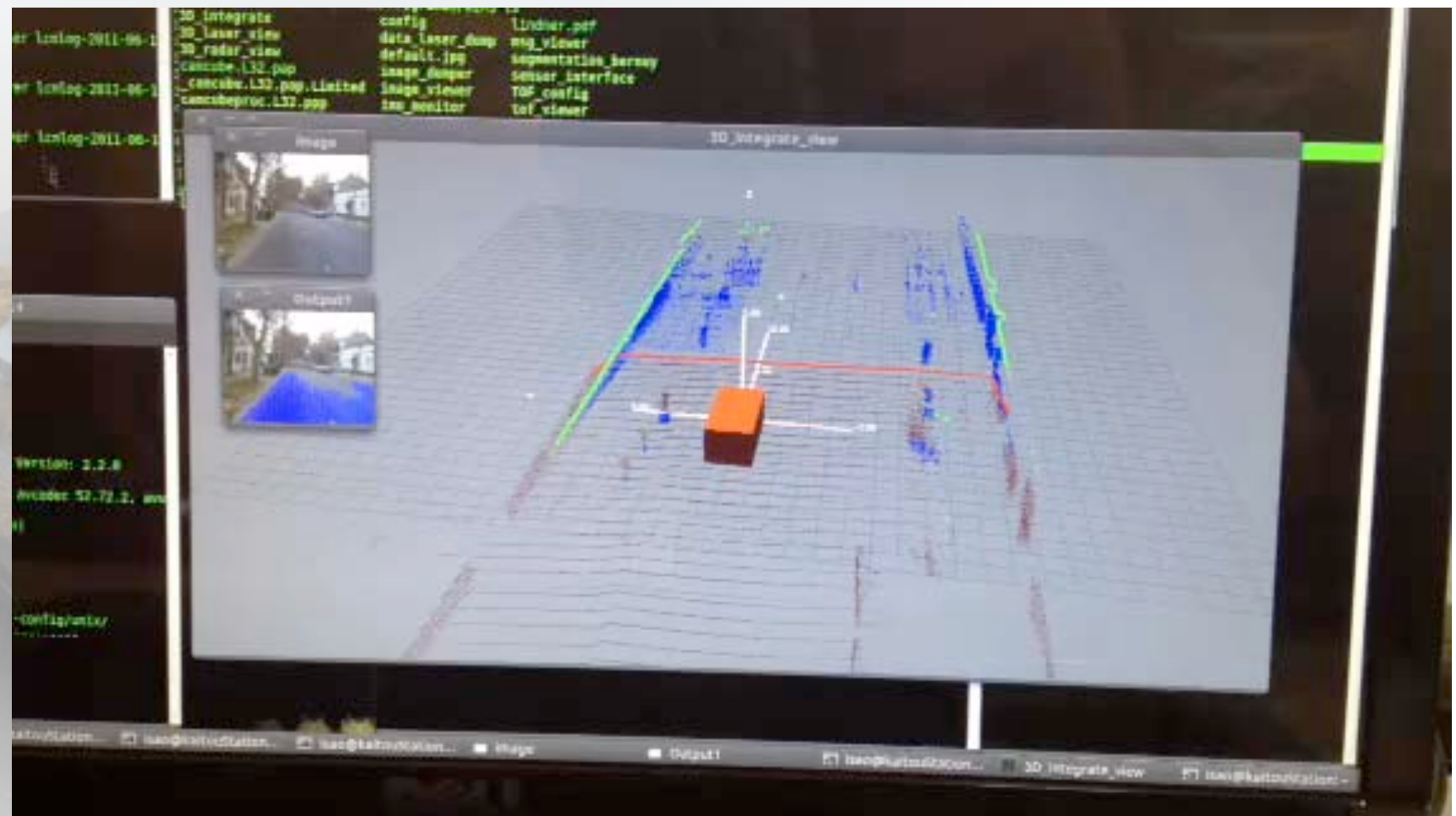
Vehículo autónomo: Percepción

- **Generación de Mapas 3D**
 - Lasers
- **Detección de camino**
 - Cámara
- **Percepción de objetos**
 - Cámara
 - Lasers
 - TOF
- **Percepción activa**
 - Sensores actuados
 - TOF
 - Laser de 4 capas
 - Cámara actuada
 - Seguimiento de camino
 - Seguimiento de objetos



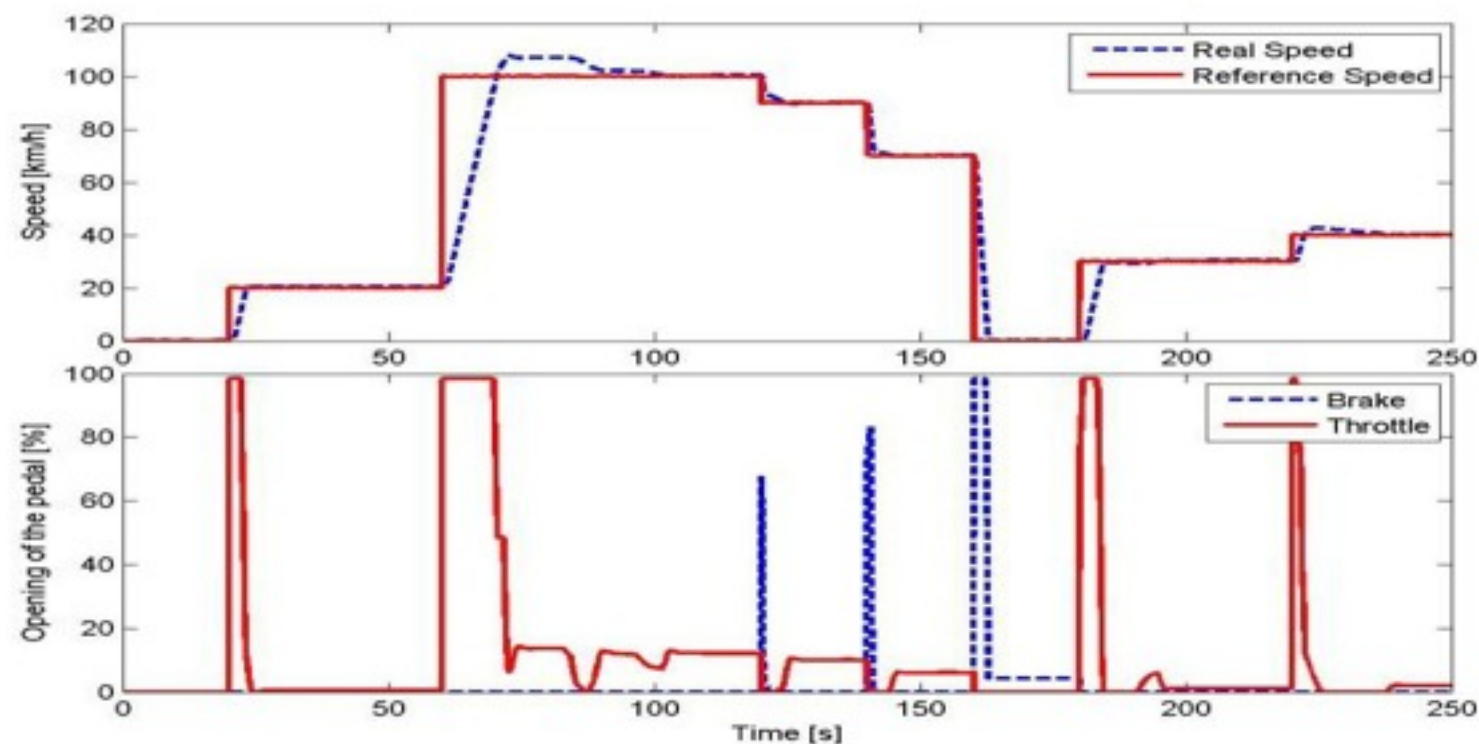
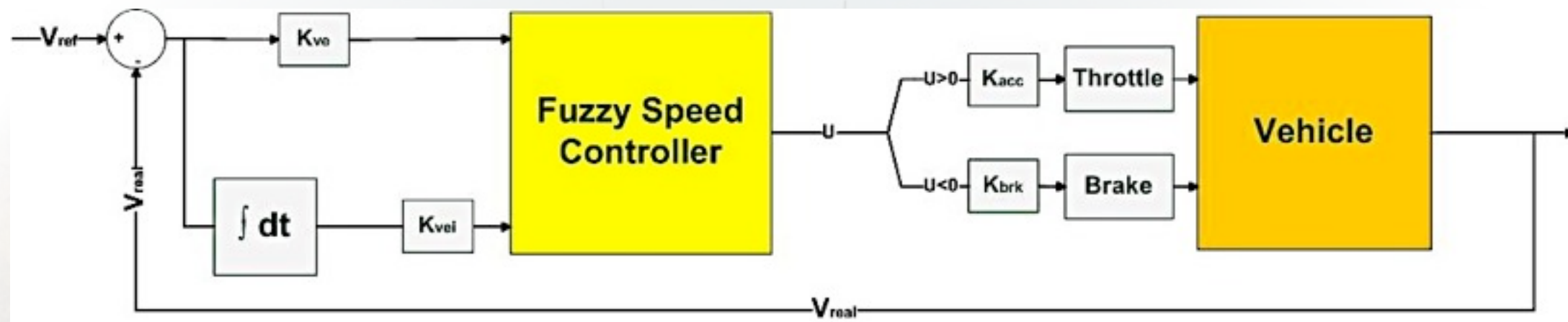
Vehículo autónomo: Percepción

- **Generación de Mapas 3D**
 - Lasers
- **Detección de camino**
 - Cámara
- **Percepción de objetos**
 - Cámara
 - Lasers
 - TOF
- **Percepción activa**
 - Sensores actuados
 - TOF
 - Laser de 4 capas
 - Cámara actuada
 - Seguimiento de camino
 - Seguimiento de objetos



Vehículo autónomo: Control local

- Control difuso de velocidad
- Control difuso de dirección





Preguntas?