



28° CONGRESO INTERNACIONAL DE
MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS



EXPO
MANTENER
2026



Gestión del mantenimiento y su impacto en la gestión de activos en empresas de transporte público masivo

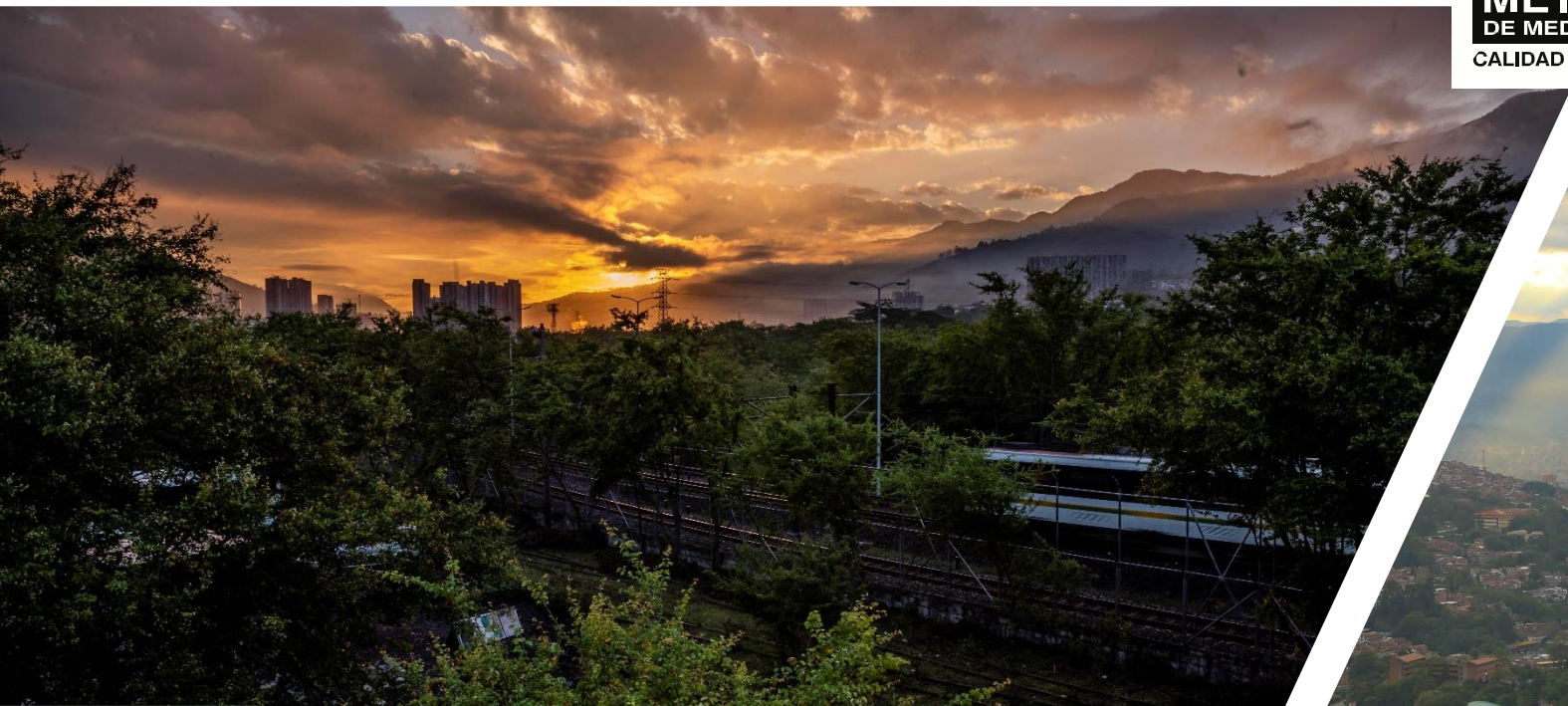
Diana Marcela Zapata M.

23 de Abril de 2026

22 | 23 | 24 | ABRIL

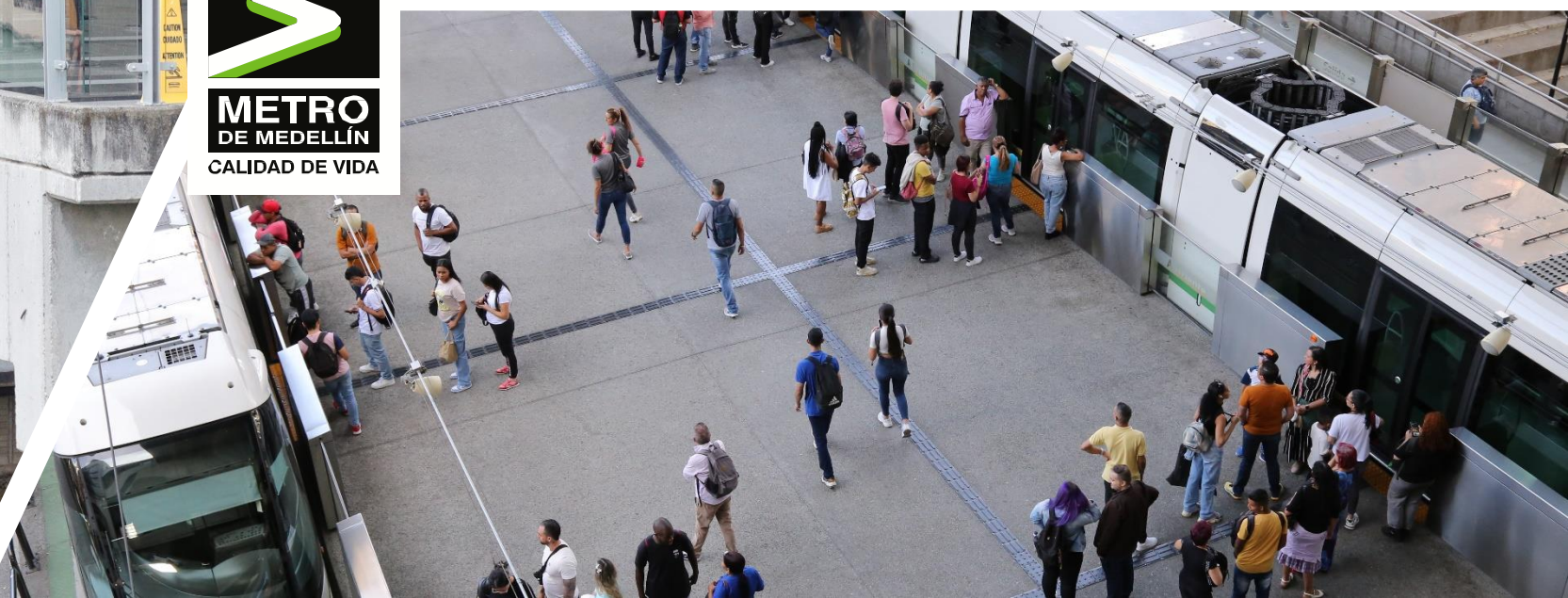


METRO
DE MEDELLÍN
CALIDAD DE VIDA





**METRO
DE MEDELLÍN**
CALIDAD DE VIDA





30 años: cifras que cuentan la historia

5.554 M

viajes acumulados
desde 1995

10.958

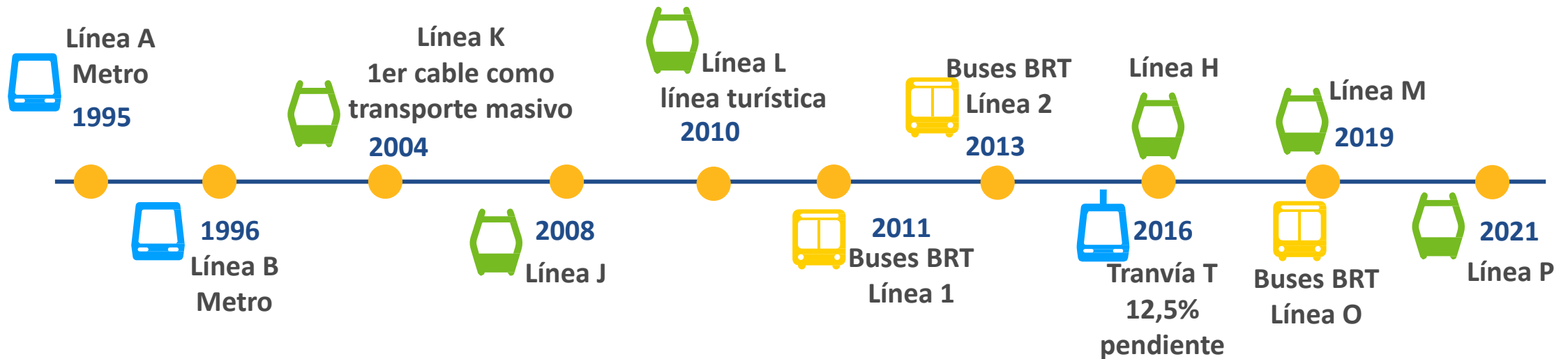
días de operación
ininterrumpida

x9

crecimiento en
pasajeros/día
(120 K → 1,1 M)

PTM — Propósito Transformador Masivo: "Hacer del mundo un lugar mejor, conectando e impulsando su transformación."

12 líneas, cuatro medios: reinventarnos sin parar



Mantener lo que ya opera mientras se aprende a mantener lo nuevo: el reto más invisible

Ciclo PHVA para una red multimodal

Gestión Transversal

Cuidado de Activos

Gestión de la Información



Planear

Catálogo de equipos · planes de mantenimiento · programación y ejecución

Hacer

Ejecución · metrología · reparaciones · herramientas

Verificar

Indicadores · análisis de eventos, intervenciones y fallas

Actuar

GEM: el aprendizaje se convierte en cambio real

FP - Gestión del Mantenimiento de la Infraestructura de Transporte y Material Móvil

Un modelo local construido sobre estándares globales

ISO 55001

Gestión de activos
Sistemas de gestión

ISO 14224

Datos de confiabilidad
mantenimiento y datos
operativos

**UNE-EN 15341
& 16646**

KPIs de mantenimiento
y rol del mantenimiento
en el ciclo de vida del
activo

ISO 13379-1

Monitorización de
condición y diagnóstico

No mantenemos activos, hacemos posible el servicio; y con ese servicio, una ciudad en movimiento.

Operación y mantenimiento

1.288.631,37 m²

Instalaciones físicas



80

Trenes



501

Cabinas de cable



12

Tranvías



142

Buses

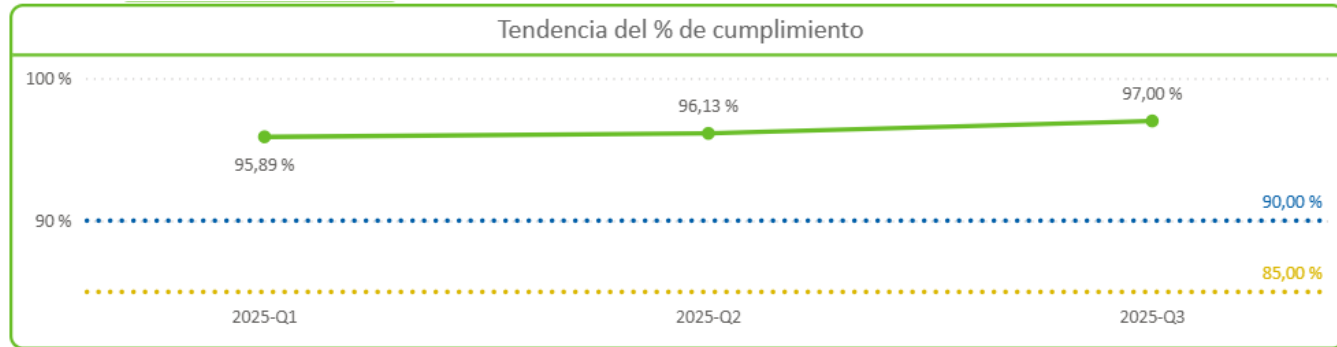
Vehículos auxiliares

Equipos y herramientas de taller

Sistemas de información y control

Mensualmente, un equipo de 708 personas ejecuta labores de mantenimiento preventivo sobre **34.618** equipos.

Lo que se planea, se ejecuta y lo que se ejecuta, protege el activo

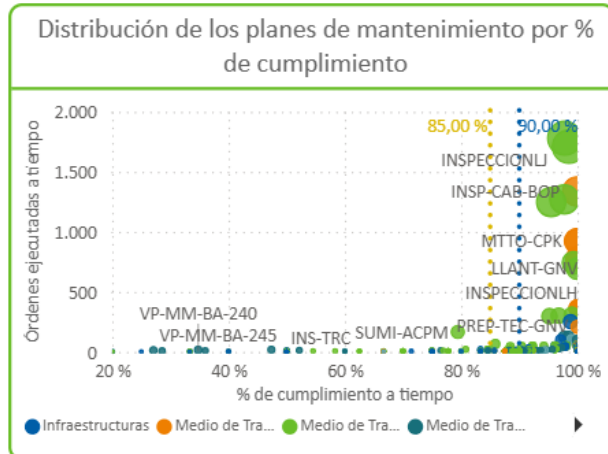
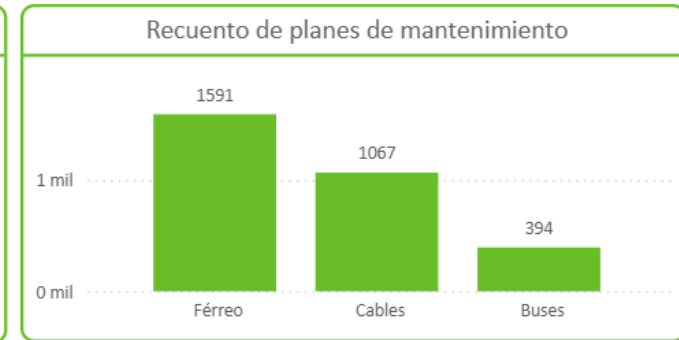
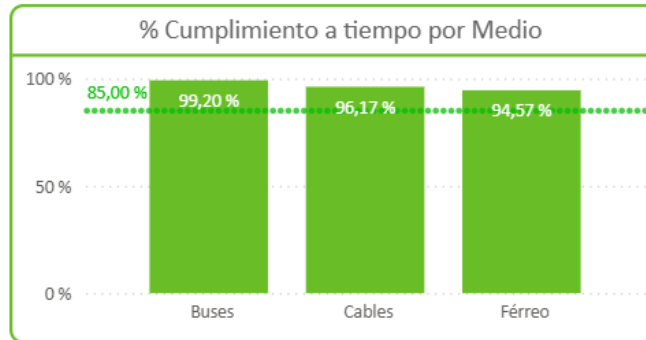


Órdenes planificadas

36.838

Órdenes ejecutadas

35.492



Planes de mantenimiento

Medio	Cuatrimestre	Ubicación técnica	Unidad / Ubicación	Grupo	N° toma	Plan de mantenimiento	Órdenes planificadas	Órdenes ejecutadas	Cumplimiento a tiempo
Buses	2025-Q1	T-MB-BUS		Buses	157	PRE-TEC-ELL1	7	7	100,00 %
Buses	2025-Q1	T-MB-BUS		Buses	157	PRE-TEC-ELLO	7	7	100,00 %
Total	2025-Q1	T-MB-BUS		B	157	PRE-TEC-ELL1	36.838	35.492	96,35 %



Línea A

95,01%



Línea B

99,10%



Línea T

96,38%



Línea K

97,99%



Línea J

98,35%



Línea L

98,72%



Línea H

99,35%



Línea M

99,50%



Línea P

98,92%



Línea 1

94,20%



Línea 2

95,88%



Línea O

96,04%

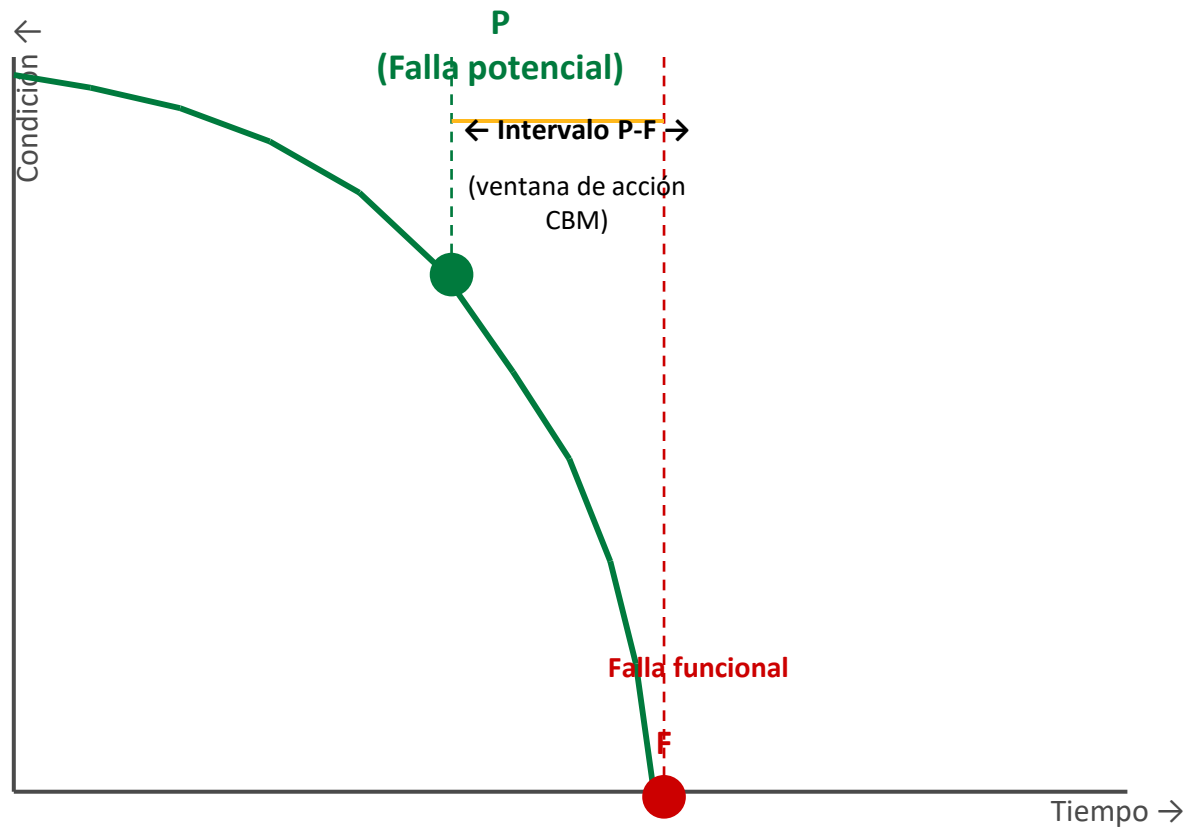
Índice calidad de tráfico por línea ICT 2025

UNE-EN 13816 y referenciado con otros sistemas férreos del mundo.

Los atrasos totales en el 2025 equivalen 0,13 %sobre los minutos totales de operación.

Mantenimiento Basado en Condición (CBM): nuestra apuesta metodológica estructural

CBM Aplicado a cuatro físicas distintas



- Trenes
- Cables
- Tranvía
- Buses

Curva P-F: mismo principio, interpretación específica de cada sistema.

Ensayos No Destructivos aplicados al sistema multimodal

Marco metodológico: RCM2

El RCM2 define qué activo inspeccionamos, con qué técnica y con qué frecuencia. Los END no se eligen por costumbre, sino porque el análisis de modos de falla lo justifica.

FÉRREO	CABLE AÉREO	BUS BRT	TRANVÍA
Líquidos penetrantes	Radiografía industrial	Partículas magnéticas	Corrientes de Eddy + Ultrasonido
Activo: Vigas pivote de trenes Detecta fisuras superficiales e internas en zonas de alta fatiga mecánica.	Activo: Pinzas y mordazas del cable Evalúa integridad interna. Crítico donde el fallo implica riesgo de caída.	Activo: Componentes estructurales chasis Identifica discontinuidades superficiales y subsuperficiales en partes bajo esfuerzo.	Activo: componentes estructurales Eddy detecta defectos, ultrasonido evalúa uniones estructurales.

¿Qué indica RCM2 aquí?

- Falla oculta con consecuencia catastrófica
- Clasifica como tarea a condición.
- Identificó modo de falla por fatiga estructural con consecuencia operacional directa

Misma técnica, distinto modo de falla, distinta lectura



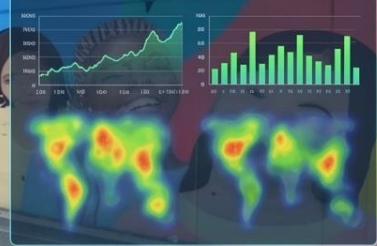
ESTADO DE MOTOR:
98.4%

VIBRACIÓN:
NOMINAL

FLUJO DE PASAJEROS:
ALTO

OPTIMIZACIÓN DE RUTA:
ACTIVA

ANÁLISIS DE TRÁFICO PEATONAL



TENSIÓN DE CABLE: **ESTABLE**

VELOCIDAD DE VIENTO: **5 km/h**

VELOCIDAD DE VIENTO: **5 km/h**

TELEMETRÍA DE CABINA 4: **NOMINAL**

TELEMETRÍA DE CABINA 4: **NOMINAL**

TENDENCIA DE FALLAS PREDICTIVAS

Metro Digital: Transformación Tecnológica

Gestión permanente



5 años construyendo sobre la nube: evidencia, no promesa

 **Subestaciones de energía**

Medidores, tensión, carga, eventos

 **Cables aéreos**

Estaciones motrices, vientos, tensiones.

 **Cambiavías ferroviarios**

Activos críticos; anomalía = riesgo directo

 **Tráfico ferroviario**

Circulación en tiempo real integrado

 **Integración Cívica**

Recaudo, flujo usuarios, cruce con operación


 **Tren Digital (en proceso)**

Gemelo digital funcional por tren

Subestaciones de energía

Dashboard_ajustado
Dahboard_medidores
Monitoreo de dispositivos

Dashboard Sistema de Gestión de Energía (SGE)



Rango de fecha registrada
01-01-2025 hasta

Wednesday, 15 de April de 2026 11:45pm

Fecha Inicial
15/04/2026 00:00

Fecha Final
15/04/2026 23:59

Tipo de día
All

Tipo Hora
All

Nombre Subestación
All

Energía consumida SET (MWh)

191.41

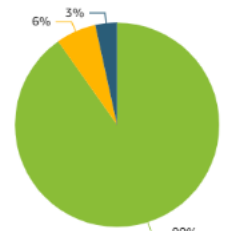
Energía consumida SEP (MWh)

13.51

Energía consumida SEE (MWh)

7.29

Proporción de energía activa consumida por tipo de subestación (%)



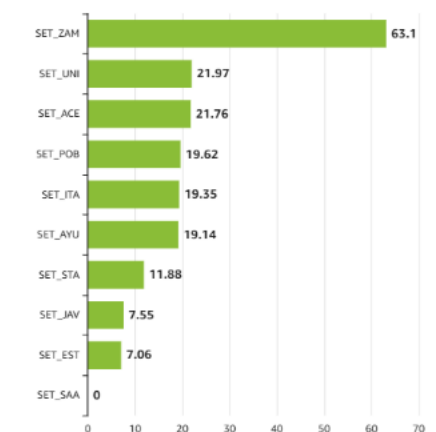
Tipo de su...

- SET
- SEP
- SEE

Energía activa por subestación de tracción

Energía activa total(MWh)

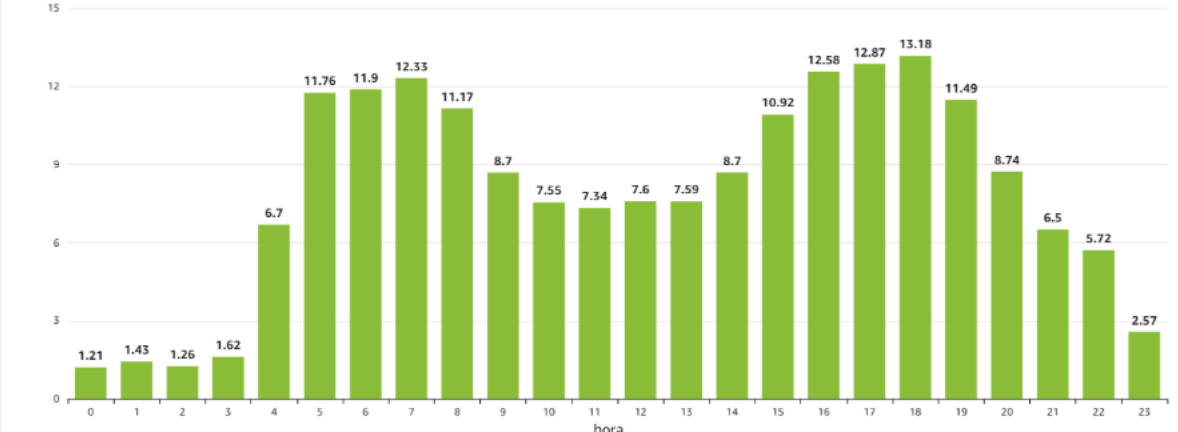
Descripción: Cantidad de energía consumida, agrupada por subestaciones de tracción



Subestación	Energía (MWh)
SET_ZAM	63.1
SET_UNI	21.97
SET_ACE	21.76
SET_POB	19.62
SET_ITA	19.35
SET_AYU	19.14
SET_STA	11.88
SET_JAV	7.55
SET_EST	7.06
SET_SAA	0

Energía activa total en intervalos de hora (MWh)

Descripción: Comportamiento del consumo de energía, agrupado por horas. (00:00 - 23:00)



hora	Energía (MWh)
0	1.21
1	1.43
2	1.26
3	1.62
4	6.7
5	11.76
6	11.9
7	12.33
8	11.17
9	8.7
10	7.55
11	7.34
12	7.6
13	7.59
14	8.7
15	10.92
16	12.58
17	12.87
18	13.18
19	11.49
20	8.74
21	6.5
22	5.72
23	2.57

Telemetría Cambiavías



Cables aéreos

CASO USO No. 3

Ficha Técnica

Reporte
Dashboard Caso de
Uso no. 3
Telemetría (Línea J)



Rango de fecha registrada
21-01-2026
hasta
Fecha de última actualización

Sunday, 19 de April de 2026 12:00am

Fecha inicio

19/04/2026 00:00

Fecha final

19/04/2026 23:59

Estación

All

Variables meteorológicas por estación (Fuente OpenWeather) actualización cada 15 minutos

Las variables que se visualizan a continuación hacen referencia al promedio del día actualizado cada 15 minutos

Temperatura (°C)

14.19

Humedad (%)

95.29

Presión Atmosferica (hPa)

1.015

Nubes (%)

76

Viento (m/s)

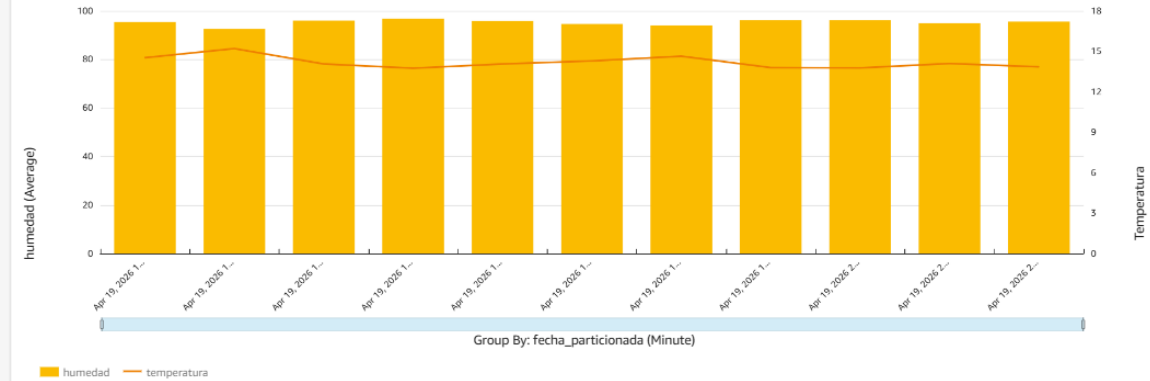
0.78

Lluvia (mm/h)

0

Temperatura (°C) vs Humedad

La combinación de alta humedad y temperaturas cálidas genera condiciones de inestabilidad atmosférica que favorecen la formación de tormentas eléctricas. El análisis conjunto de estas variables permite anticipar eventos climáticos y apoyar la toma de decisiones preventivas.



Comportamiento energía

Flujo de pasajeros

Dispositivos de energía

Reporte
Caso de Uso No. 1
Telemetría (Línea J)



Rango de fecha registrada

21-10-2025

hasta

Fecha de última actualización

Saturday, 18 de April de 2026 11:45pm

Energía consumida SEM (MWh)

6.38

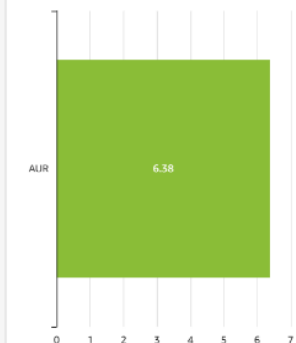
Energía consumida SEP (MWh)

1.16

Energía activa por subestación de tracción (SEM - Subestación Energía Motorizada)

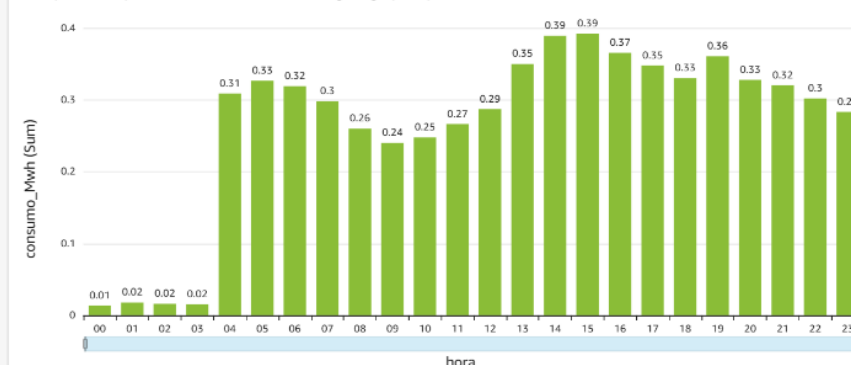
Energía activa total(MWh)

Descripción: Cantidad de energía consumida, agrupada por subestaciones de tracción



Energía activa total en intervalos de hora (MWh)

Descripción: Comportamiento del consumo de energía, agrupado por horas. (00:00 - 23:00)



Preguntas e invitación

- 1 | ¿Cuándo fue la última vez que medimos el impacto social de nuestro mantenimiento, y no solo sus costos?
- 2 | ¿Cuánto tiempo le dedicamos a gobernar los datos que alimentan nuestras decisiones?
- 3 | ¿Las personas que hoy llegaron tarde a su trabajo por una falla en el sistema, están en alguna estadística nuestra?

Si esas preguntas nos incomodan, estamos en el camino correcto.

No somos ingenieros de Mantenimiento

Somos ingenieros de confianza.

¡Gracias!