

Optimización del funcionamiento y eficiencia del consumo energético en instalaciones de transporte por cable

INTRODUCCIÓN

En el marco de una situación global en la que es fundamental la eficiencia en el consumo de recursos energéticos, tanto por el coste medioambiental, como por temas económicos asociados a costes de explotación y competitividad, la optimización del consumo energético de los sistemas de transporte es cada vez más prioritaria.

En este contexto se plantea cada vez más, como alternativa a los sistemas de transporte tradicionales, el uso de instalaciones de transporte por cable, no sólo en zonas de nieve sino como parte del sistema de transporte público, pero ¿es realmente eficiente de por sí un sistema de transporte por cable?, o ¿se puede optimizar?.

Si observamos el sector y tomamos en consideración, las inversiones constantes de los fabricantes en el desarrollo de componentes más eficientes, estudios de eficiencia y caracterización de pérdidas energéticas existentes, planteamientos de diseño y gestión que se están proponiendo para otros tipos de transporte, parece coherente pensar que un estudio detallado del funcionamiento de las instalaciones de transporte por cable, de una manera global, debería permitir optimizar su funcionamiento diario.

Por ello se propone, el estudio de las diferentes tipologías de instalaciones y su clasificación en grupos representativos, para su posterior estudio, de manera que se pueda desarrollar una metodología propia de análisis de ciertos parámetros de manera que su monitorización permita un control y ajuste constante de las constantes de explotación de manera que se optimice su funcionamiento.

Todo ello adaptado a las diferentes categorías de instalaciones, y tipologías de explotación.

Esta aplicabilidad es la que deberá llevar al desarrollo de un sistema de apoyo a la toma de decisiones que permita gestionar de manera más eficiente las instalaciones



OBJETIVOS GLOBALES

- Elaboración de una metodología de **análisis de la eficiencia de funcionamiento y consumo energético** en instalaciones de **transporte por cable**, basada en un **estudio paramétrico** de variables representativas y correlacionables para las diferentes tipologías de instalaciones.
- Creación de una **base de datos** o inventario de **instalaciones de transporte por cables existentes**, generalmente en explotación, de diferentes tipologías, tecnologías, edad y usos, con perfiles longitudinales, rangos de elevación, velocidades de explotación, categorizadas y ordenadas en un cierto número de tipologías.
- Desarrollo, a partir de datos reales de las diferentes tipologías de instalaciones determinadas, y soportado por la metodología de análisis establecida, de un **sistema de ayuda para la toma de decisiones (DSS)** que permita una **explotación más eficiente**.
- **Virtualización** de instalaciones de transporte por cable en uso, en base a datos reales, para **estimar su comportamiento bajo diferentes escenarios y condiciones de explotación**, pudiendo:
 - prever la mejor respuesta desde el punto de vista de la eficiencia del consumo y su coste de explotación.
 - el mejor ajuste de los programas de mantenimiento
 - simulación y predicción de fallos de componentes por desgaste

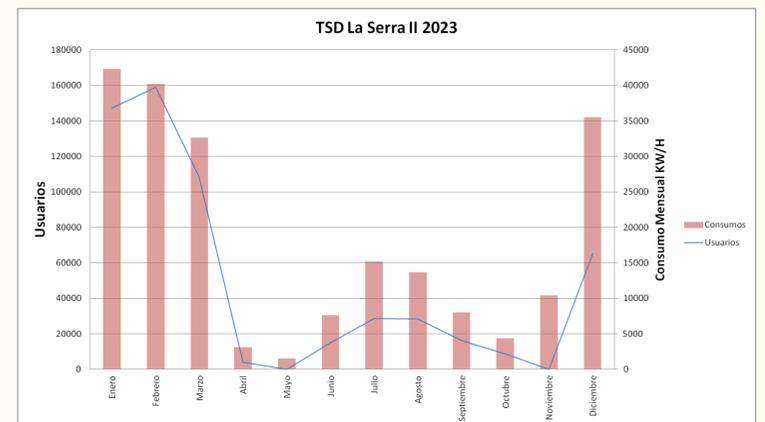
REPARTO DEL CONSUMO ELÉCTRICO	
-Transporte de personas (carga)	40%
-Pérdidas por rozamientos	40%
-Pérdidas en motores y reductores	11%
-Funcionamiento infraestructura	5%
-Resistencia al viento	4%

Fuente: *Energy Efficiency of ropeways: a model-based analysis. (2019) Authors: R.Szlosarek, Chenguang Yan*

METODOLOGIA PROPUESTA

Para la concesión de los objetivos del trabajo se plantea una secuenciación inicial en base a las siguientes etapas

1. Etapa de búsqueda de información, categorización, filtrado y ordenado:
 - Datos constitutivos (Longitud de recorrido, núm. de pilonas, altura i pendiente media, potencia nominal)
 - Datos de explotación (Flujo de carga, velocidad de explotación, horas de uso, consumos de potencia eléctrica)
2. Etapa de determinación y análisis de parámetros representativos
 - Determinación de correlación entre variables → Estimación cruzada sobre datos previos → Coherencia entre valores teóricos y reales
3. Desarrollo de la metodología de análisis
 - Inicio del modelado numérico → Estimación cruzada futura
4. Desarrollo del sistema de toma de decisiones DDS
 - Variable(s) → Rango de Valores → Ponderación → Puntuación → Acción → Reacción
5. Generalización y aplicabilidad (modelización de gemelos virtuales)
 - Simulación escenarios futuros (desgastes, averías)
6. Obtención de resultados, recalibrado de modelos
 - De la teoría a la práctica



Ratio TSD Cubil (2023)			
	Usuarios	kWh	kWh/Usuario
Enero	141675	18574	0.1311
Febrero	160955	18243	0.1133
Marzo	92419	15146	0.1639
Abril	1353	1131	0.8359
Mayo		22	
Junio	15200	3872	0.2547
Julio	28007	8562	0.3057
Agosto	24574	8682	0.3533
Septiembre	14545	4286	0.2947
Octubre	8169	1910	0.2338
Noviembre		75	
Diciembre	43230	11508	0.2662

Ratio TSD La Serra II (2023)			
	Usuarios	kWh	kWh/Usuario
Enero	147254	42348	0.2876
Febrero	158976	40222	0.2530
Marzo	108289	32621	0.3012
Abril	3956	3134	0.7922
Mayo		1491	
Junio	14705	7641	0.5196
Julio	28525	15180	0.5322
Agosto	28350	13637	0.4810
Septiembre	16219	7994	0.4929
Octubre	8649	4380	0.5064
Noviembre		10407	
Diciembre	65166	35484	0.5445

ESTADO ACTUAL DEL TRABAJO

En el momento actual de trabajo se están desarrollando las Etapas núm. 1 i núm. 2 de manera simultánea.

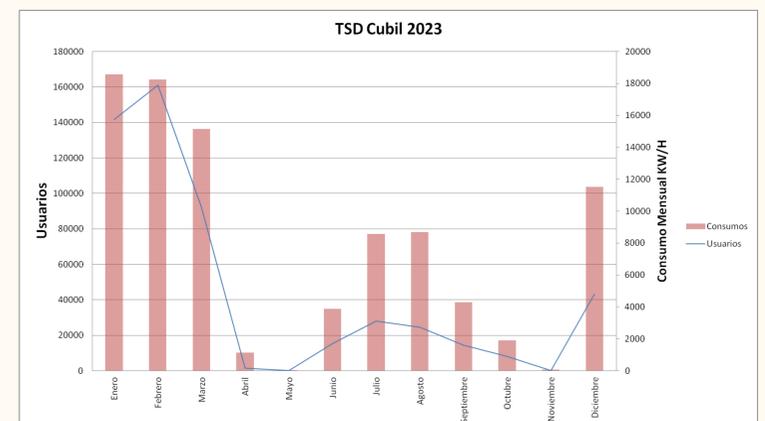
Se ha recopilado datos de dos instalaciones → TSD la Serra II (1997) y TSD El Cubil (2007)

- Horas de servicio: TSD Serra = 3.199 horas; TSD Cubil = 2.993 horas (del 01/01/2022 al 21/03/2024)
- Flujo de carga real : TSD Serra = 1.611.239 personas; TSD Cubil = 1.527.684 personas con velocidad de 4m/s.
- Consumos reales mensuales y anuales en kW/h
- Capacidad teórica de servicio a vel 5m/seg.: TSD Serra = 2.400 personas/hora; TSD Cubil = 3.000 personas/hora
- Tipo de vehículos: TSD Serra = Silla 4 plazas; TSD Cubil = Silla 6 plazas
- Principales datos geométricos:

	TSD Serra II	TSD Cubil
Longitud de recorrido (m)	1148	1289
Desnivel (m)	291	460
Pendiente media (m)	26%	35,75%
Caso de carga	Ascenso	Ascenso

Se está recopilando información con analizadores de datos en una instalación de tipo telecabina para poder monitorizar el efecto de la carga alterna ascenso-descenso.

Se está recopilando estudios y artículos sobre trabajos de optimización de instalaciones y sistemas de transporte, estudios para el desarrollo de sistemas de soporte a decisiones (DDS) y diseño paramétrico de sistemas



PRIMEROS ANÁLISIS

En base a los primeros datos recopilados de dos instalaciones reales se observa:

- Transporte medio/hora: : TSD Serra = 503 personas/hora; TSD Cubil = 510 personas/hora → Diferencial entre capacidad real y capacidad utilizada → Necesidad de detección de puntas de trabajo → ¿Valoración del momento de potencia?
- El consumo estimado en kW/usuario, sufre una fuerte variación estacional (explotación hibernal vs explotación estival)
- Datos y análisis supuestos a velocidad constante
- Diferencia tecnológica de 10 años.

PROPUESTAS DE CONTINUACIÓN

En el estado actual del trabajo se estima que las siguientes pasos a seguir para el desarrollo de las siguientes etapas y la consecución de los objetivos son:

- Continuar ampliando la base de datos constitutivos de instalaciones en uso (tipología, capacidad teórica, desnivel, geometría,...) para poder categorizar las principales tipologías de instalaciones → Instalaciones TIPO
- Ampliar la recogida de datos de explotación (históricos), principalmente en los siguientes aspectos : consumos, flujo de usuarios, velocidad de trabajo.
- Recogida de datos de consumo (actuales), in-situ, en instalaciones en explotación, por medio de analizadores de datos → Foto de detalles, datos puntuales
- Inicio del proceso de modelado numérico → Correlaciones de variables, ajuste valores esperados teóricos vs reales
- Planteamiento de la estrategia para el desarrollo del sistema de toma de decisiones (DDS)