

# Talgo

Adaptive rail solutions

[talgo.com](http://talgo.com)



# ÍNDICE

1.

---

Quienes somos

2.

---

Estado del arte interno

3.

---

Casos de interés:

Caso 1: Balancín de guiado

Caso 2: Tope longitudinal

4.

---

Conclusiones

ET como actor clave en la industrialización de FA.

5.

---

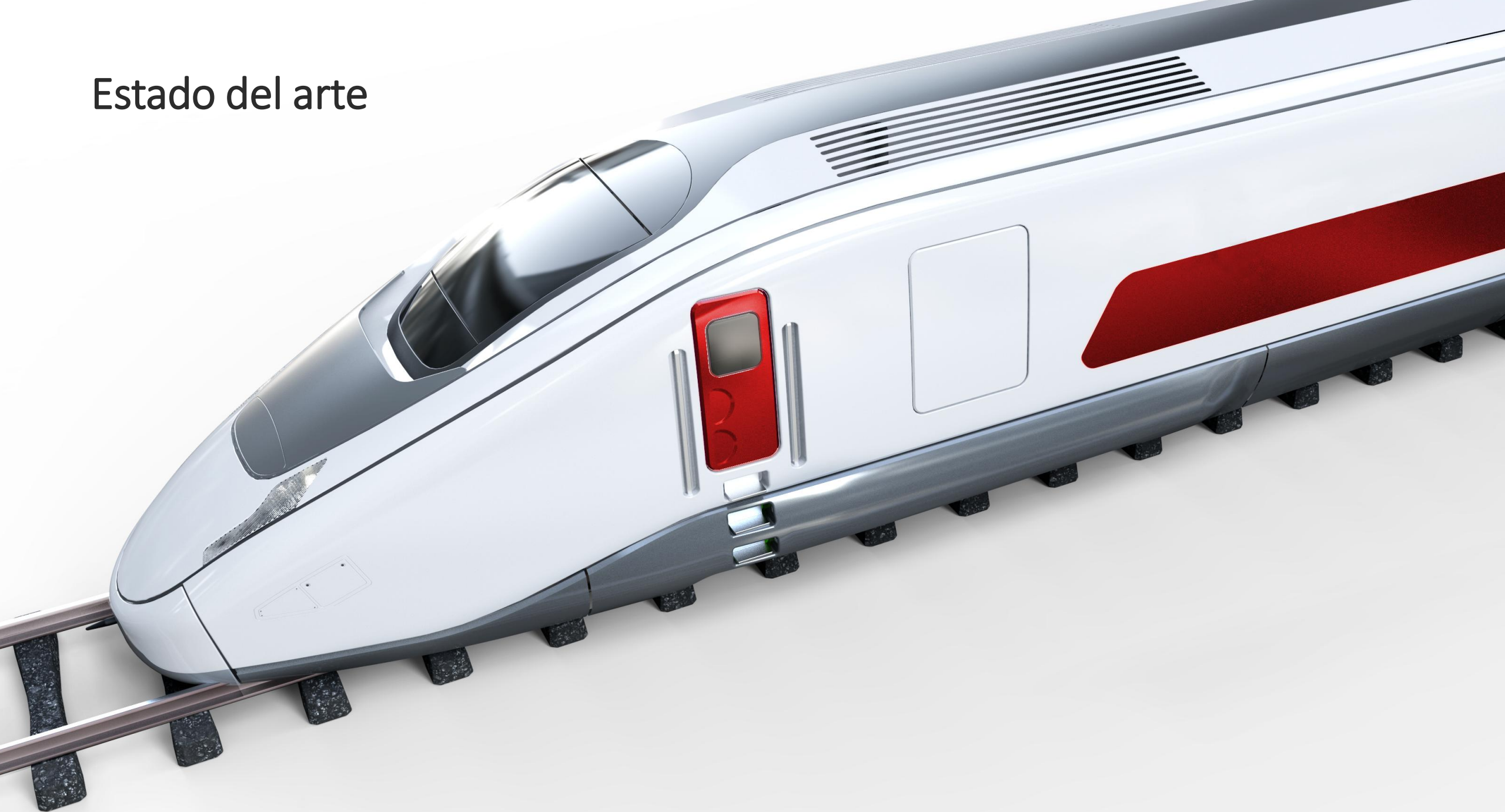
Reflexiones y objetivos

Hitos claves y escenarios de futuro

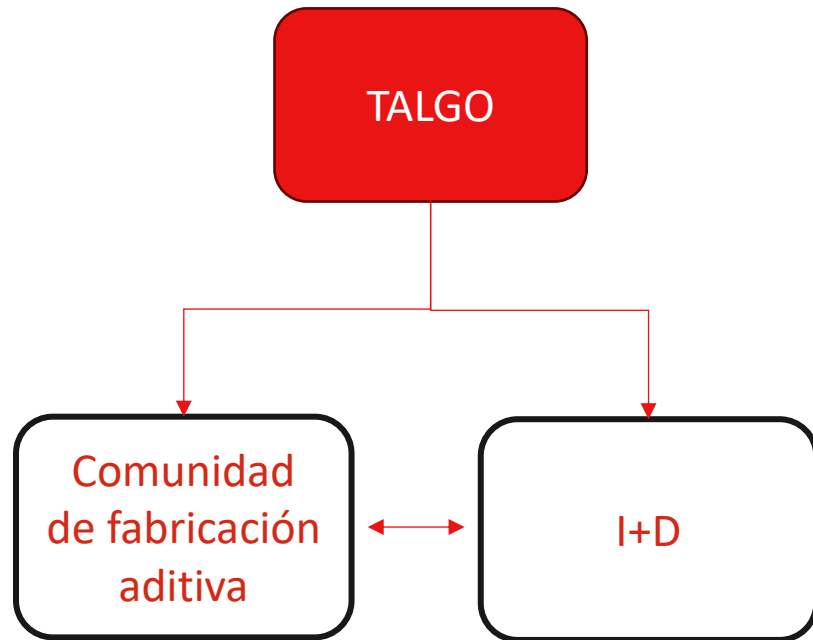


What are you going to do? Why Talgo?

Estado del arte



# Organización

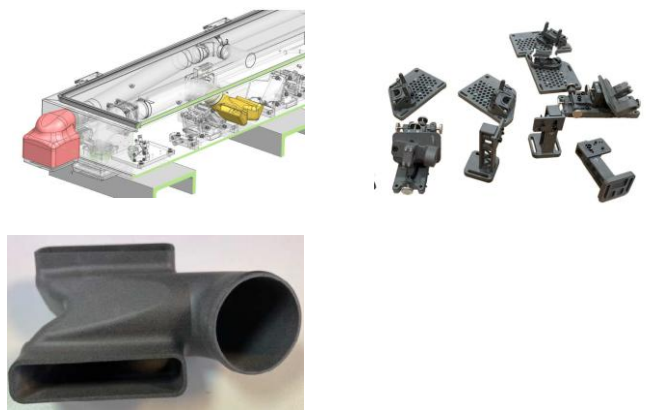


- » Integración de Tecnologías: Radar tecnológico selectivo.
- » Capacitar, con el fin de fomentar la adopción de FA entre los compañeros.
- » Analizar su integración en base a los procesos y herramientas internas.
- » Elaboración de ET y procedimientos específicos.
- » Colaborar con CT y empresas en proyectos de I+D

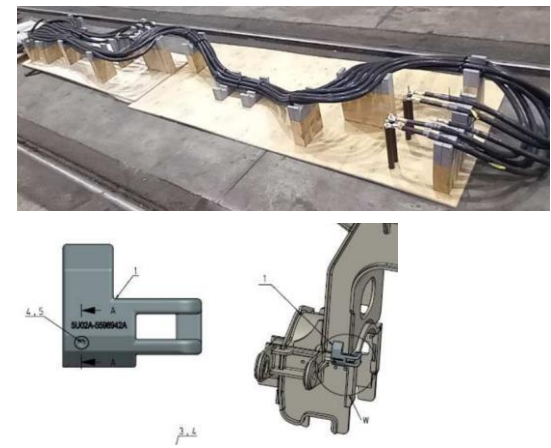


# Implementación

>> Pieza final



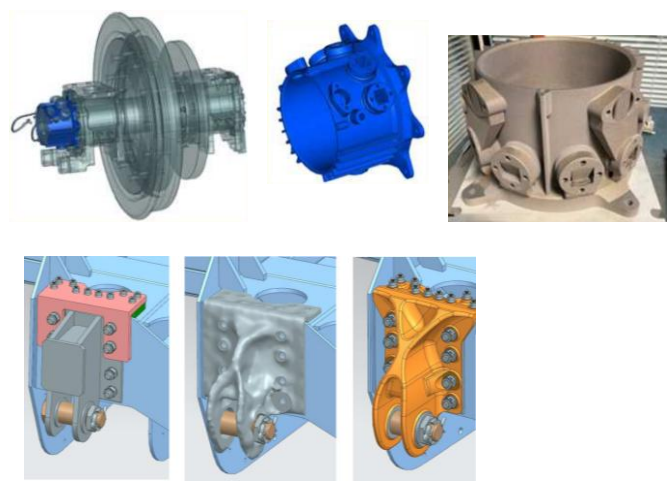
>> Utilajes



>> Prototipos



>> Vectores tecnológicos



>> V&V



>> Elementos auxiliares



# Desarrollo de ET-2830

	TIPO DOCUMENTO TECNICO				PAGINA 1 de 22
	ET-XXXX Código	ZET Tipo	000 Idioma y parte	00 Versión	

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA  
PARA APLICACIÓN Y CONTROL  
DE PIEZAS RELIZADAS MEDIANTE EL  
PROCESO FDM, SLS y MJF  
DE FABRICACION ADITIVA CON  
POLIMEROS.

PROYECTO: FABRICACION ADITIVA

BASELINE:

SUBTIPO DE DOCUMENTO 1: Descriptiva

SUBTIPO DE DOCUMENTO 2: Diseño

Realizado		Comprobado		Aprobado	
Fecha		Fecha		Fecha	
Realizado		Comprobado		Aprobado	
Fecha		Fecha		Fecha	

Este documento y su contenido son propiedad de Patentes Talgo S.L. o sus filiales. Este documento contiene información confidencial privada. La reproducción, distribución, utilización o comunicación de este documento o parte de él, sin autorización expresa, está estrictamente prohibida. Aquellos que contengan esta disposición se considerarán responsables del pago de los daños causados.

## >> Motivación

- ▮ Consolidación del Know How.
- ▮ Estandarización interna de la documentación y los procesos/materiales admitidos.
- ▮ Marco reglado de trabajo con proveedores.
- ▮ Eficiencia operativa y reducción de costes

# Situación actual fabricación aditiva con metal en Talgo

## >> Dificultades

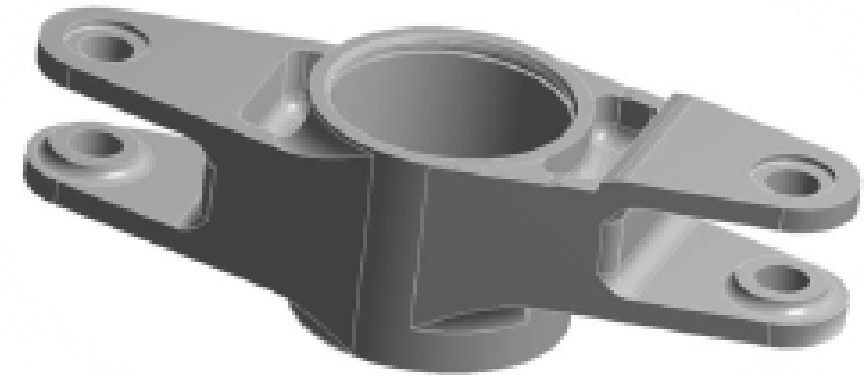
- ▮ Económica.
- ▮ Piezas estructurales.
- ▮ Necesidad de ensayos para validar.
- ▮ FALTA DE CERTIFICACIÓN



# Balancín de guiado



- ▮ Pieza TALGO
- ▮ Parte del guiado
- ▮ Estructural
- ▮ Clase 1



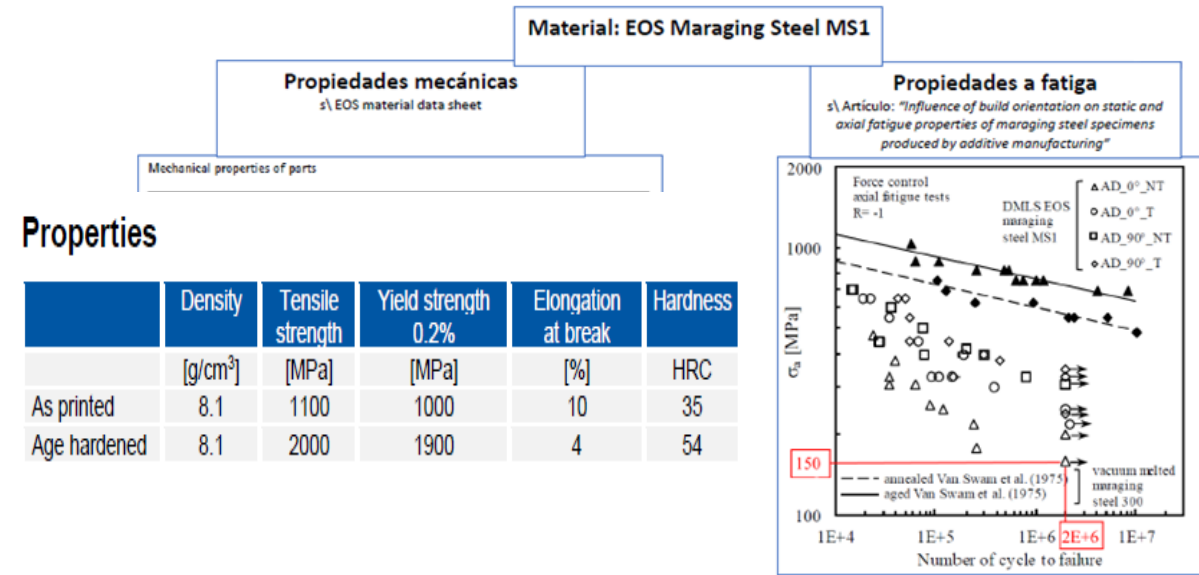
# Balancín de guiado en fabricación aditiva

## >> DATOS DE PARTIDA.

- Geometría del modelo

## >> MATERIAL

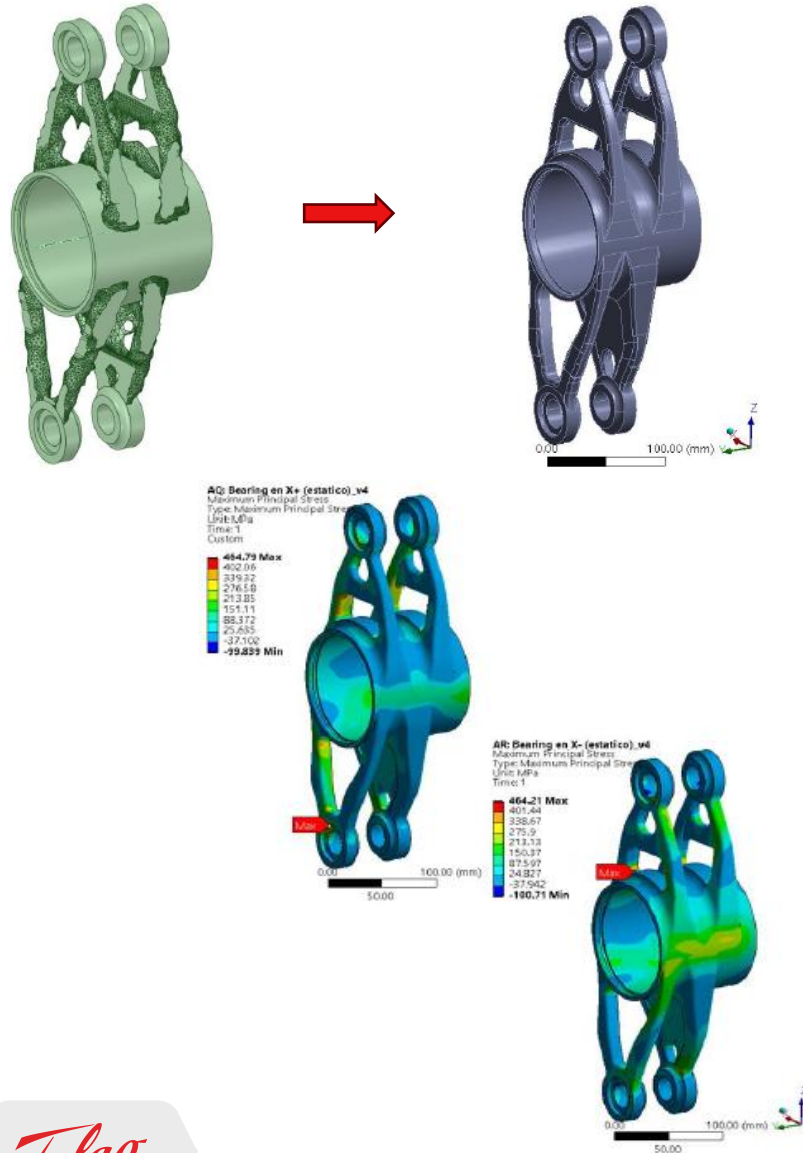
- Para validar el balancín con este material, es necesario realizar un ensayo a fatiga a vida infinita (1 millón de ciclos)



## >> CONDICIONES DE CONTORNO Y CARGAS

Fuerzas máximas de diseño			
Caso	Fuerza	Dirección	Tipo de comprobación
1	86132 N	Longitudinal	Estática
2	-86132 N	Longitudinal	Estática
3	27730 N	Longitudinal	Fatiga
4	-27730 N	Longitudinal	Fatiga

# Balancín de guiado en fabricación aditiva



## » OPTIMIZACIÓN TOPOLÓGICA

- Aplican todas las consideraciones de funcionamiento, fabricación y se genera una pieza más masiva.
- Condiciones de contorno y cargas y se realiza el análisis del cálculo estático y dinámico
- Depurar la envolvente obtenida y obtener el modelo final.
- Masa inicial del componente: 7,78 Kg  
Masa final del componente: 4,73 Kg

REDUCCIÓN 39% PESO

## » CÁLCULO

- Resistencia correcta tanto en análisis estático como dinámico.

# Balancín de guiado en fabricación aditiva



## >> FABRICACIÓN

- ▮ Se fabrica con la técnica DMLS (sinterizado directo del metal) con la máquina MetalFAB1, con maraging Steel M300, en las instalaciones de Idonial.
- ▮ Se mecanizan las partes que requieren tolerancias y rugosidad precisa.



# Balancín de guiado en fabricación aditiva



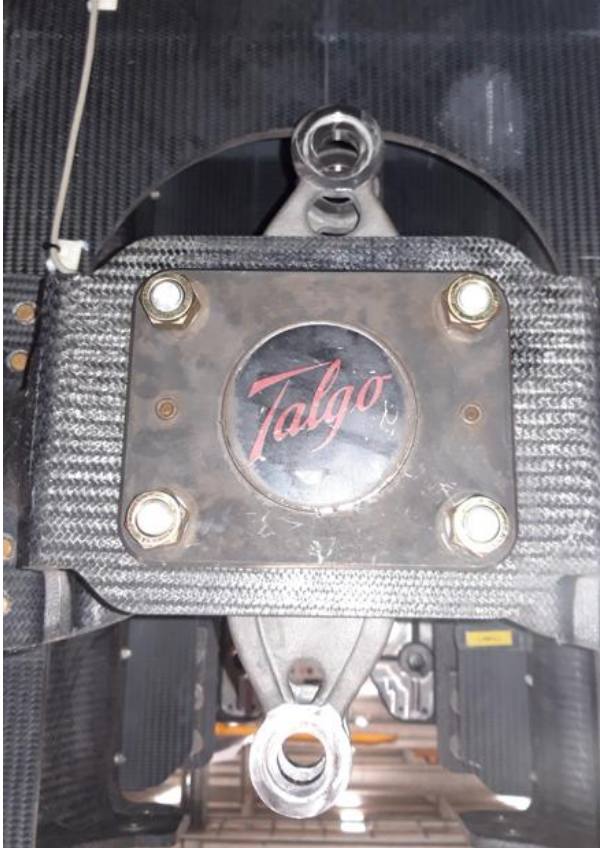
## >> ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS POSTERIORES A LA FABRICACIÓN

- PARTÍCULAS MAGNÉTICAS
- RAYOS X s/ UNE 12681
- ULTRASONIDOS s/ UNE EN 12680

ACCEPTABLES



# Balancín de guiado en fabricación aditiva

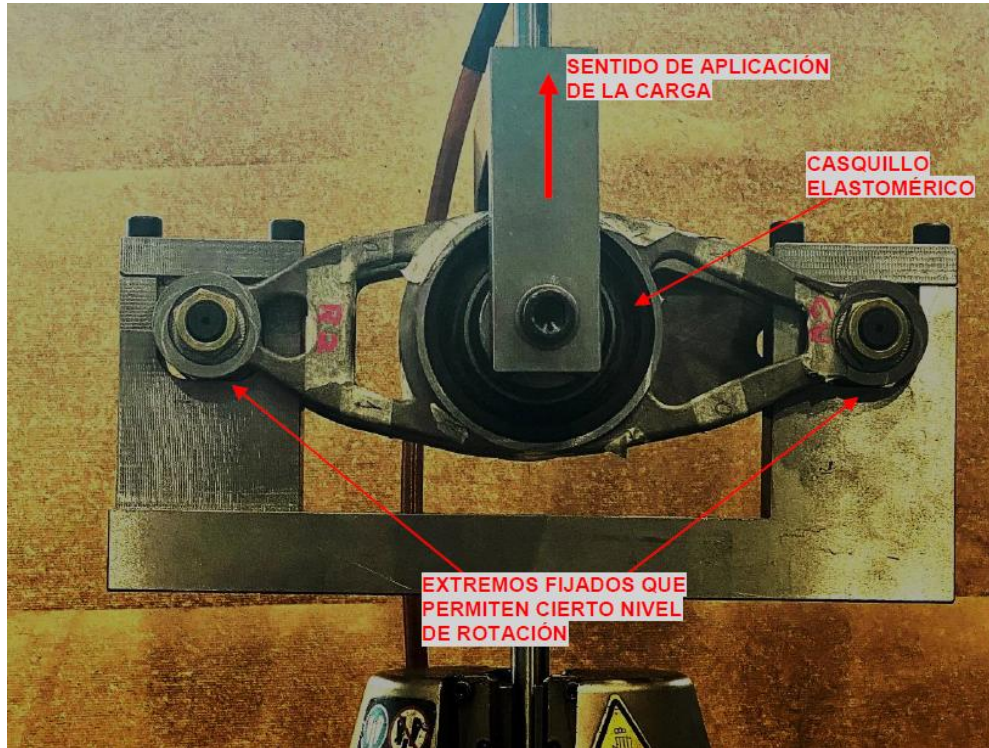


## >> MONTAJE

- Validar que no existen interferencias.



# Balancín de guiado en fabricación aditiva



## >> ENSAYOS

- ▮ ENSAYO ESTÁTICO -> No existe fallo alguno sobre la estructura.
- ▮ ENSAYO DE FATIGA -> No sufre daño alguno tras la aplicación de la onda de carga durante 1 millón de ciclos.



# Balancín de guiado en fabricación aditiva



## >> ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS POSTERIORES A LOS ENSAYOS

- ▮ PARTÍCULAS MAGNÉTICAS
- ▮ RAYOS X s/ UNE 12681
- ▮ ULTRASONIDOS s/ UNE EN 12680

ACEPTABLES



## >> METROLOGÍA

- ▮ Se vuelven a medir las dimensiones que se realizaron después del mecanizado para comprobar que siguen dentro de tolerancias.

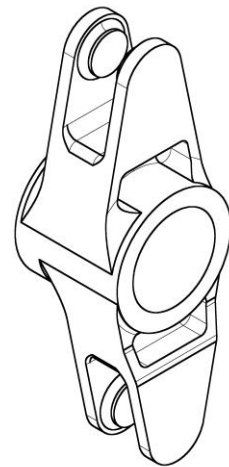
# Balancín de guiado en fabricación aditiva

## >>COMPARATIVA DE PROCESOS

### >>FABRICACIÓN TRADICIONAL

▮ CÁLCULO

▮ ENSAYOS



EVALUAR LA CALIDAD DEL PROCESO FABRICACIÓN

▮ HOMOLOGAN 2 PROTOTIPOS (END)

▮ EN PRIMER LOTE -> FAI UNA PIEZA SELECCIONADA (ED)

▮ EN LOTES EN SERIE (END)

- Inspección por partículas magnéticas (100% piezas)
- Defectos internos (10% piezas del lote)

▮ NIVEL DE INSPECCIÓN

Determina Rodadura y Calidad en base a:

- Nivel de responsabilidad
- Solicitaciones a las que está sometida

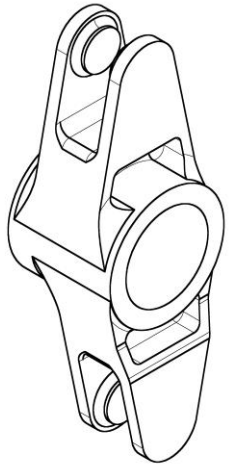
Fabricación y recepción según Especificación Técnica TALGO ET-22:  
-Inspección por partículas magnéticas NIVEL 1  
-Inspección defectos internos NIVEL 5

# Balancín de guiado en fabricación aditiva

## >>COMPARATIVA DE PROCESOS

### >>FABRICACIÓN TRADICIONAL

- CÁLCULO
- ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

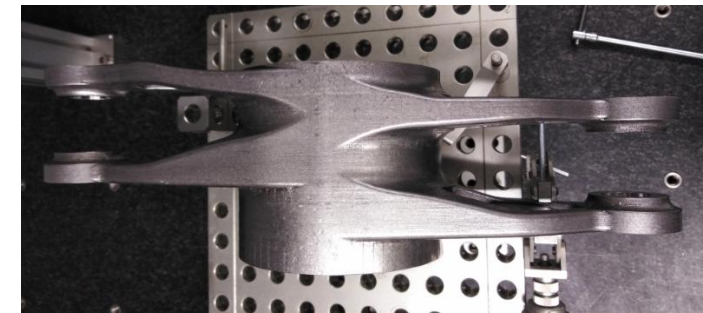


VALIDAR LA RESISTENCIA DEL MATERIAL Y CALIDAD DEL PROCESO FABRICACIÓN

Fabricación y recepción según Especificación Técnica TALGO ET-22:  
-Inspección por partículas magnéticas NIVEL 1  
-Inspección defectos internos NIVEL 5

### >>FABRICACIÓN ADITIVA

- CÁLCULO
- ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS DESPUÉS FABRICACIÓN
- ENSAYOS ESTÁTICOS Y DINÁMICOS
- ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS DESPUÉS ENSAYOS

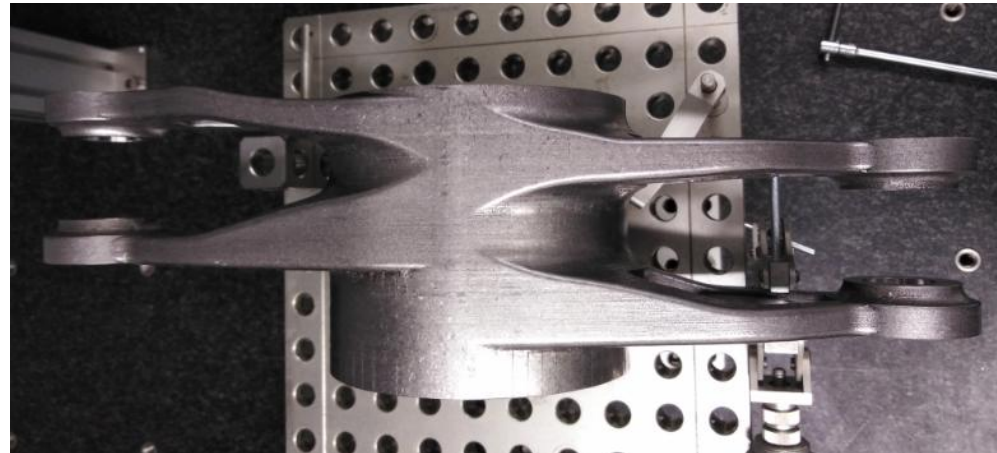


# Balancín de guiado en fabricación aditiva

## >>COMPARATIVA DE PROCESOS

### >>FABRICACIÓN ADITIVA

- ¿EXTRACCIÓN PARÁMETROS, CONDICIONES DE FABRICACIÓN, ... QUE GARANTICEN LA CALIDAD DEL PROCESO PARA ELABORAR CERTIFICADOS Y ASÍ ELIMINAR LOS ENSAYOS ADICIONALES QUE SE NECESITAN PARA VALIDAR FAD?



# Tope longitudinal



- Pieza que se cambia en mantenimiento 20%
- Diseño más resistente
- Económicamente favorable
- Clase 2



# Tope longitudinal en fabricación aditiva



## >> DATOS DE PARTIDA.

- ▭ Geometría requerida y condiciones de contorno.

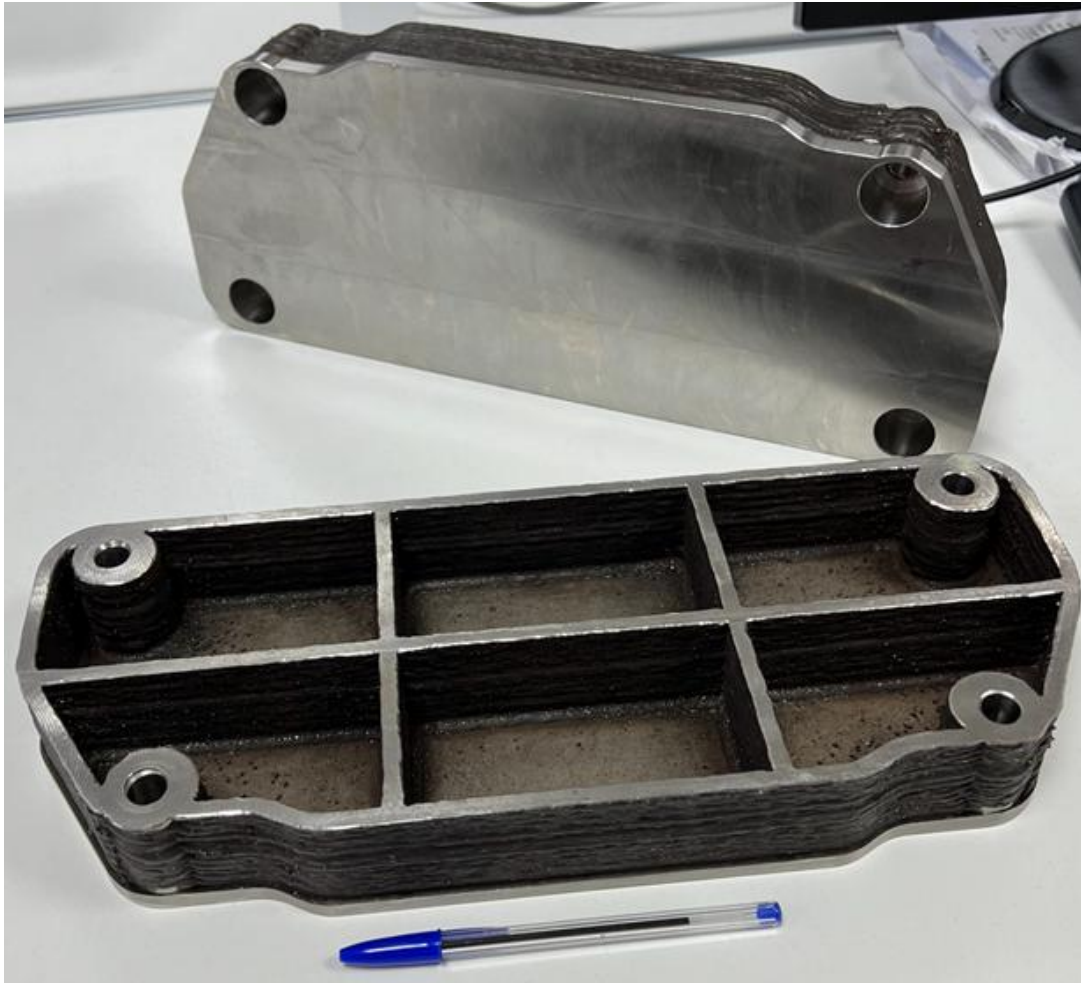
## >> MATERIAL.

- ▭ Acero inoxidable S3790



PO NR	COULEE/Heat Schmelze	MF No.	MARQUAGE Mark	QUANTITE UN Quantity	DESIGNATION Description / Bezeichnung																		
2	S3790	2116234	MS000	300,00 KG	WELDING WIRE ER308LSi MIG 1,20 ER308LSi AWS A 5.9 1.4316 ISO 14343 - A - G 19 9 L Si																		
	COULEE/Heat Schmelze	C	MN	SI	P	S	CR	NI	MO	TI	CU	N	CO	NB	SE	FN	R N/mm <sup>2</sup>	Rp 0,2% N/mm <sup>2</sup>	A100mm %	Z%	KCV-196 <sup>o</sup> (J)	HB	HRC
	S3790	0,017	1,760	0,860	0,024	0,011	19,800	9,220	0,110		0,230	0,088				11	600	400	40,0		48,0		

# Tope longitudinal en fabricación aditiva



## >> FABRICACIÓN

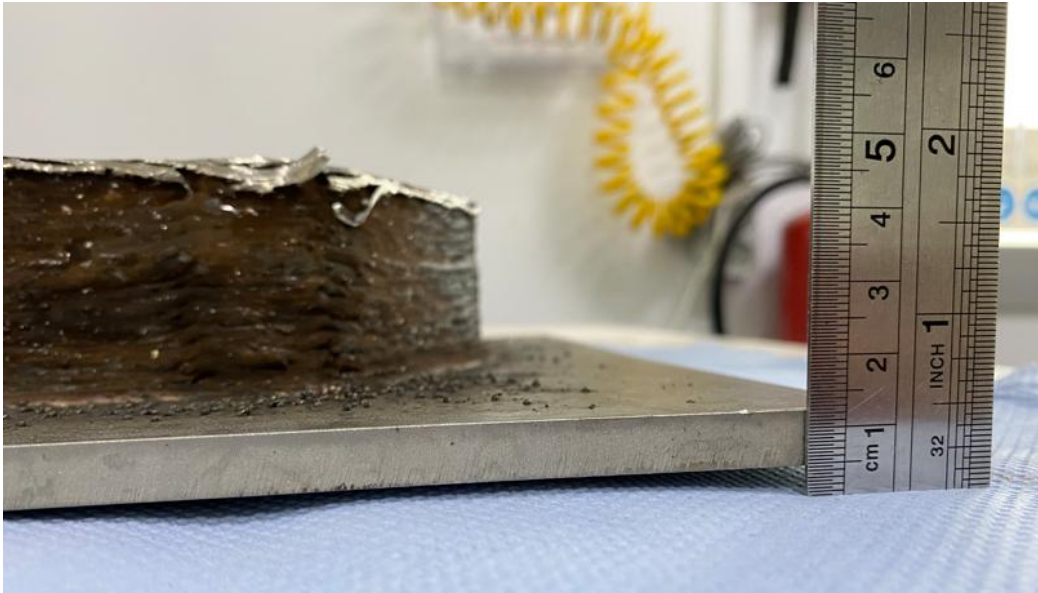
- ▮ WAAM
- ▮ Parte de una placa base cortada por láser y deposiciones de cordones de 4mm

### MACHINE ARCLAN 1000-3X/5X

- Processes:
  - GMAW/CMT-WAAM
  - PTA-WAAM
- Maximum size:
  - ARCLAN 1000-3X—3 axis: 1000 x 1000 x 500 mm
  - ARCLAN 1000-5X—5 axis:  $\varnothing$ 700 x 500 mm
- CNC prepared for additive processes
- Process control
- Integrate monitoring and traceability systems
- Inert atmosphere
- Deposition rates:
  - Steel: up to 5 kg/h
  - Ti6Al4V: up to 2 kg/h
  - Inconel 718: up to 3 kg/h
  - Aluminum: up to 2 kg/h
  - Invar: up to 5 kg/h

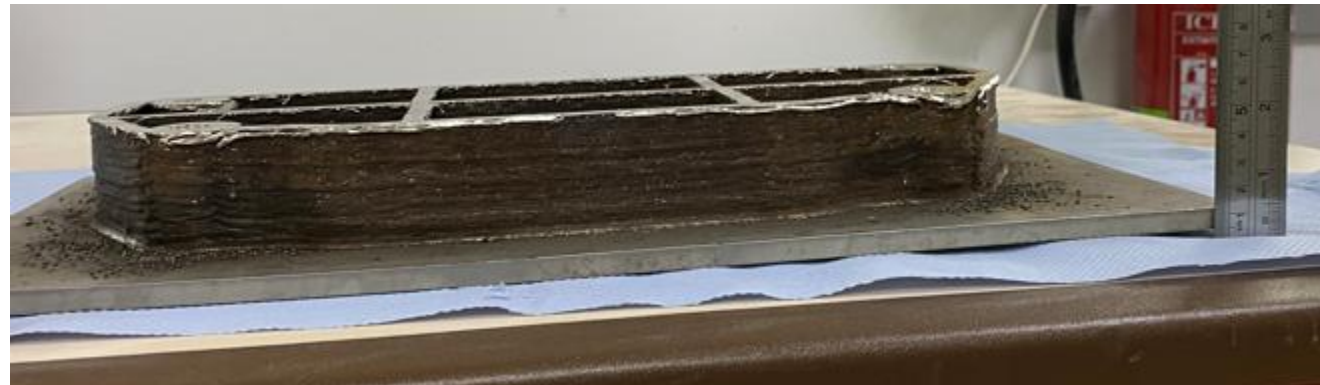


# Tope longitudinal en fabricación aditiva



## >> COMPLICACIONES

- ▮ En la primera pieza, la placa base, con el calor de los cordones se deformó y se tuvo que mecanizar para conseguir planitud en la cara frontal.
- ▮ La segunda se realizó con amarres en la placa base y no fue necesario mecanizar esa parte de la pieza.



# Tope longitudinal en fabricación aditiva

>> MONTAJE

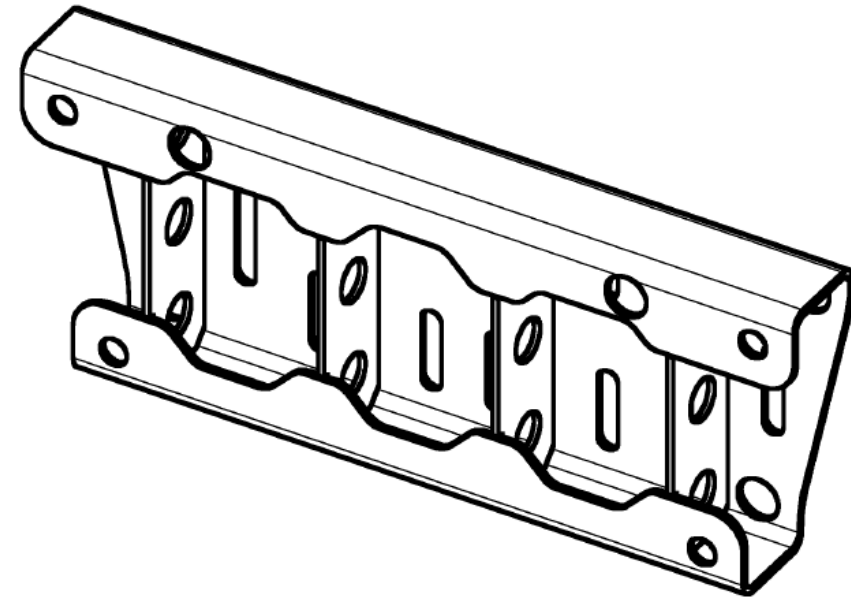


# Tope longitudinal en fabricación aditiva

## >> FABRICACIÓN TRADICIONAL



## >> COMPARATIVA DE PROCESOS



Acero EN 10088-2 X5CrNi 18-10  
chapa de 3x308x380

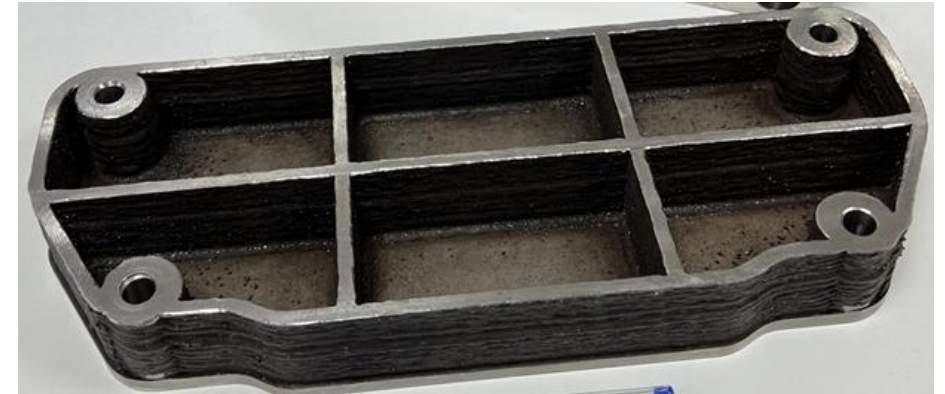
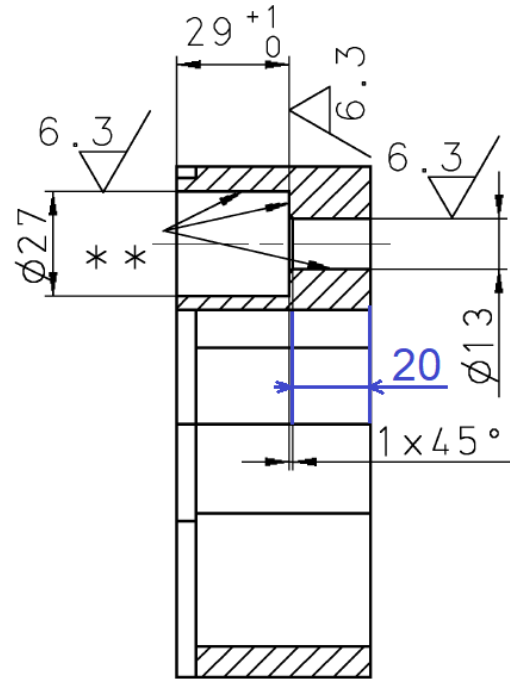
▢ Chapa plegada espesor 3mm, con 4 cartelas soldadas de acero inoxidable, de espesor 3mm.

# Tope longitudinal en fabricación aditiva

» FABRICACIÓN ADITIVA



» COMPARATIVA DE PROCESOS



▣ Placa base 20mm, con nervios de refuerzo de 6 mm.

# Tope longitudinal en fabricación aditiva

## >> FABRICACIÓN TRADICIONAL



## >> COMPARATIVA DE PROCESOS



## >> FABRICACIÓN ADITIVA



❑ SIENDO EL DISEÑO DE FAD MÁS RESISTENTE EL OPERADOR NO ACEPTO EL MONTAJE DE PIEZAS DE FAD EN ELEMENTOS DE SEGURIDAD

# Conclusiones

Las especificaciones técnicas: llave maestra para escalar la fabricación aditiva metálica, asegurando conformidad y automatizando la certificación.”

# El desafío

## »» Conocimiento interno

## »» Complejidad del Proceso

La forma en que se construye una pieza capa por capa puede generar microestructuras únicas, tensiones residuales y, crucialmente, la formación de defectos (porosidad, falta de fusión, inclusiones, rugosidad superficial) que son difíciles de predecir y controlar al 100%.

## »» Repetitividad

Pequeñas variaciones en los parámetros de la máquina, la calidad del polvo/filamento, la atmósfera de construcción, o incluso el post-procesamiento, pueden afectar significativamente las propiedades finales de la pieza.

## »» Materiales Novedosos

A diferencia de los métodos de fabricación tradicionales (forja, fundición, mecanizado), donde los procesos y las propiedades de los materiales están muy bien caracterizados y estandarizados tras décadas de uso.

## »» Certificación Existente no Adaptada

Las normas y regulaciones actuales para el sector ferroviario (y otros sectores críticos) fueron escritas pensando en procesos de fabricación tradicionales. No abordan directamente las particularidades, riesgos y oportunidades de la FA.

# Normativa

## Específica

ISO 17296-4	Fabricación aditiva. Principios generales. Parte 4: Visión general del intercambio de datos.
UNE-EN ISO 52901	Fabricación aditiva. Principios generales. Requisitos para la compra de piezas AM
ISO/ASTM 52900	Fabricación aditiva. Principios generales. Fundamentos y vocabulario.
ISO/ASTM 52921	Terminología normalizada para la fabricación aditiva. Sistemas de coordenadas y métodos de ensayo.
ISO 17296-3	Fabricación aditiva. Principios generales. Parte 3: Características principales y métodos de ensayo correspondientes.
ASTM F3122-14	Standard Guide for Evaluating Mechanical Properties of Metal Materials Made via Additive Manufacturing Processes.

## Sinérgica

EN 13018	Ensayos no destructivos. Inspección visual. Principios generales.
EN 10228-1	Ensayos no destructivos de piezas de acero forjadas. Parte 1: Inspección por partículas magnéticas.
EN 10228-3	Ensayos no destructivos de piezas de acero forjadas. Parte 3: Ensayo por ultrasonido de piezas forjadas en acero ferrítico o martensítico.
ISO 6506-1	Materiales metálicos. Ensayo de dureza Brinell. Parte 1: Método de ensayo.
ISO 2859-1	Procedimientos de muestreo para la inspección por atributos. Parte 1: Planes de muestreo para las inspecciones lote por lote.
EN ISO 9712	Ensayos no destructivos. Cualificación y certificación del personal que realiza ensayos no destructivos.
EN 10204	Documentación técnica de los productos
UNE-EN 15085	Aplicaciones ferroviarias. Soldeo de vehículos y de componentes ferroviarios.

# Desarrollo de ET: Contenido

## »» **Desarrollo de Estándares Específicos para FA (ISO/ASTM):**

Establecer un lenguaje común y directrices claras.  
Caracterización de los procesos de fabricación habilitados.  
Requisitos acordes a funcionalidad y criticidad de las piezas.  
Huella digital.

## »» **Materias primas**

Estandarización de parámetros de la máquina, la calidad del polvo/filamento, la atmósfera de construcción,...

## »» **Postproceso**

Requisito técnico, Requisito estético, Requisito inherente,...

## »» **Inspección, pruebas y trazabilidad**

Las normas y regulaciones actuales para el sector ferroviario (y otros sectores críticos) fueron escritas pensando en procesos de fabricación tradicionales. No abordan directamente las particularidades, riesgos y oportunidades de la FA.

# Categorización: Riesgo y requerimientos

## >> CRITERIOS:

- **Función del Componente:** componentes que son estructurales, de seguridad o críticos para el funcionamiento del tren requieren niveles de calidad más altos.
- **Requisitos de carga en explotación:** La categoría de esfuerzo se determina en función del factor de esfuerzo (cociente entre el esfuerzo de fatiga calculado y el esfuerzo de fatiga admisible).

## >> CLASES:

- **Clase 1:** Componentes críticos con altas tensiones y riesgo de fallo elevado, como estructuras principales del vehículo, rodal y sistemas de frenado. Su fallo supone un riesgo para la seguridad de las personas y interrupción del funcionamiento global.
- **Clase 2:** Componentes con tensiones moderadas y riesgo de fallo moderado, como partes de la carrocería, sistemas de suspensión, y algunos elementos estructurales secundarios. El fallo de la unión soldada conlleva alguna degradación del funcionamiento global o puede provocar situaciones que produzcan daños en el personal.
- **Clase 3 (Calidad Estándar):** Componentes con bajas tensiones y bajo riesgo de fallo. No afectan directamente a la seguridad. Se permite un mayor margen de tolerancia.
- **Clase 4 (Calidad Mínima):** Componentes sin requisitos específicos y con muy bajo riesgo de fallo.

# V&V

SERIE

FAI

NA

Característica	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3	CLASE 4
Certificado material EN 10204	+	+	+	+
Huella digital	+	+	+	+
Control de proceso de fabricación	+	+	+	+
Control de tratamiento térmico	+	+	+	+
Control de acabado	+	+	+	+
Verificación dimensional	+	+	+	X
Test mecánico (Rm, Rp, A, Z, KV)	+	+	X	X
Dureza HB, EN ISO 6506-1	+	+	X	X
Inspección visual EN473, EN13018	+	+	+	+
Sanidad superficial (Magnetoscopia) EN473, EN10228-1	+	+	X	X
Sanidad interna (Ultrasonidos)EN473, EN10228-3	+	+	X	X
Rugosidad, geometría y dimensiones	+	+	+	X
Pruebas funcionales (si son requeridas)	+	+	X	X
Marcado y Protección superficial	+	+	+	X

# Procedimientos: Parametrización-trazabilidad

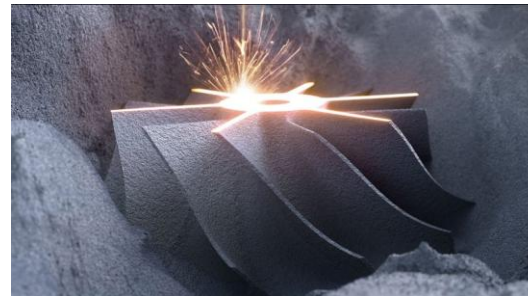
## >> LASER METAL DEPOSITION

- Tipología de boquilla
- Caracterización del Láser
- Gas de protección
- Variables de contorno (Control térmico, humedad,...)
- Materia prima – Granulometría, morfología, tasa de deposición,...
- Características de placa base y mantenibilidad.



## >> LASER POWDER BED FUSIÓN:

- Caracterización del Láser (potencia, dimensiones puntuales, tiempo de exposición, posición de enfoque)
- Estrategia de escaneo
- Distancia de foco y distancia de hatch
- Absorción/reflectividad láser
- Características de condiciones de cámara
- Variables de contorno (Control térmico, humedad,...)
- Distribución y características de materia prima.
- Características de placa base y mantenibilidad.



## >> WIRE ARC ADDITIVE MANUFACTURING

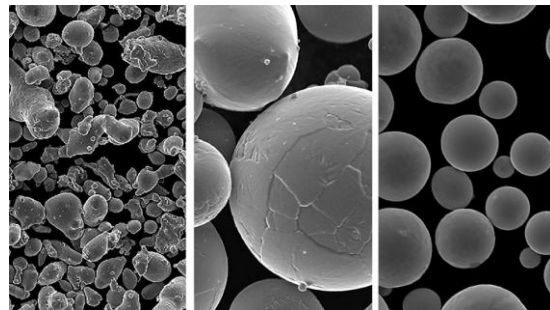
- Tipología de cabezal
- Consumibles, incluyendo gas protector y su caudal.
- Parámetros equipo WAAM.
- Temperatura de Pre calentamiento y temperaturas entre pasadas.
- Limpieza entre capas e inspección durante la producción.
- Materia prima – Control de almacenamiento
- Características de placa base y mantenibilidad.



# Materias primas

## » MATERIA PRIMA EN FORMA DE POLVO

- ▢ Información del proveedor.
- ▢ Fecha de embalaje.
- ▢ Composición química.
- ▢ Características térmicas.
- ▢ Metodología de control de granulometría y morfología.
- ▢ Propiedades de flujo de polvo.
- ▢ Contenido de oxígeno.
- ▢ Hoja de seguridad.



## » MATERIA PRIMA EN FILAMENTO

- ▢ Identificación y contacto del proveedor.
- ▢ Fecha de embalaje.
- ▢ Referencia de lote.
- ▢ Características principales del producto.
- ▢ Instrucciones de embalaje y mantenimiento.
- ▢ Hoja de seguridad.



# REFLEXIONES Y OBJETIVOS

## VIAJE A EGIPTO: PERFILES Y METAS

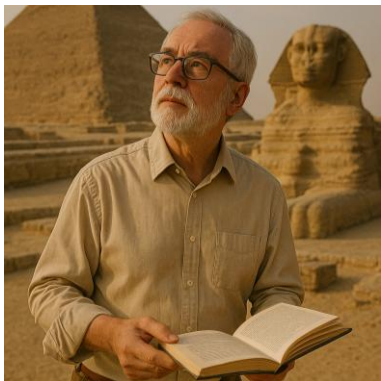
### » INSTAGRAMER



### » TURISTA



### » AMANTE DE LA HISTORIA



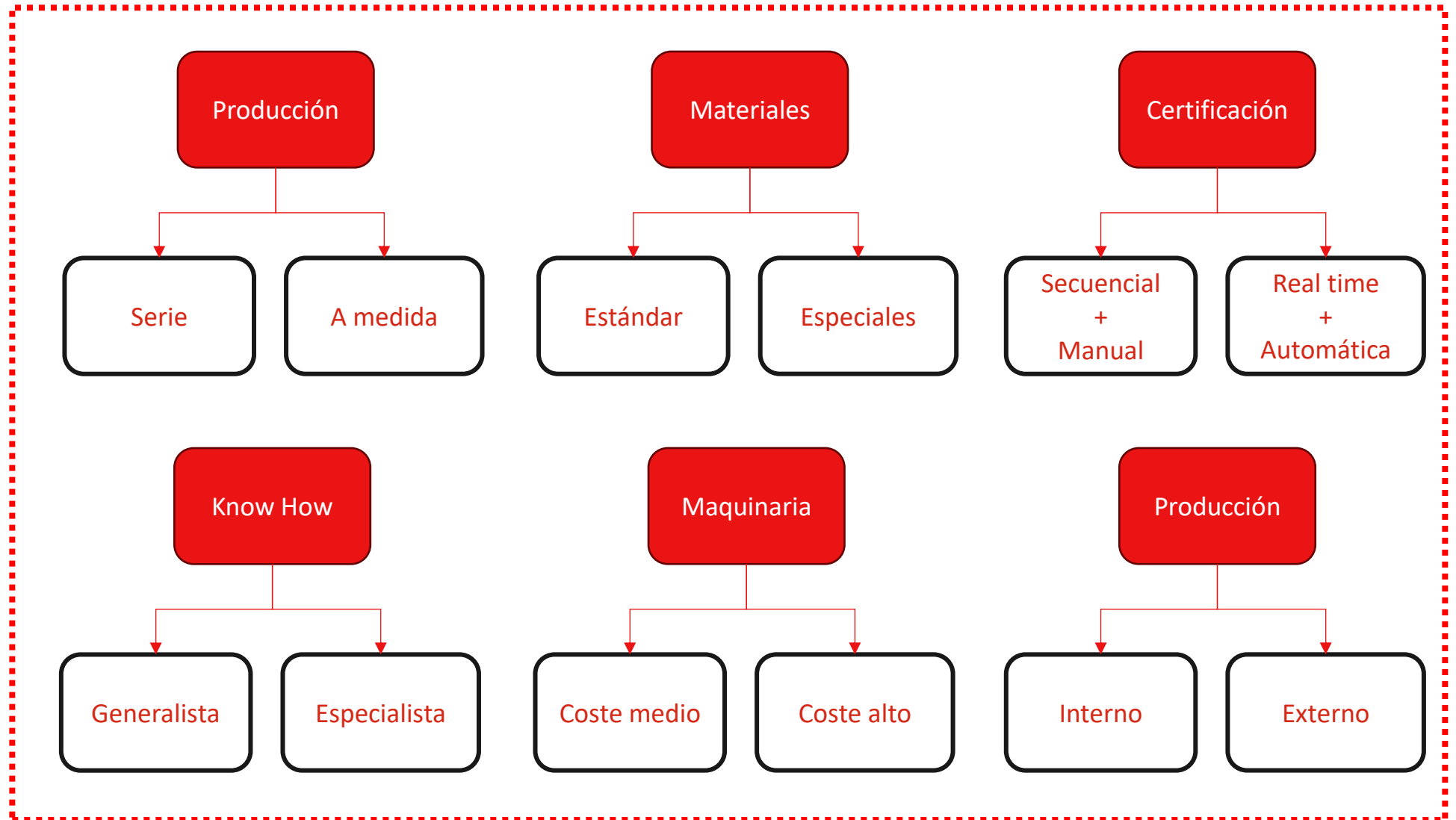
### » ARQUEÓLOGO



- ▮ Presupuesto.
- ▮ Lugares de interés.
- ▮ Tiempo invertido.
- ▮ Precisión y rigor.
- ▮ Jornada abierta vs Jornada cerrada

# NICHO vs INDUSTRIALIZACIÓN

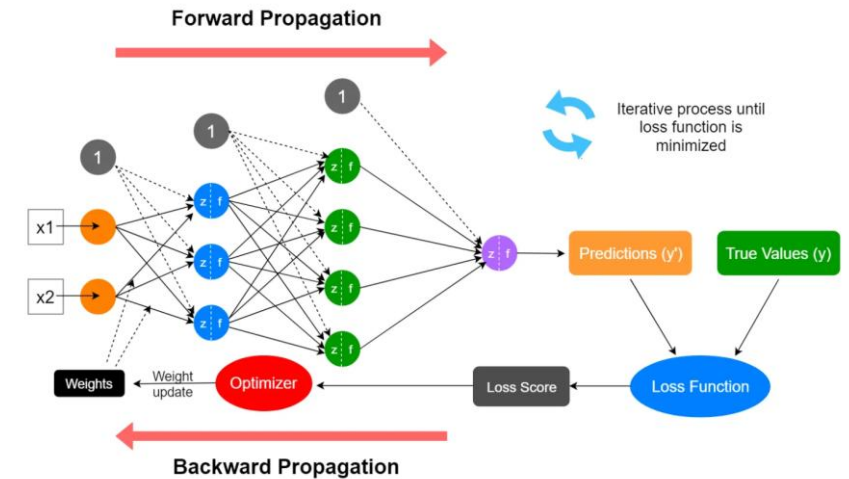
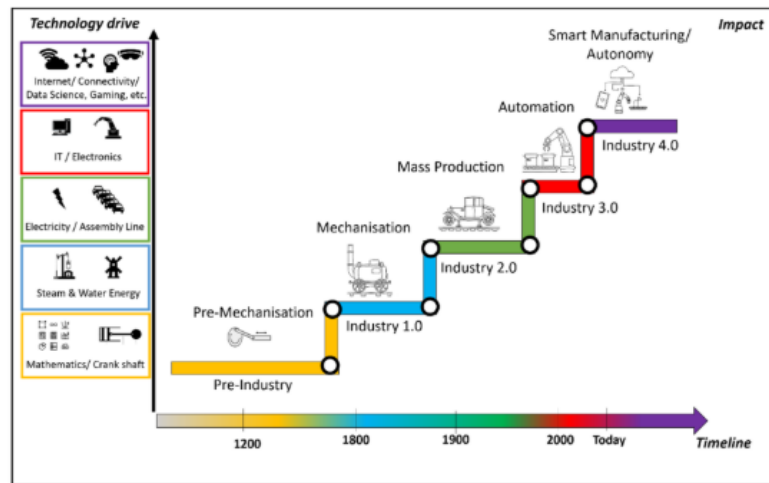
MARGINAL  
VS  
INDUSTRIAL



# REFLEXIONES Y OBJETIVOS: GASTO vs INVERSIÓN

VALOR AÑADIDO

CAPTACIÓN DE TALENTO



## >> Gestión de datos

- Visualización de datos: Desarrollar herramientas avanzadas de visualización que permitan a los ingenieros y operadores interpretar y analizar los datos de fabricación aditiva de manera intuitiva y eficiente.
- Generación de Base de Datos Open Source: Crear y mantener una base de datos de acceso abierto que contenga información relevante sobre procesos, materiales y resultados de fabricación aditiva.
- Workflow de Referencia de Gestión Digital para FA
- Evaluación y Especificaciones de la Calidad de los Datos de FA: Desarrollar criterios y métodos para evaluar la calidad de los datos generados bajo un estándar.
- Marco y Directrices de Datos de Máquinas de FA para la Integración y Gestión Automatizada de Datos.

## >> Desarrollo y Validación de Procesos de FA

- Enfoques Holísticos de Modelado y Gemelos Digitales: Desarrollar y validar modelos digitales que abarquen desde el diseño y selección de materiales hasta la optimización de procesos y calificación de productos mediante simulaciones.
- Promoción de la participación de la Industria en la Estandarización.
- Mejorar la confiabilidad y eficiencia de las pruebas no destructivas (NDT) en AM.
- Desarrollar indicadores de calidad de imagen 3D para medir y mejorar la sensibilidad de los sistemas CT en la detección de defectos en AM.

# ¿FUTURO PRÓXIMO?

## »» BLOCKCHAIN PRIVADA

- ▮ Cadena de bloques en la que el acceso y la participación están restringidos a un grupo selecto de participantes autorizados. Una sola entidad o un consorcio de entidades controlan y gestionan la red, incluyendo quién puede unirse, validar transacciones y acceder a los datos.

Concepto	Beneficio
Inmutabilidad digital	Garantía de que ningún dato ha sido manipulado tras su registro.
Trazabilidad de extremo a extremo	Desde el polvo al producto final, todo queda vinculado y sellado.
Auditable en segundos	El auditor solo necesita consultar la blockchain para verificar.
Automatización de certificación	Aumento del valor añadido del tiempo dedicado.
Confianza entre partners	Proveedores, fabricantes y clientes se nutren de la misma información.

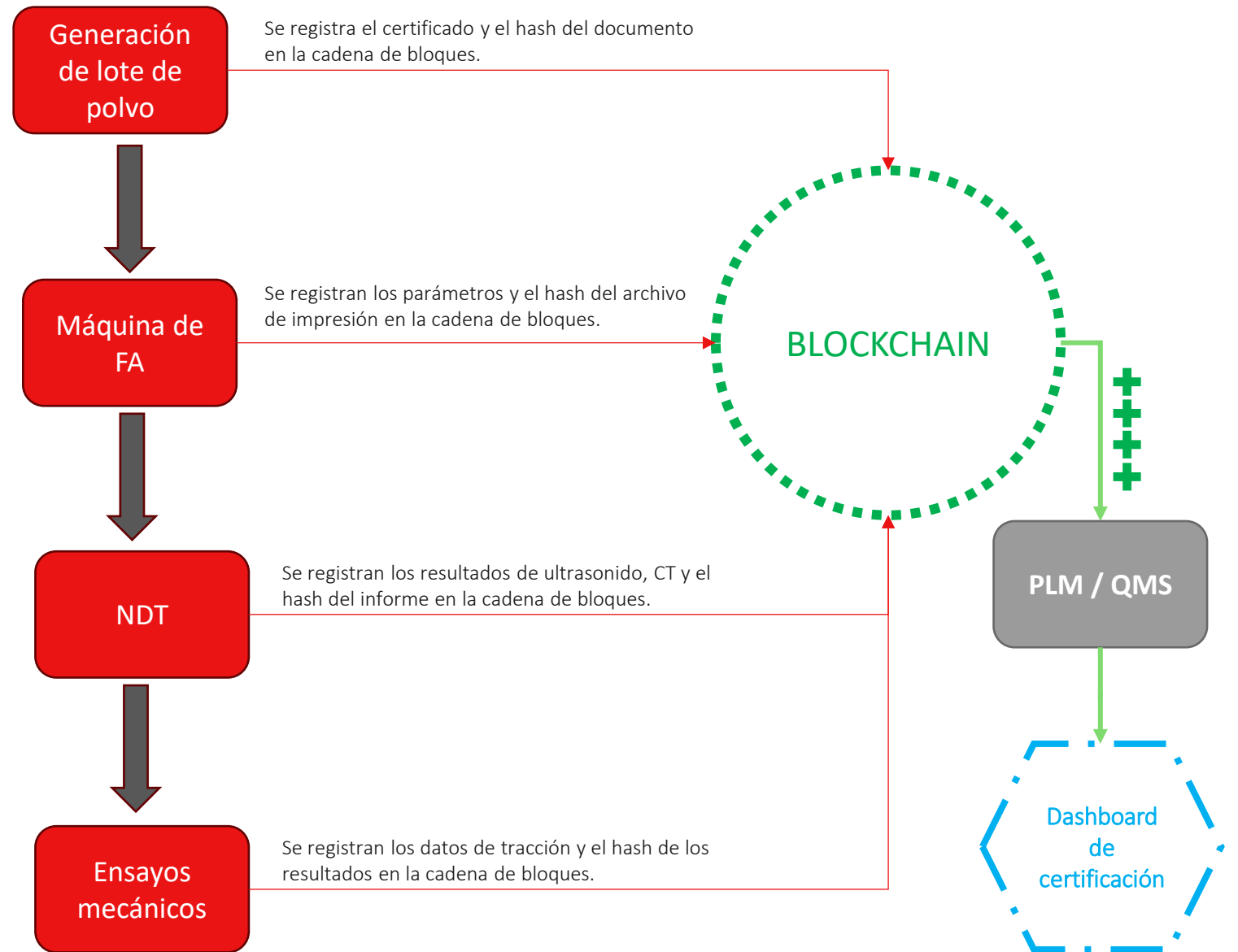
## »» DESAFIOS

- ▮ **Escalabilidad:** Aunque más eficiente que las blockchains públicas, es crucial dimensionar adecuadamente el número de peers y la potencia de cómputo para no generar latencias.
- ▮ **Confidencialidad de datos:** En algunos casos puede convenir usar canales privados o técnicas de "off-chain" para datos sensibles, guardando solo el hash en la cadena.
- ▮ **Interoperabilidad:** Evaluar estándares emergentes (p. ej. IOTA Streams o W3C Verifiable Credentials) para asegurar compatibilidad futura.
- ▮ **Cumplimiento legal:** Aunque la firma digital y el sello temporal aportan validez, conviene validar jurídicamente la equivalencia de "registro blockchain" con documentos tradicionales en cada jurisdicción.

# FUTURO PRÓXIMO

## >> NODOS PRINCIPALES

- Generación de lote de polvo
- Blockchain
- Máquina de FA
- Inspección NDT (Ensayos No Destructivos)
- Product Lifecycle Management/Quality Management System
- Dashboard de certificación





*Talgo*

Alta Velocidad

16

96719-102 032-0



## ¡Contáctenos!

Paseo del tren Talgo, 2  
28290 Las Matas - Madrid  
T (+34) 91 631 38 00  
F (+34) 91 631 38 93

[adrian.mazogarcia@talgo.com](mailto:adrian.mazogarcia@talgo.com)  
[ezapico@talgo.com](mailto:ezapico@talgo.com)

