



Jornada:
“EXPERIENCIA Y FUTURO DEL ERTMS EN ESPAÑA”
Madrid, 25 de octubre de 2017

Líneas AV y Convencionales equipadas con ERTMS

Miguel Sardina Gonzalo
Subdirección de Instalaciones



Exp: PTR-2016-2017



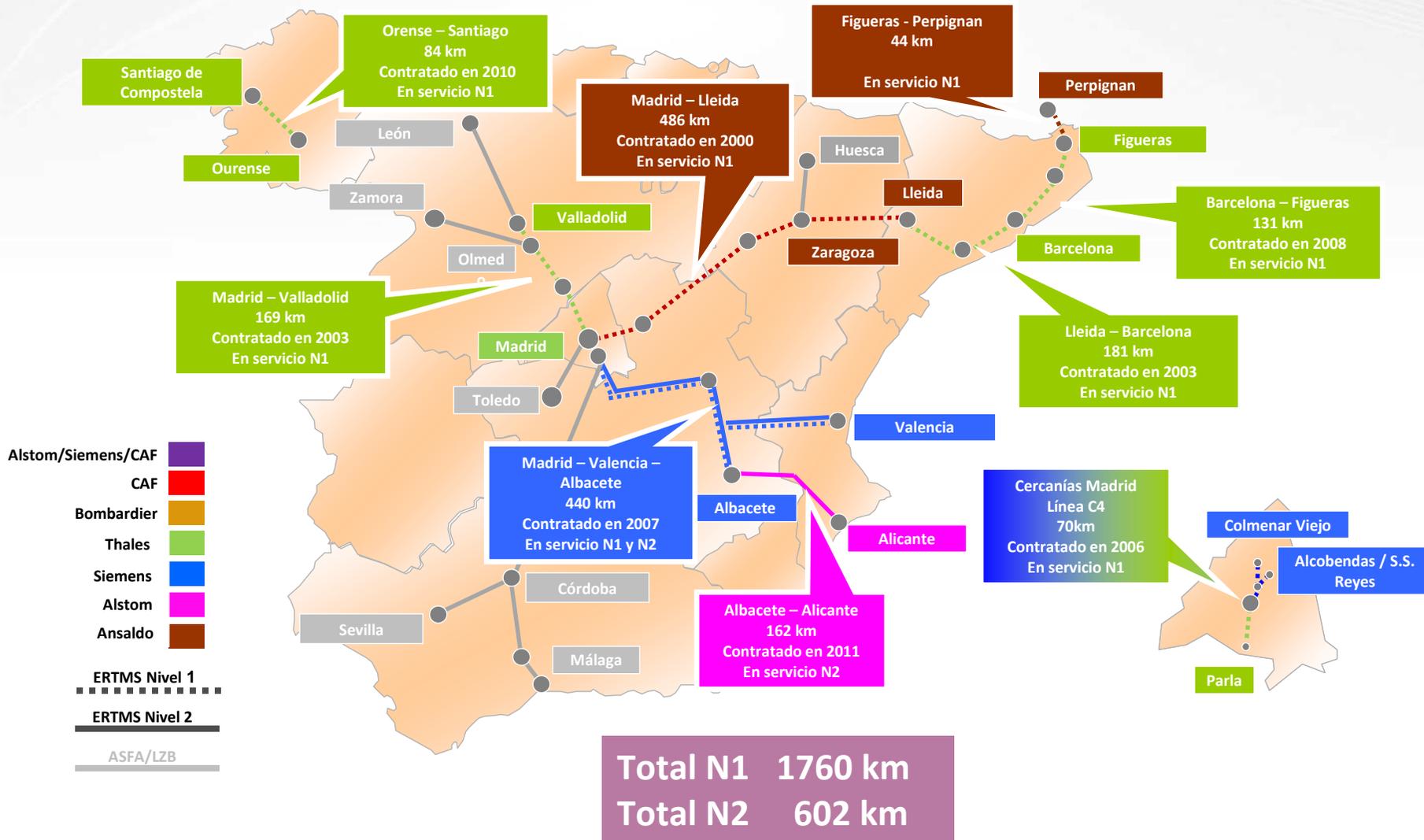
ÍNDICE

- ✓ LÍNEAS CON ERTMS EN SERVICIO COMERCIAL
- ✓ LÍNEAS EN PROCESO DE MIGRACIÓN DE ERTMS
- ✓ LÍNEAS EN EXPLOTACIÓN COMERCIAL CON ERTMS PENDIENTE PeS
- ✓ LÍNEAS EN CONSTRUCCIÓN CON ERTMS
- ✓ LÍNEAS EN PROYECTO CON ERTMS
- ✓ RESUMEN km ERTMS EN SERVICIO COMERCIAL vs EN FASE PeS
- ✓ EVOLUCIÓN COSTES IMPLANTACIÓN ERTMS
- ✓ EVOLUCIÓN TIEMPOS PeS ERTMS

- ✓ EVOLUCIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES
- ✓ PROCESO DE PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO SISTEMA ERTMS
- ✓ RBC vs ENCE
- ✓ NECESIDAD DE PRUEBAS DINÁMICAS EN VÍA
- ✓ DIFICULTADES ENCONTRADAS EN LA PeS

- ✓ CONCLUSIONES

LÍNEAS CON ERTMS EN SERVICIO COMERCIAL



LÍNEAS EN PROCESO DE MIGRACIÓN DE ERTMS



- Alstom/Siemens/CAF
- CAF
- Bombardier
- Thales
- Siemens
- Alstom
- Ansaldo

ERTMS Nivel 1
 ERTMS Nivel 2
 ASFA/LZB

LÍNEAS EN PROCESO DE MIGRACIÓN DE ERTMS

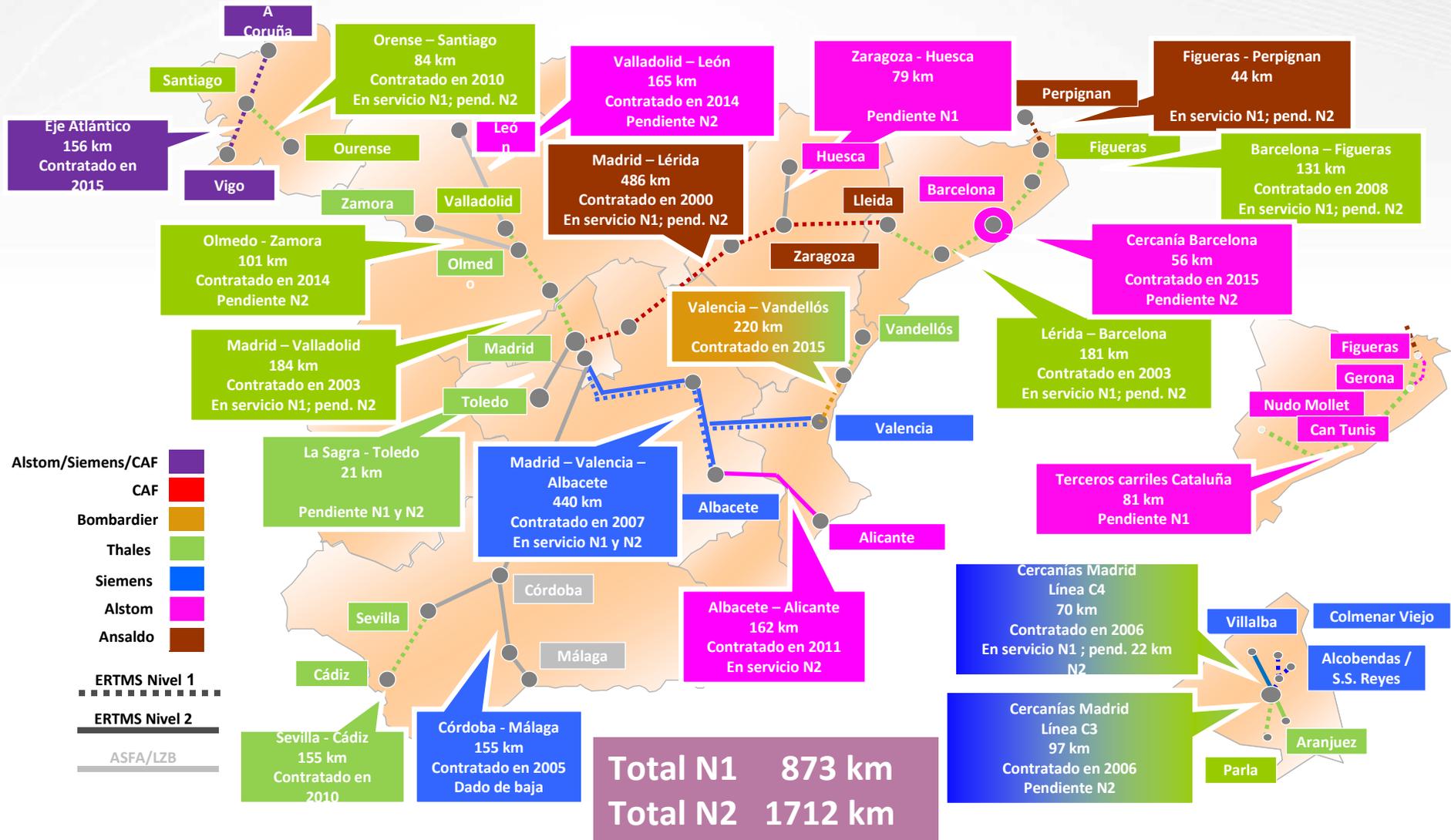
	km v2.2.2+ → v2.3.0d		km PeS v2.3.0d	
	N1	N2	N1	N2
Madrid – Lleida	486	486	486	-
Lleida – Barcelona	181	181	*	-
Madrid - Valladolid	169	169	*	-
Córdoba - Málaga	155	155	-	-

* Cambios ejecutados en vía, a falta de documentación PeS

LÍNEAS EN PROCESO DE MIGRACIÓN DE ERTMS

	v2.3.0d	
	N1	N2
Madrid – Lleida	Puesta en servicio completada	Pruebas en vía prácticamente terminadas
Lleida – Barcelona	Cambios ejecutados en vía A falta de documentación PeS	Comenzando pruebas en vía
Madrid - Valladolid	Cambios ejecutados en vía A falta de documentación PeS	Pruebas en vía prácticamente terminadas
Córdoba - Málaga	Dado de baja en 2017, circulando en LZB, estrategia de PeS junto con LAV Antequera - Granada	A falta de pruebas finales, estrategia de PeS junto con LAV Antequera - Granada

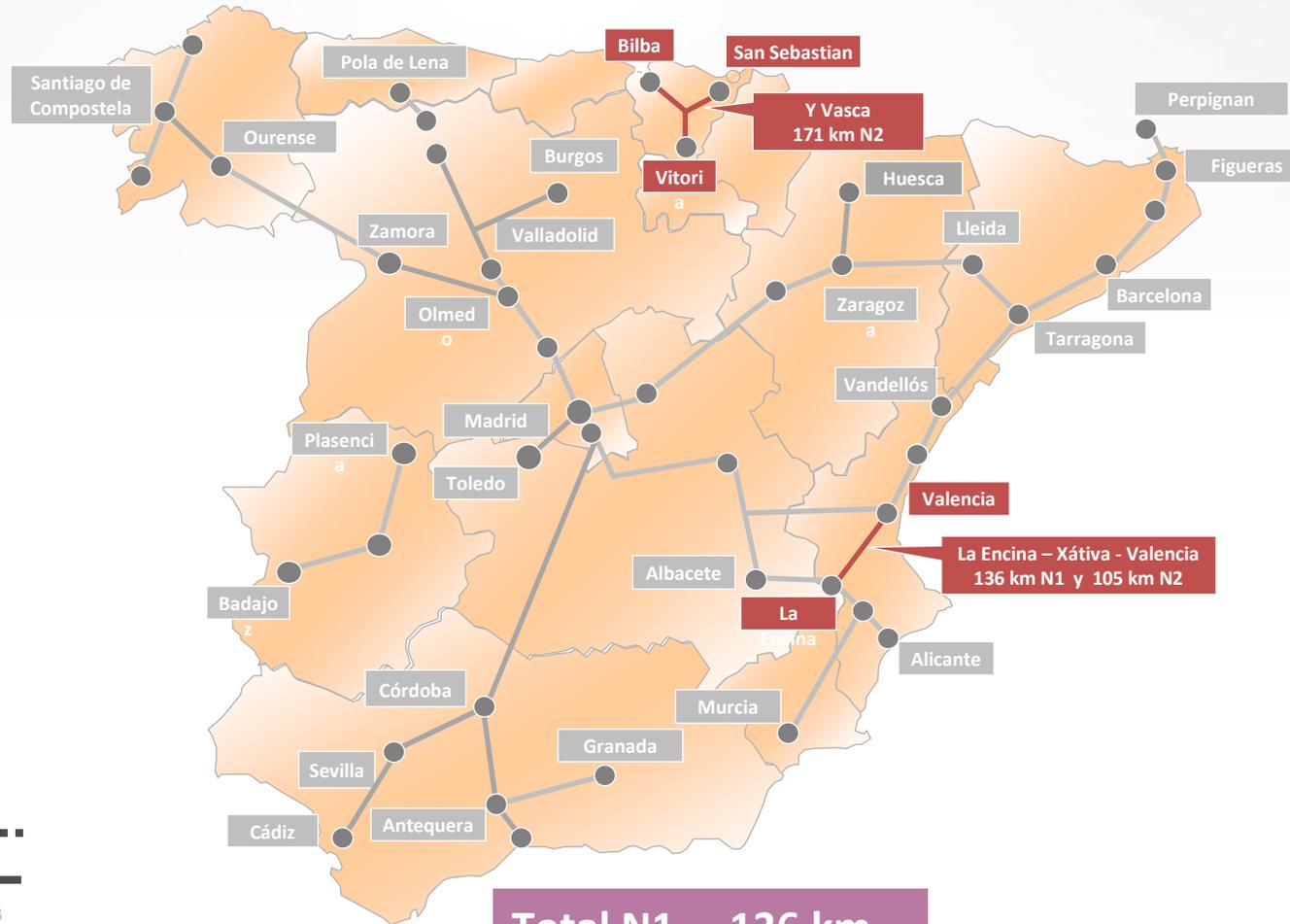
LÍNEAS EN EXPL. COMERCIAL CON ERTMS PEND. PeS



LÍNEAS EN CONSTRUCCIÓN CON ERTMS



LÍNEAS EN PROYECTO CON ERTMS



ERTMS Nivel 1

ERTMS Nivel 2

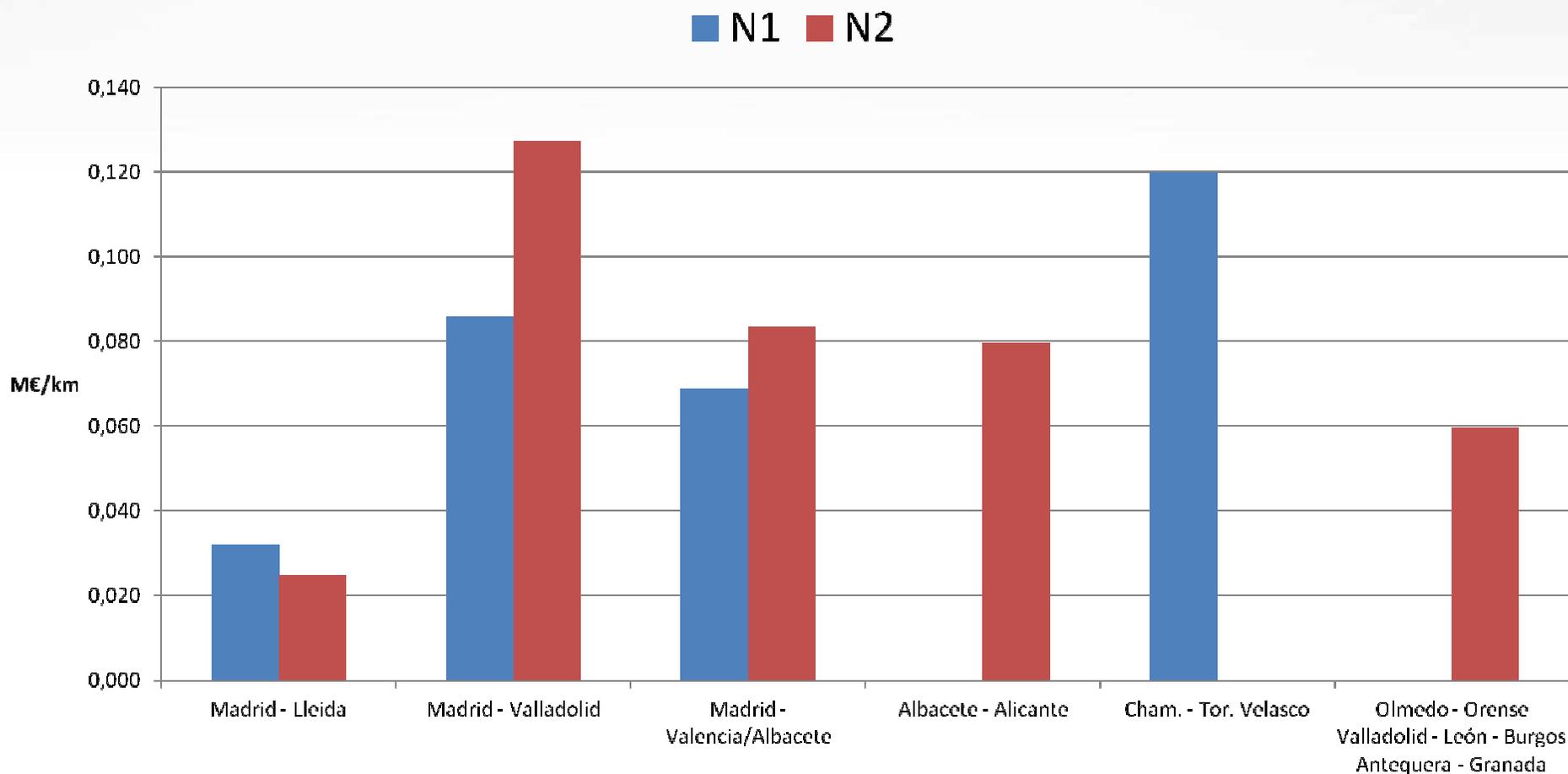
ERTMS/ASFA/LZB

Total N1 136 km
Total N2 276 km

RESUMEN km ERTMS EN SER. COM. vs EN FASE PeS

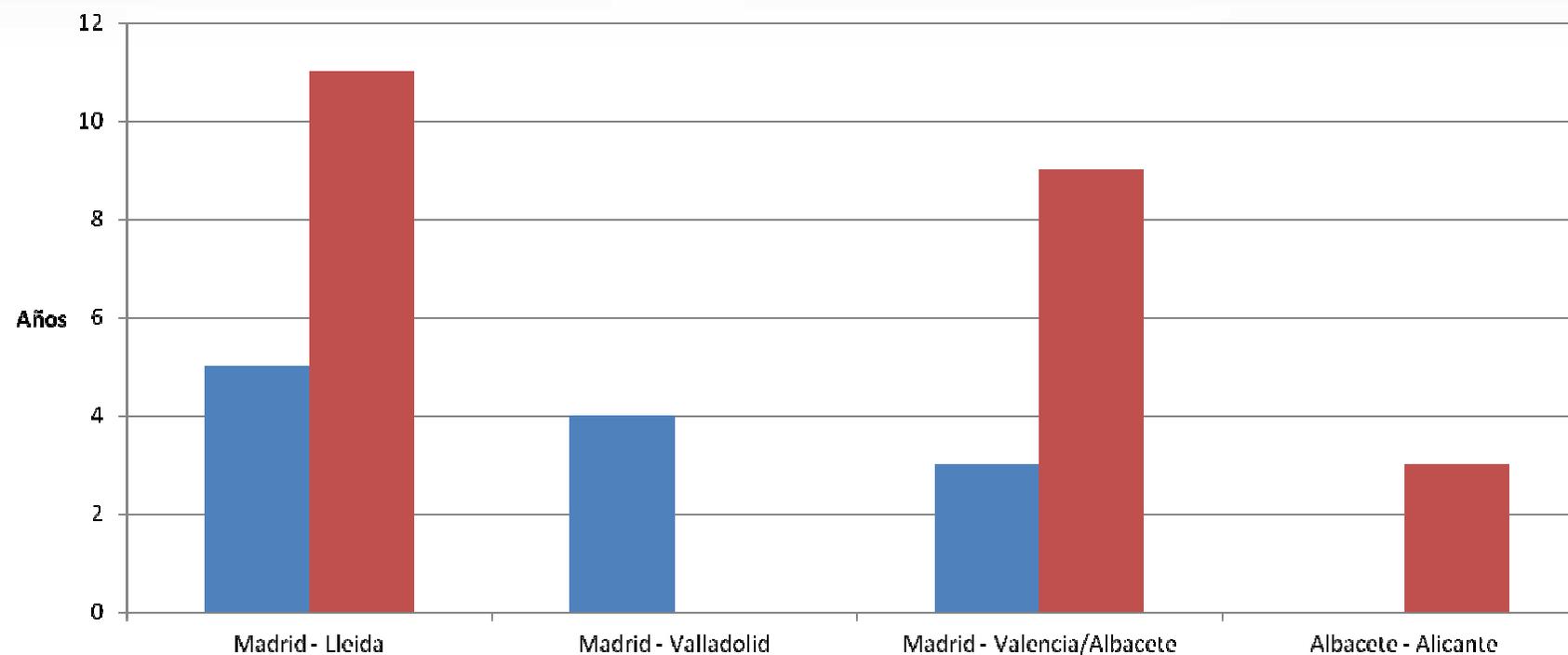
	N1 (km)	N2 (km)
En servicio comercial	1760	602
En fase de PeS	975	2491

EVOLUCIÓN COSTES IMPLANTACIÓN ERTMS



EVOLUCIÓN TIEMPOS PeS ERTMS

■ N1 ■ N2



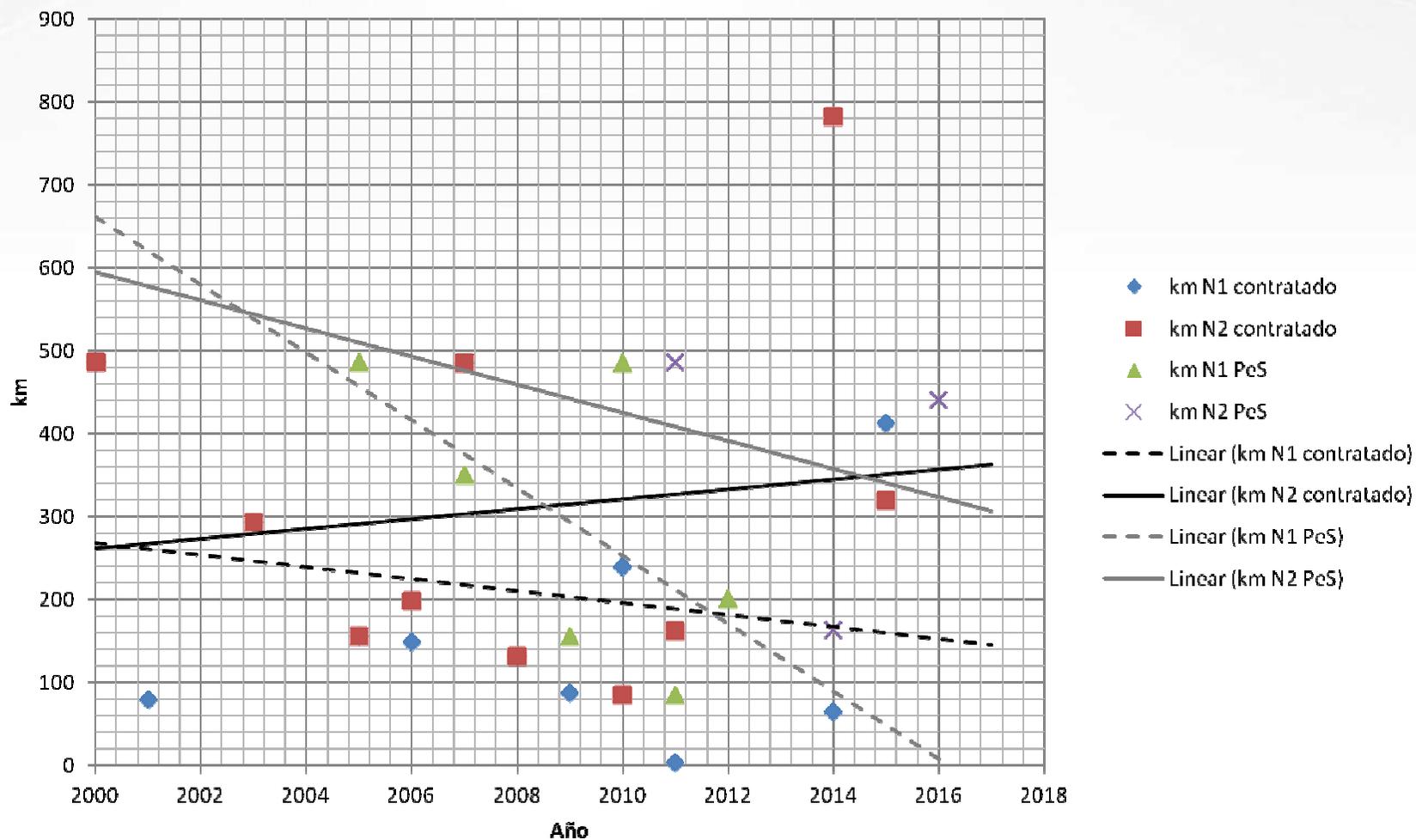
EVOLUCIÓN TIEMPOS PeS ERTMS

Línea	Tecnólogo	PeS ASFA	PeS ERTMS	Incidencias en fase de pruebas (1)	Jornadas de pruebas en vía (1)
Albacete – Alicante	Alstom	Junio 2013	Mayo 2014	~ 200	100 -47 antes PeS ASFA
Valladolid – León	Alstom	Sept. 2015	¿...? (2)	~ 50	~ 50 -0 antes PeS ASFA

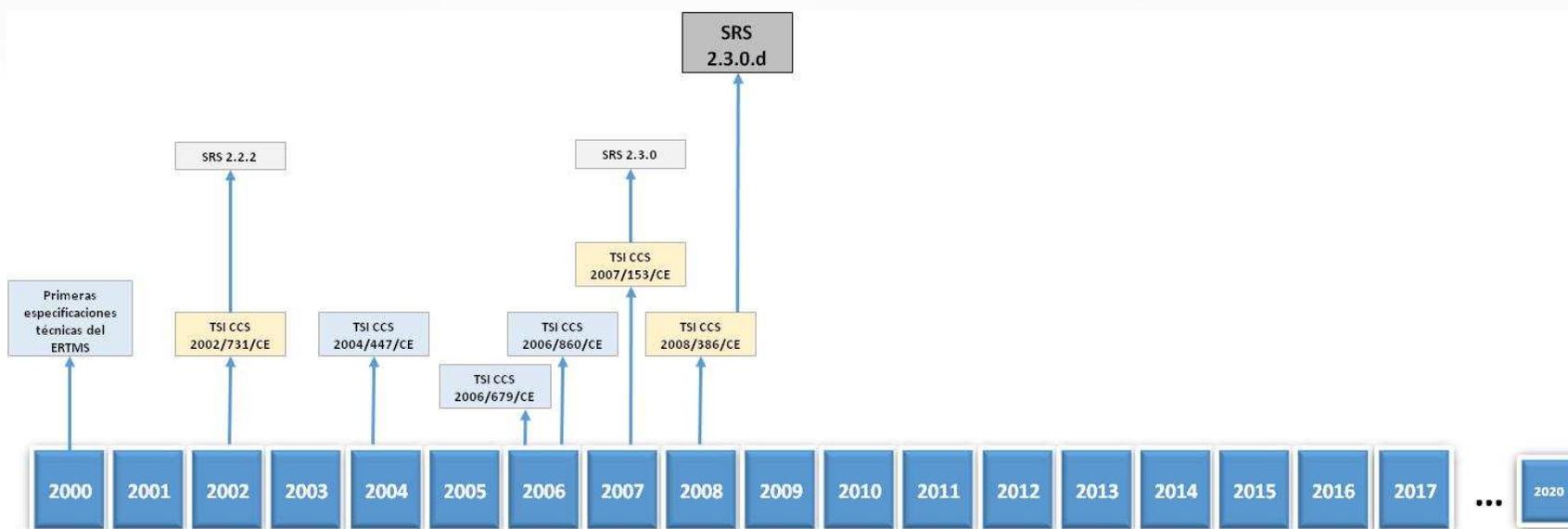
(1) Incluyen pruebas tecnológico y Adif, incluso pruebas con varios trenes. No incluyen rec. fiabilidad

(2) Pendiente: Pruebas Adif, pruebas Adif a 300 km/h, rec. fiabilidad, comp. tren-ruta, formac. maq.

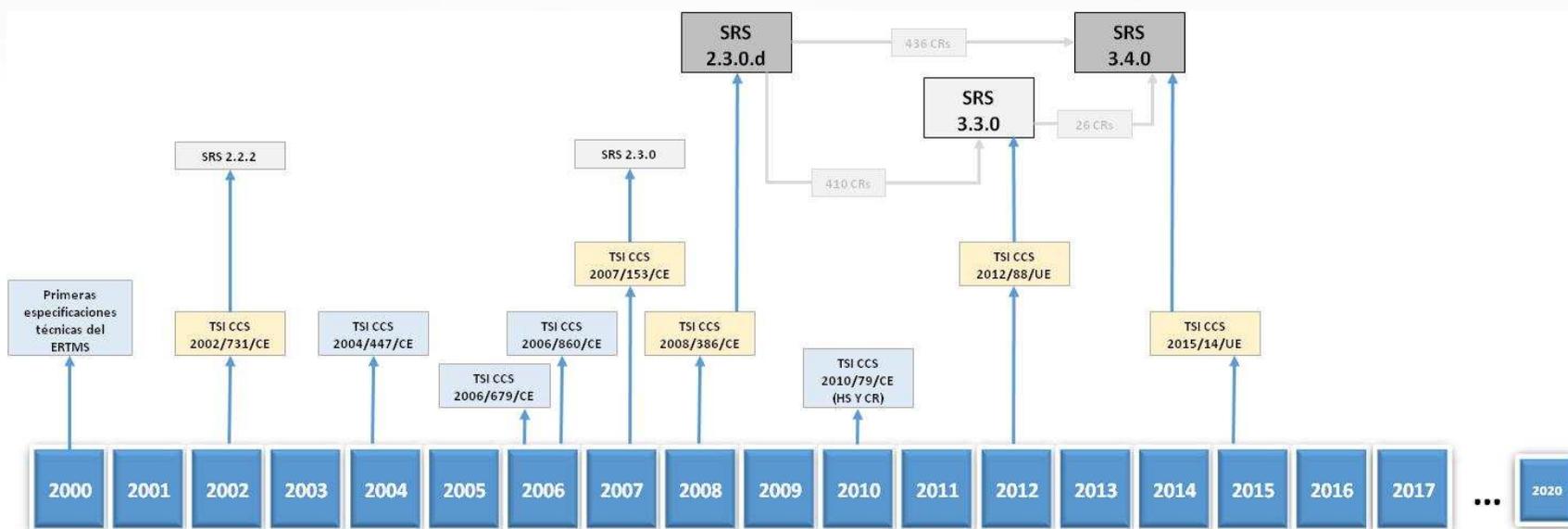
EVOLUCIÓN TIEMPOS PeS ERTMS



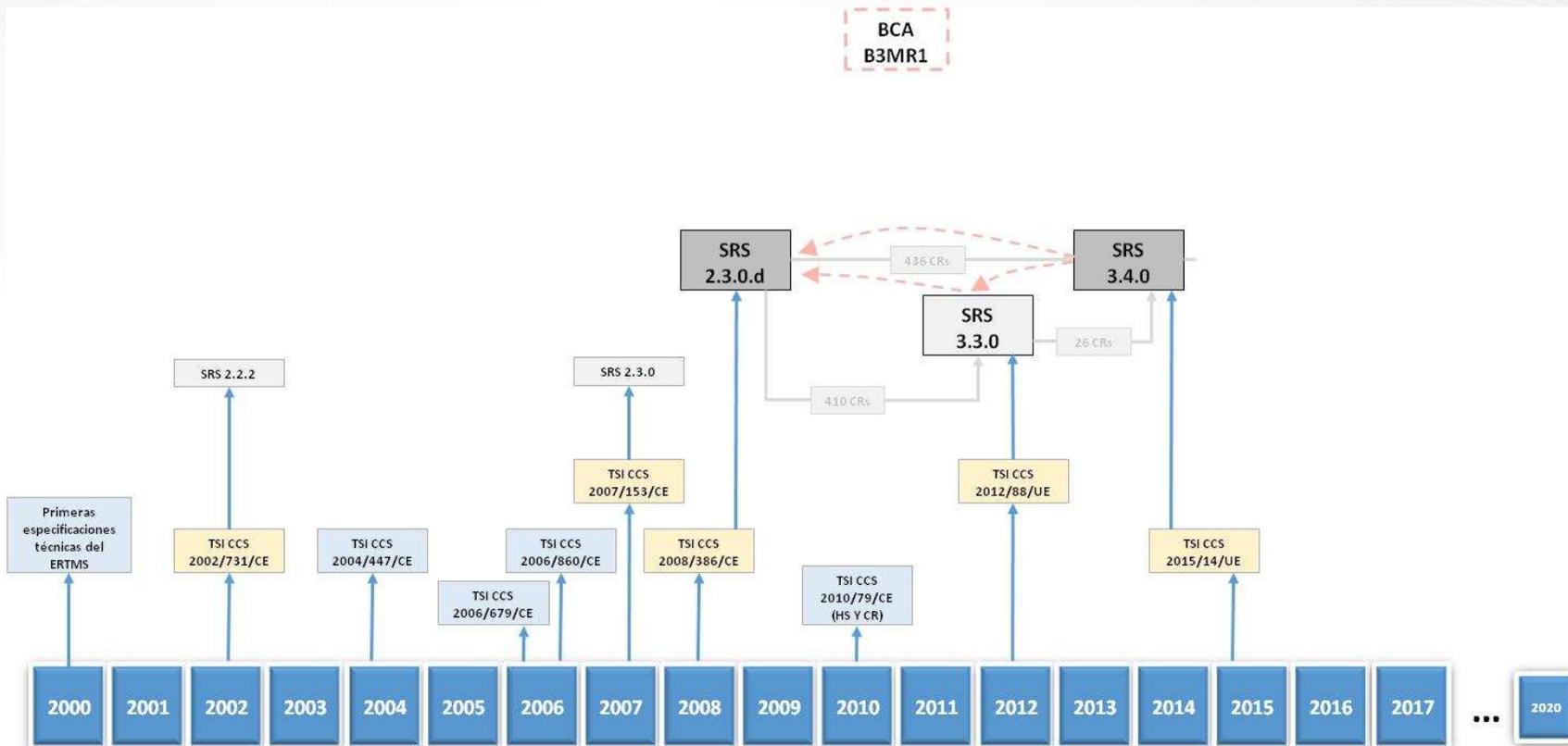
EVOLUCIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES



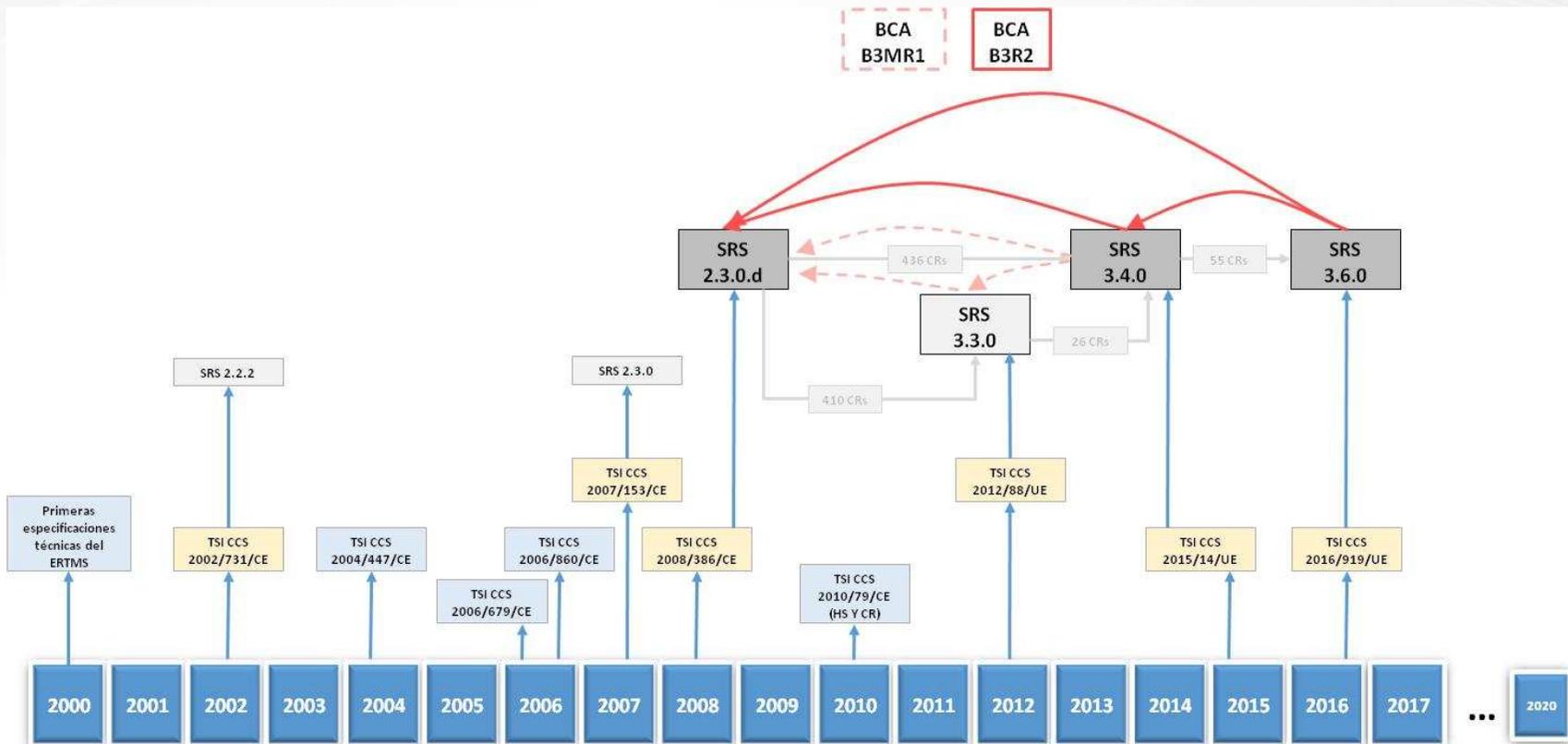
EVOLUCIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES



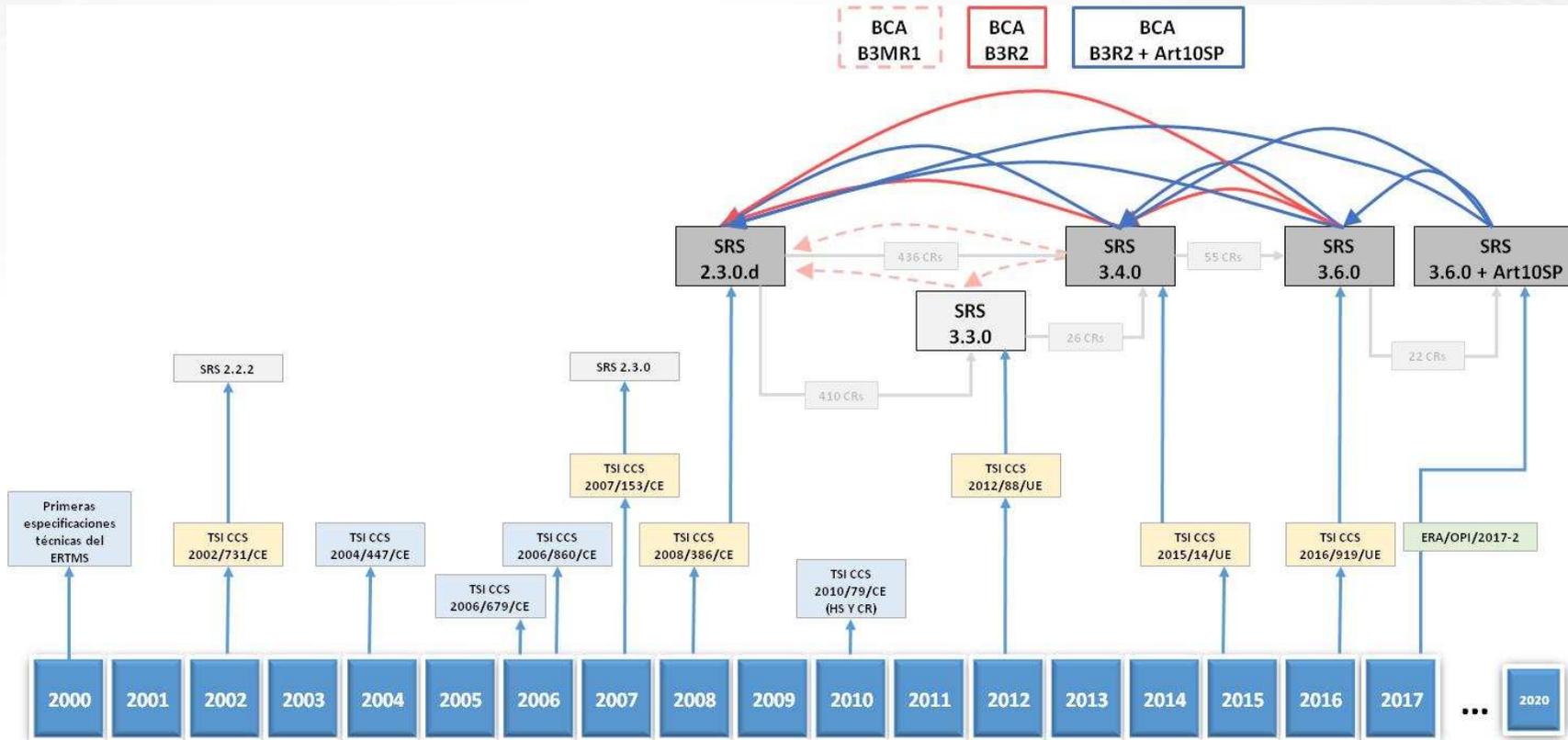
EVOLUCIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES



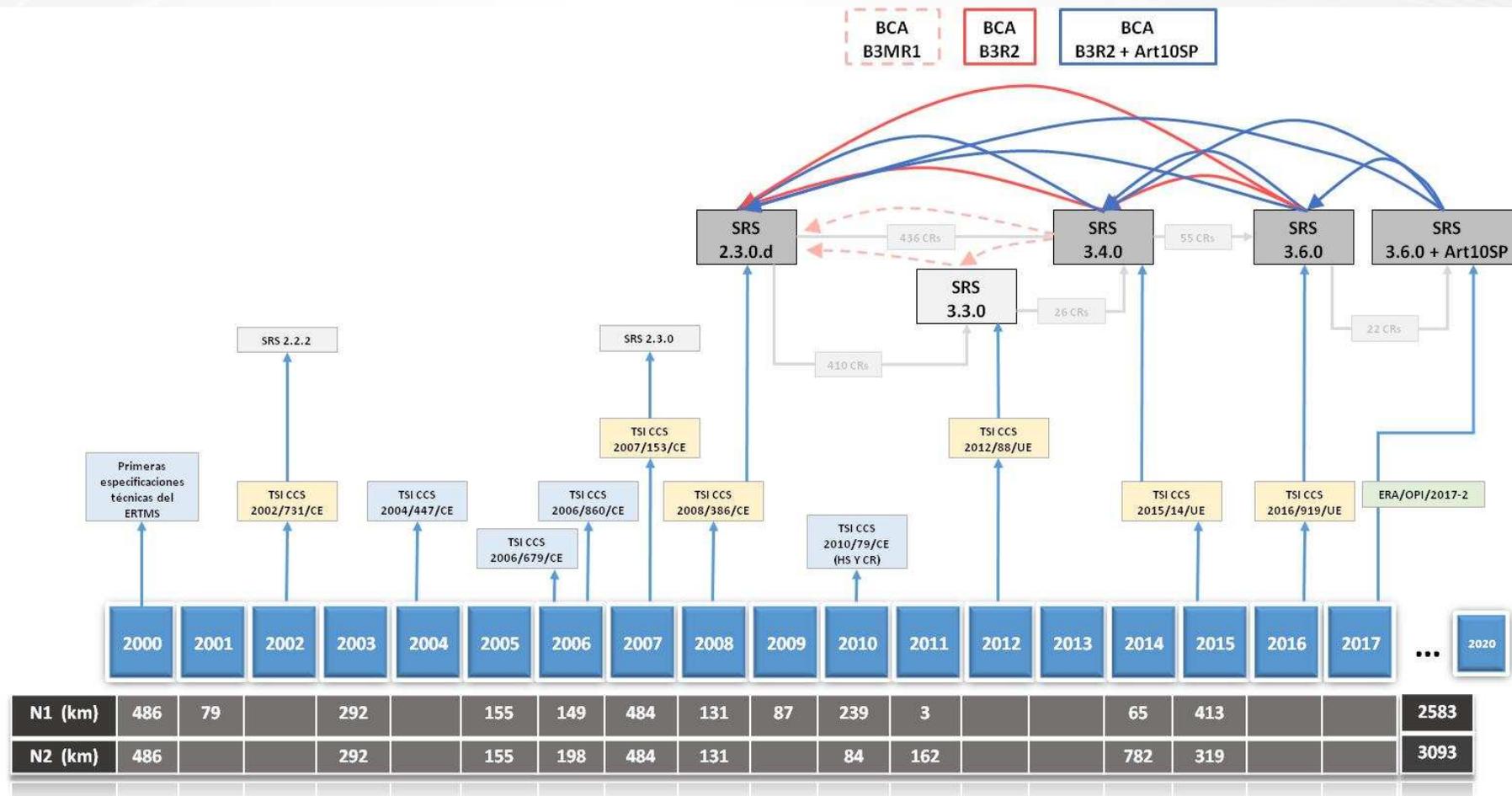
EVOLUCIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES



EVOLUCIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES



EVOLUCIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES



EVOLUCIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES

EJERCICIO TEÓRICO BCA

BCA
B3MR1

		Trackside			
		B2		B3=B3MR1	
		X=1	X=1+CR ₀	X=1	X=2
On-board	B2	Q4	Q2	Q2	✘
	B2+CR ₀	Q1	✓	✓	✘
	B3	Q3	✓	✓	✓

- Q1 → Tren B2+CR puede circular por vía B2 “not compliant” a ese CR?
- Q2 → Tren B2 que no implementa CR puede circular por vía B3 x=1 o B2 que implementa CR?
- Q3 → Tren B3 puede circular por vía “not compliant” a ese CR?
- Q4 → Tren B2 que no implementa CR puede circular por vía B2 “not compliant” a ese CR?

EVOLUCIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES

EJERCICIO TEÓRICO BCA

BCA
 B3R2

		Trackside							
		B2		B3MR1				B3R2	
		X=1	X=1+CR ₁	X=1	X=1+CR ₁	X=2	X=2+CR ₁	X=1	X=2
On-board	B2	Q	Q	Q	Q	✗	✗	Q	✗
	B2+CR ₁	Q	Q	Q	✓	✗	✗	✓	✗
	B3MR1	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	✗
	B3MR1+CR ₁	Q	Q	Q	✓	Q	✓	✓	✓
	B3R2	Q	✓	Q	✓	Q	✓	✓	✓

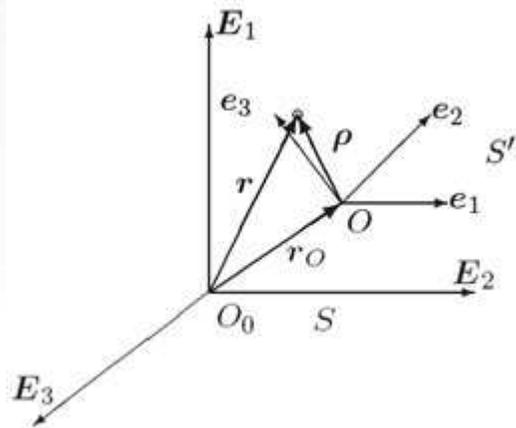
EVOLUCIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES

EJERCICIO PRÁCTICO BCA

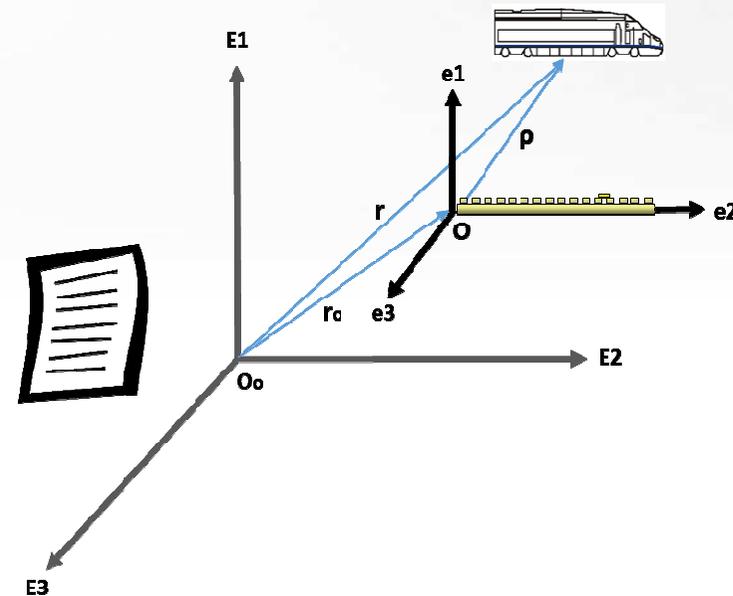
		Trackside									
		Línea 1	Línea 2	Línea 3	Línea 4	Línea 5	Línea 6	Línea 7	Línea 8	...	Línea n
On-board	B2										
	B2+CR ₀										
	B2+CR ₁										
	B2+CR ₂										
	B3MR1										
	B3MR1+CR ₁										
	B3MR1+CR ₂										
	B3R2										
	B3R2+CR ₂										
	B3R2+Art10SP										

- Probabilidad de que alguna combinación falle se eleva
- Es necesario sólo se añadan CR que quiten problemas de seguridad/operación, no nuevas funcionalidades
- Se tienen que ir cumpliendo las reglas que imponen los BCA's para la construcción de nuevas líneas, pero ¿qué hacemos con lo que ya está construido?

EVOLUCIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES



$$\dot{r} = \dot{r}_O + \left(\frac{d\rho}{dt} \right)_{\text{rel}} + \Omega \wedge \rho,$$



- Se han estado licitando y construyendo líneas basadas en el MoU 2008
- Otro proceso de migración de versiones sería extremadamente complejo, tanto desde el punto de vista técnico como que las líneas de nueva construcción sólo se están licitando con un nivel ERTMS

Se necesita un sistema de referencia fijo

PROCESO DE PRUEBAS Y PeS SISTEMA ERTMS

FASES GENERALES

**ACTIVIDADES
NECESARIAS PARA LA
EJECUCIÓN Y PeS**

PROCESO DE PRUEBAS Y PeS SISTEMA ERTMS

1.- FASES GENERALES

I Proyecto de licitación

- Versión SRS: BSL2, v.2.3.0d
- Reglas de Ingeniería de Adif vigentes a fecha de contrato
- Informes BCA's vigentes a fecha de contrato
- Certificado de Interoperabilidad vigente a fecha de contrato

II Contratación

- Se fijan Reglas de Ingeniería, BCA's y ETI

III Obra

- Ejecución según contrato

IV Puesta en Servicio (PeS)

- Documentación de PeS según Reglas de Ingeniería, BCA's y ETI contratadas

PROCESO DE PRUEBAS Y PeS SISTEMA ERTMS

2.- ACTIVIDADES NECESARIAS PARA LA EJECUCIÓN Y PeS (I)

~8 actividades previas a la disponibilidad de la infraestructura para pruebas, y finalizada la fase de ingeniería de diseño son las siguientes:

- Pruebas en laboratorio del producto genérico (realización en laboratorios del tecnólogo y en los laboratorios de interoperabilidad ferroviaria del CEDEX)
- Pruebas en laboratorio de la aplicación específica
- Informes de pruebas en laboratorio
- Publicación de la Consigna para pruebas de infraestructura
- En su caso, autorización para preparación de la instalación para pruebas
- Pruebas en vía del producto genérico
- Pruebas en vía de la aplicación específica
- Informes de pruebas en vía

PROCESO DE PRUEBAS Y PeS SISTEMA ERTMS

2.- ACTIVIDADES NECESARIAS PARA LA EJECUCIÓN Y PeS (II)

~20 actividades que deben realizarse para la PeS del ERTMS una vez que finalizan los trabajos de validación de la instalación (disponibilidad de la infraestructura para pruebas):

- Publicación de la Consigna para pruebas complementarias de infraestructura con uno y varios trenes comerciales
- Pruebas complementarias de infraestructura con un tren comercial
- Informe de pruebas complementarias de infraestructura con un tren
- Pruebas complementarias de infraestructura con varios trenes comerciales.
- Informe de pruebas complementarias con varios trenes
- Pruebas de compatibilidad del tren con la ruta.

PROCESO DE PRUEBAS Y PeS SISTEMA ERTMS

2.- ACTIVIDADES NECESARIAS PARA LA EJECUCIÓN Y PeS (III)

- Informe de seguridad del sistema ERTMS e informe de evaluación independiente ISA para la autorización de circulación provisional para simulaciones comerciales y recorridos de fiabilidad.
- Autorización de circulación provisional del tren para simulaciones comerciales y recorridos de fiabilidad.
- Aviso de puesta en servicio provisional del sistema ERTMS para simulaciones comerciales y recorrido de fiabilidad.
- Simulaciones comerciales y recorridos de fiabilidad.
- Informe de simulaciones comerciales y recorridos de fiabilidad.
- Comunicación previa de autorización de entrada en servicio.
- Certificado CE de verificación.
- Declaración CE de verificación.

PROCESO DE PRUEBAS Y PeS SISTEMA ERTMS

2.- ACTIVIDADES NECESARIAS PARA LA EJECUCIÓN Y PeS (IV)

- Declaración del proponente. Incluye Informe de Gestión de Riesgos, Informe de Evaluación de Riesgos Global e Interacción entre Subsistemas (IER) e informe ISA del IER.
- Informe de adecuación a la normativa aplicable.
- Informe acreditativo del cumplimiento del plan de pruebas: plan de pruebas y certificado de cumplimiento del plan de pruebas.
- Autorización de entrada en servicio del subsistema.

PROCESO DE PRUEBAS Y PeS SISTEMA ERTMS

2.- ACTIVIDADES NECESARIAS PARA LA EJECUCIÓN Y PeS (V)

Recientemente se han incorporado nuevos documentos necesarios para conseguir la autorización de entrada en servicio del subsistema:

- Certificado de no regresión del programa de explotación.
- Certificado de no regresión del CVM.
- Certificado de no regresión de los informes de frenado.

En total, se estiman unos **30 hitos o actividades** necesarios hasta completar el proceso de autorización de puesta en servicio del subsistema CMS



PROCESO DE PRUEBAS Y PeS SISTEMA ERTMS

3.- ACTORES QUE INTERVIENEN EN LA EJECUCIÓN Y PeS (I)

Internos de Adif:

- Dirección de Seguridad en la Circulación – SDSCAV
- Subdirección de Puesta en Servicio e Interoperabilidad
- Subdirección de Operaciones de Alta Velocidad. Dirección de Mantenimiento
- Subdirección de Coordinación de Gestión de Riesgos Operativos
- Subdirección de Programación de Instalaciones
- Subdirección de Telecomunicaciones
- Subdirección de Instalaciones

PROCESO DE PRUEBAS Y PeS SISTEMA ERTMS

3.- ACTORES QUE INTERVIENEN EN LA EJECUCIÓN Y PeS (II)

Externos a Adif:

- Empresa tecnológica suministradora del equipamiento
- Asistencia Técnica a la Dirección de Obra (ACO)
- Operadora
- Agencia Estatal de Seguridad Ferroviaria – Ministerio de Fomento
- Organismo Notificado (NoBo)
- Evaluador Independiente de Seguridad (ISA)
- Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria (CEDEX)

En total, se estiman **14 actores**, internos y externos de Adif, necesarios hasta completar el proceso de autorización de puesta en servicio del subsistema CMS. Recientemente se unirá la **Agencia de la Unión Europea para los Ferrocarriles (EUAR)**



RBC vs ENCE

Especificaciones	ENCE	RBC
Estabilidad	√	-
Número de equipos instalados	ENCE	RBC
Orden de magnitud	10 ²	10 ¹ (45)
Procesos de implementación	ENCE	RBC
Aplicación Genérica	√	√
Aplicación Específica	√	√
Pruebas en laboratorio	√	√
Pruebas estáticas en vía	√	√
Pruebas dinámicas en vía	-	√
ISA	√	√
NoBo	-	√

RBC vs ENCE

Pruebas en vía / correcciones	ENCE	RBC
Pruebas estáticas, internas tecnólogo y Adif	√	√
Corrección 0	-	-
Pruebas dinámicas en vía tecnólogo	-	√
Corrección 1	-	√
Pruebas dinámicas en vía Adif	-	√
Corrección 2	-	√
Pruebas fiabilidad	√	√
Pruebas compatibilidad tren/ruta	-	√
Corrección 3	-	√
Relación entre colaterales (interfaz serie o handover)	ENCE	RBC
Mismo tecnólogo	√	√
Diferente tecnólogo, mismo contrato	√	√
Diferente tecnólogo, diferente contrato	-	√

NECESIDAD DE PRUEBAS DINÁMICAS EN VÍA

La **experiencia** demuestra que todavía es inevitable la realización de pruebas en vía, además de porque el entorno real todavía es irreproducible en laboratorio, sobre todo porque se detectan errores que se podrían haber detectado en entornos de laboratorio.

La realización de diferentes tipos de pruebas no es posible con entornos de laboratorio, tales como:

- Pruebas con equipos reales (retardos, comportamiento no simulado, etc)
- Pruebas con LTVs
- Pruebas de situaciones degradadas de las instalaciones tanto de ERTMS como de Señalización.
- Puntos de parada
- Transiciones nominales y degradadas de nivel con diferentes equipos embarcados
- Transiciones asimétricas
- ...

NECESIDAD DE PRUEBAS DINÁMICAS EN VÍA

El objetivo final de las pruebas dinámicas en vía es tender a reducirlas al mínimo, ya que representan:

- Un coste (tren, maquinista, canon, personal de pruebas, personal que las organiza, tramos que se utilizan para pruebas que se estarían utilizando para Mantenimiento o Construcción)
- Un tiempo, crítico dentro de las actividades de PeS
- Una compleja organización y coordinación para realizarlas debido a todos los actores implicados

Se necesita para ello:

- Madurez de los sistemas
- Entornos de laboratorio del tecnólogo de acuerdo a los PPTP
- Pruebas cruzadas vía – tren en el laboratorio de interoperabilidad
- Confianza en los sistemas y en los procesos en base a la experiencia

DIFICULTADES ENCONTRADAS EN LA PeS

Técnicas (I)

- Perfeccionamiento de productos del tecnólogo según se desarrolla la obra
- Pruebas no ok / Incidencias / Observaciones:
 - Implementación del fabricante
 - Interpretación de las especificaciones
 - Compatibilidad / Indefinición de las especificaciones (p.e. curvas frenado)
- Elevados tiempos de corrección de las aplicaciones genéricas
- GSMR:
 - Complejidad en el análisis de incidencias, se necesitan registros RBC, registros EVC y mensajes intercambiados a través del GSMR, así como los retardos de cada sistema
 - Realización de productos genéricos de RBC y EVC que tengan en cuenta falta de disponibilidad del GMSR, sin que se vea disminuida la seguridad
 - Filtros en los EVCs que eviten interferencias con operadores

DIFICULTADES ENCONTRADAS EN LA PeS

Técnicas (II)

- Handover entre distintos tecnólogos en el mismo y en diferente contrato
- Interfaz ERTMS – ENCE (DAIs, DEIs, diferímetros/timers, proximidades)
- Transiciones de niveles ERTMS y con otros sistemas (ASFA, LZB)
- ERTMS en Líneas de 3 carriles, utilizando equipamiento común para los dos anchos
- LTVs:
 - Estáticas – Dinámicas – PK a PK, distinta granularidad N1 y N2
 - PCEs
 - Comunicación entre PCEs
- Operadores / Especificaciones / Tecnólogos:
 - Falta de homogeneidad en los equipos embarcados
 - Escasez de EVCs v2.3.0d o BSL 3 maduros

DIFICULTADES ENCONTRADAS EN LA PeS

Pruebas dinámicas en vía

- Disponibilidad de recursos, tramos de pruebas:
 - Material móvil / Maquinistas
 - Personal pruebas tecnólogo / Adif (se sigue contratando y no se acaba de PeS)
 - Tramo de pruebas (bien en Construcción bien en Mantenimiento)
- Complejidad organización (elevado número actores implicados)
- Tiempos de elaboración de Consignas de Pruebas

DIFICULTADES ENCONTRADAS EN LA PeS

Procesos de PeS

- Nuevos procedimientos de Gestión de Riesgos. Elevadas condiciones de uso y restricciones en las soluciones adoptadas por los tecnólogos
- Evolución de los procesos de PeS
- Complejidad en el caso particular de documentación de PeS de la migración de versiones. Evaluación de un sistema frente a la v2.3.0d con productos / sistemas instalados / implementados en una fase anterior a la v2.3.0d

Estratégicas

- ERTMS N1 con líneas contratadas con N1 y N2
- Puesta en servicio con ASFA en líneas contratadas sólo con N2

CONCLUSIONES



España es el **país de Europa con más km ERTMS puestos en servicio comercial**, con el **mérito** de superar dificultades muy importantes como comenzar a instalar el sistema ERTMS en su etapa más temprana y a la vez que evolucionan las especificaciones,

pero...

quedan todavía muchos km en fase de PeS:

- AV
- Convencional / Cercanías
- Líneas de tráfico mixto

CONCLUSIONES

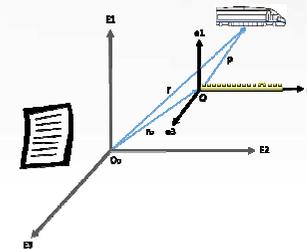
El sistema ERTMS es el sistema más complejo del subsistema CMS vía, ya que dispone del mayor nº de actividades necesarias para su PeS, tecnología dividida en vía y tren, especificaciones en evolución y productos inmaduros

- Necesidad de **especificaciones estables y productos maduros**

Líneas de trabajo: ERTMS Deployment Action Plan y MoU 2016

- **Esfuerzo para poner en servicio los km contratados**

Líneas de trabajo: Compromiso de todos los actores y calendarios realistas de PeS. Equipos especializados, estables y dimensionados



En España se ha realizado una **elevada inversión en una temprana etapa del sistema ERTMS:**

- Elevados costes repercutidos para Renfe y Adif, con inversión no puesta en valor
- Ha obligado a realizar, de momento, un proceso de migración de versiones, que llevará del orden 4-5 años para 991 km

Líneas de trabajo: Evitar otro proceso de migrac. de versiones, sería inviable, tanto por los km de Líneas en serv. com. como por no disponer de líneas con N1/N2

CONCLUSIONES

España es el **país donde más pruebas cruzadas** (6 tecnólogos diferentes entre vía y tren) **se han realizado**, identificando con ello la problemática asociada. El **siguiente reto** es superar los problemas para una Administración y dar el salto a los **corredores de mercancías**

Líneas de trabajo: Reforzar desde el sector el **presente** y, cuando esté consolidado, dedicar esfuerzos al futuro (N3, ATO, etc)



Los **tecnólogos** van disponiendo **cada vez de más experiencia**, con la consiguiente mejora en incidencias y tiempos de PeS.

Líneas de trabajo: Seguir con la evolución, así como trabajar en disminuir pruebas dinámicas en vía y realizar pruebas cruzadas en laboratorios de interoperabilidad

CONCLUSIONES

Aumento de tiempos de PeS debido a **nuevos requerimientos para pruebas dinámicas en vía** (Consignas de Pruebas, instalación de equipamiento necesario para pruebas)

Líneas de trabajo: Especialización del tecnólogo y Adif para habituarse a la nueva metodología de trabajo. “Sensibilización” de los tecnólogos de no exportar sistemáticamente condiciones de uso (CU) y restricciones de servicio (RS)

Los **usuarios finales, EF y AI, asumen tareas y responsabilidades que no les corresponden:**

- Pruebas de interoperabilidad. Deberían formar parte de la certif. de los equipos
- Aceptación de CU y RS que complican la explotación

Líneas de trabajo: Pruebas reales de interoperabilidad por parte de los tecnólogos. “Sensibilización” de los tecnólogos de no exportar sistemáticamente CU y RS

Necesidad de procesos de PeS estables

Líneas de trabajo: Normativa nacional estable, así como requerimientos de la EUAR similares a los actuales.



Gracias por su atención

Miguel Sardina Gonzalo

msardina@adif.es



Exp: PTR-2016-2017

