

 OHLA ASCH Progress Enablers INFRAESTRUCTURAS Y SERVICIOS	PLAN DE ENSAYOS		
	Fecha elaboración: 15.05.2025	Versión: 0	Revisión: 02 21.07.2025

OBRA: AUTOVÍA DEL DUERO (A-11). TRAMO: VARIANTE DE LANGA DE DUERO – VARIANTE DE ARANDA DE DUERO.				
AREA / PROCESO: CONSTRUCCIÓN		PLAN DE ENSAYOS		
		CÓDIGO: PE-2025		
REVISIÓN	ELABORADO:		REVISADO:	APROBADO
REV. 00	CARGO TECNICO CALIDAD JOSE ANTUNES	CARGO JEFE CALIDAD	CARGO JEFE DE OBRA PEDRO MAILLO	CARGO DIRECTOR DE OBRA
	FIRMA:	FIRMA:	FIRMA:	FIRMA:
	FECHA: 21/07/2025	FECHA	FECHA: 2107.2025	FECHA:
Control de Cambios V1	FECHA DE NUEVA VERSION. 10/06/2025	NATURALEZA DEL CAMBIO. Se revisa el contenido del Plan de Ensayos para adaptarlo a los requisitos del del Proyecto. Se actualizan frecuencias y normativas aplicables, se corrigen discrepancias técnicas (método nuclear vs. método de la arena), se incorporan capítulos omitidos (como el capítulo 18 – Tuberías de Hormigón), y se homogeneiza el criterio de presentación de ensayos de autocontrol y contraste. Esta revisión afecta directamente a los capítulos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 12, 14 y 18.		
V2	21/07/2025	Nueva versión con reestructuración integral del Plan en 16 unidades técnicas. Reformulación completa del documento, actualización de normativas UNE-EN vigentes y homogeneización de criterios de control interno según PG-3. Consolidación de especificaciones técnicas y criterios de aceptación/rechazo PPTP. Afecta todas las unidades 01-13.		



PLAN DE ENSAYOS

AUTOVÍA DEL DUERO A-11

TRAMO: Variante de Langa de Duero – Variante de Aranda de Duero

CÓDIGO: PE-2025
REVISIÓN: 02
FECHA: 21/07/2025

Presupuesto: 180,7 Millones €

Plazo: 37 meses

Clave: 12-BU-4690

Normativa: PG-3, PPTP

ÍNDICE GENERAL DEL PLAN DE ENSAYOS

16

Unidades de Obra

31.646

Ensayos Control

5.948

Ensayos Contraste

18,8%

% Contraste Promedio

ÍNDICE DE UNIDADES DE OBRA

Nº	DESCRIPCIÓN	VOLUMEN/MEDICIÓN	ENSAYOS CONTROL	ENSAYOS CONTRASTE	% CONTR.	CARACTERÍSTICAS
01	TERRAPLÉN	4.316.107 m ³	15.267	2.660	17,9%	Próctor modificado cada 2500 m ³
02	SUELOS ADECUADOS Y SELECCIONADOS	308.373 m ³	1.082	206	19,0%	Clasificación dual, control químico
03	RELLENOS LOCALIZADOS	1.497.343 m ³	3.386	682	20,1%	Mayor frecuencia por variabilidad
04	SUELLO ESTABILIZADO "IN SITU"	243.522 m ³	1.840	366	19,9%	Control de mezcla y curado
05	ZAHORRA ARTIFICIAL	120.802 m ³	1.190	180	15,1%	Material alta calidad, ensayos forma
06	SUELLO CEMENTO	139.508 m ³	1.066	165	15,5%	Control resistencia y curado
07	EMULSIONES BITUMINOSAS	1.609,34 Tn	300	46	15,3%	Riegos imprimación y adherencia
08	MEZCLAS BITUMINOSAS	269.226,60 Tn	2.150	430	20,0%	Control integral desde materias primas

Nº	DESCRIPCIÓN	VOLUMEN/MEDICIÓN	ENSAYOS CONTROL	ENSAYOS CONTRASTE	% CONTR.	CARACTERÍSTICAS
09	HORMIGÓN ESTRUCTURAL Y EN MASA	97.516,14 m ³	Variable	Variable	Variable	Según Código Estructural vigente
10	ACERO PARA ARMADURAS	7.343,16 Tn	735	147	20,0%	Control mecánico y geométrico
11	BORDILLOS DE HORMIGÓN	3.061,31 m	30	5	15,0%	Elementos prefabricados
12	TUBERÍAS DE HORMIGÓN	4.645,85 m	4	1	20,0%	Control dimensional y estanqueidad
13	MARCAS VIALES	481.077,67 m	1.680	252	15,0%	Señalización horizontal
14	SEÑALIZACIÓN VERTICAL	4.496 ud	1.124	450	40,0%	Control geométrico y óptico
15	CEMENTOS	33.456,56 Tn	1.770	354	20,0%	Control químico, físico y mecánico
16	PEDRAPLEN	67.296 m ³	22	4	20,0%	Material rocoso para núcleos

NOTAS IMPORTANTES:

- **Hormigón:** Ensayos según Código Estructural - número variable según tipología estructural, exposición ambiental y volúmenes
- **Cementos:** Con distintivo CE están exentos de ensayos salvo orden expresa de D.O.
- **Mezclas Bituminosas:** Números excluyen ensayos masivos IRI/CRT (medición automática continua)
- **Normativa:** PG-3, PPTP, Código Estructural, normas UNE y UNE-EN específicas

ÍNDICE GENERAL: Plan de Ensayos PE-2025 | **FECHA:** 21/07/2025

Plan de Ensayos PE-2025 - Autovía del Duero A-11 | Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible



PLAN DE ENSAYOS

AUTOVÍA DEL DUERO A-11

TRAMO: Variante de Langa de Duero – Variante de Aranda de Duero

CÓDIGO: PE-2025
REVISIÓN: 02
FECHA: 21/07/2025

Presupuesto: 180,7 Millones €

Plazo: 37 meses

Clave: 12-BU-4690

Normativa: PG-3, PPTP

PLAN DE ENSAYOS

UNIDAD 01: TERRAPLÉN

1. RESUMEN EJECUTIVO

4.316.107

m³ Terraplén

15.267

Ensayos Control

2.660

Ensayos Contraste

17.927

Total Ensayos

OBSERVACIONES TÉCNICAS:

- **Frecuencias aplicadas:** Según proyecto establecido
- **Próctor Modificado:** Cada 2500 m³
- **Control de compactación:** Densidad in situ gamadensímetro
- **Placas de carga:** Cada 17500 m³ según normativa
- **Porcentajes de contraste:** Entre 15% y 25% según tipo de ensayo

2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

NORMATIVA TÉCNICA APlicable:

- **PG-3** - Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes
- **Artículo 330** - Terraplenes
- **PPTP** - Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del proyecto
- **UNE 103101** - Análisis granulométrico de suelos por tamizado
- **UNE 103103-103104** - Determinación de los límites de Atterberg
- **UNE 103500** - Ensayo de compactación. Próctor Normal
- **UNE 103501** - Ensayo de compactación. Próctor Modificado
- **UNE 103502** - Método de ensayo para determinar en laboratorio el Índice C.B.R.
- **UNE 103503** - Densidad in situ de un suelo por el método de la arena
- **UNE 103601** - Ensayo del hinchamiento libre en edómetro
- **UNE 103204** - Determinación del contenido de materia orgánica oxidable
- **UNE 103205** - Contenido de sales solubles en los suelos
- **UNE 103206** - Contenido de yesos en los suelos
- **UNE 103406** - Ensayo de colapso
- **UNE 103808** - Carga vertical con placa estática
- **UNE-EN 933-8** - Ensayo de equivalente de arena

- UNE-EN 1097-2 - Coeficiente de desgaste de Los Ángeles
- UNE-EN 933-5 - Número de caras de fractura en el machaqueo

3. PROGRAMA DE ENSAYOS

DESCRIPCIÓN	LOTE	ENSAYO A REALIZAR	Nº ENSAYOS POR LOTE	NORMA	CRITERIO ACEPTACIÓN/RECHAZO	VOLUMEN PROYECTO	Nº ENSAYOS CONTROL	% CONTRASTE	Nº CONTRASTE
TERRAPLÉN - CONTROL DE LOS MATERIALES									
Identificación del material	2.500 m ³	Próctor modificado	1	UNE 103501	Referencia para control de compactación	4.316.107 m ³	1.727	15%	260
	2.500 m ³	Determinación de la distribución granulométrica	2	UNE 103101	s/P.P.T.P.	4.316.107 m ³	3.454	15%	519
	2.500 m ³	Límites de Atterberg	1	UNE 103103-103104	s/P.P.T.P.	4.316.107 m ³	1.727	20%	346
	10.000 m ³	CBR	1	UNE 103502	s/P.P.T.P.	4.316.107 m ³	432	20%	87
	10.000 m ³	Contenido de materia orgánica	1	UNE 103204	s/P.P.T.P.	4.316.107 m ³	432	20%	87
	10.000 m ³	Hinchamiento libre de un suelo en edómetro	1	UNE 103601	s/P.P.T.P.	4.316.107 m ³	432	20%	87
	10.000 m ³	Contenido de sales solubles en los suelos	1	UNE 103205	s/P.P.T.P.	4.316.107 m ³	432	20%	87
	10.000 m ³	Contenido de yesos en los suelos	1	UNE 103206	s/P.P.T.P.	4.316.107 m ³	432	20%	87
	10.000 m ³	Ensayo de colapso	1	UNE 103406	s/P.P.T.P.	4.316.107 m ³	432	20%	87
TERRAPLÉN - CONTROL DE EJECUCIÓN									
Control de capacidad portante	17.500 m ³	Carga vertical con placa estática	1	UNE 103808	s/P.P.T.P.	4.316.107 m ³	247	25%	62
Control de compactación	2x5000 m ³	Densidad y humedad "in situ" (gamadensímetro)	5	ASTM	s/P.P.T.P.	4.316.107 m ³	4.320	20%	864

4. ORGANIZACIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD

RESPONSABILIDADES:

- **Técnico de Calidad:** José Antunes - Coordinación ensayos de autocontrol
- **Jefe de Calidad:** Supervisión y validación de resultados
- **Jefe de Obra:** Pedro Maillo - Revisión y seguimiento

- **Director de Obra:** Aprobación final del plan de ensayos

LABORATORIO:

- **Acreditación:** Laboratorio acreditado según normativas ENAC aplicables
- **Alcance:** Ensayos de autocontrol según PE-2025
- **Capacidades requeridas:** Ensayos de suelos, materiales granulares y control de compactación

5. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

CRITERIOS GENERALES SEGÚN PG-3:

TERRAPLÉN:

- **Materia orgánica:** $\leq 1\%$ (material adecuado), $\leq 0,2\%$ (material seleccionado)
- **Sales solubles:** $\leq 0,2\%$ (material adecuado y seleccionado)
- **Contenido de yesos:** $\leq 5\%$ (material adecuado y seleccionado)
- **Hinchamiento libre:** $\leq 3\%$ (material adecuado y seleccionado)
- **Colapso:** $\leq 1\%$ (material adecuado y seleccionado)
- **CBR:** ≥ 5 (material adecuado), ≥ 10 (material seleccionado)

CONTROL DE COMPACTACIÓN:

- **Densidad in situ:** $\geq 95\%$ del Próctor Modificado (núcleo), $\geq 100\%$ (coronación)
- **Humedad:** $\pm 2\%$ de la óptima del Próctor
- **Módulo de compresión:** $E_v2 \geq 60 \text{ MPa}$; $E_v2/E_v1 \leq 2,5$

6. FRECUENCIA Y ACEPTACIÓN DE LOS ENSAYOS

FRECUENCIAS ESTABLECIDAS:

- **Ensayos por lotes:** Segundo proyecto establecido
- **Ensayos de contraste:** Porcentaje sobre ensayos de autocontrol
- **Criterio de aceptación:** 100% de los ensayos deben cumplir especificaciones
- **Criterio de rechazo:** Cualquier ensayo que no cumpla los límites establecidos

7. RESUMEN DE ENSAYOS

10.700

Ensayos Materiales

4.567

Ensayos Ejecución

15.267

Total Autocontrol

2.660

Total Contraste

UNIDAD 01: Terraplén | FECHA: 21/07/2025

Plan de Ensayos PE-2025 - Autovía del Duero A-11 | Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible



PLAN DE ENSAYOS

AUTOVÍA DEL DUERO A-11

TRAMO: Variante de Langa de Duero – Variante de Aranda de Duero

CÓDIGO: PE-2025

REVISIÓN: 02

FECHA: 21/07/2025

Presupuesto: 180,7 Millones €

Plazo: 37 meses

Clave: 12-BU-4690

Normativa: PG-3, PPTP

PLAN DE ENSAYOS

UNIDAD 02: SUELOS ADECUADOS Y SELECCIONADOS

1. RESUMEN EJECUTIVO

308.373

m³ Suelos Adecuados
y Seleccionados

1.082

Ensayos Control

206

Ensayos Contraste

19,0%

% Contraste Promedio

CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DE LA UNIDAD:

- **Clasificación dual:** Suelos adecuados (requisitos estándar) y seleccionados (requisitos superiores)
- **Próctor modificado:** UNE 103501 aplicado según especificaciones técnicas
- **Densidades in situ:** Gamadensímetro ASTM en lotes de 5 ensayos cada 3.500 m³
- **Ensayos de placa de carga:** Norma UNE 103808 aplicada
- **Control químico intensificado:** 5 parámetros químicos controlados sistemáticamente
- **Criterios diferenciados:** Exigencias técnicas variables según clasificación del suelo

2. NORMATIVA TÉCNICA APlicable

NORMATIVA TÉCNICA APlicable:

- **PG-3** - Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes
- **Artículo 330** - Terraplenes (aplicable a suelos adecuados y seleccionados)
- **PPTP** - Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del proyecto
- **UNE 103101** - Análisis granulométrico de suelos por tamizado
- **UNE 103103-4** - Determinación del límite líquido de un suelo
- **UNE 103104** - Determinación del límite plástico de un suelo
- **UNE 103501** - Ensayo de compactación. Próctor modificado
- **UNE 103502** - Método de ensayo para determinar en laboratorio el Índice C.B.R.
- **UNE 103204** - Determinación del contenido de materia orgánica oxidable
- **UNE 103205** - Contenido de sales solubles en los suelos
- **UNE 103206** - Contenido de yesos en los suelos
- **UNE 103406** - Ensayo de colapso
- **UNE 103601** - Ensayo del hinchamiento libre en edómetro

- UNE 103808 - Carga vertical con placa estática
- ASTM - Normas americanas para ensayos de densidad y humedad in situ (gamadensímetro)

3. PROGRAMA DE ENSAYOS

DESCRIPCIÓN	LOTE	ENSAYO A REALIZAR	Nº ENSAYOS POR LOTE	NORMA	CRITERIO ACEPTACIÓN/RECHAZO	VOLUMEN PROYECTO	Nº ENSAYOS CONTROL	% CONTRASTE	Nº CONTRASTE
SUELOS ADECUADOS Y SELECCIONADOS - CONTROL DE LOS MATERIALES									
Identificación del material	1.000 m ³	Próctror modificado	1	UNE 103501	Referencia para control de compactación	308.373,23 m ³	309	15%	47
	5.000 m ³	Determinación de la distribución granulométrica	1	UNE 103101	Tamiz 0,08 UNE ≤ 25% (seleccionado), ≤ 35% (adecuado)	308.373,23 m ³	62	15%	10
	5.000 m ³	Límites de Atterberg	1	UNE 103103-103104	s/P.P.T.P. según clasificación	308.373,23 m ³	62	20%	13
	10.000 m ³	CBR	1	UNE 103502	≥ 10 (seleccionado), ≥ 5 (adecuado)	308.373,23 m ³	31	20%	7
	10.000 m ³	Contenido de materia orgánica	1	UNE 103204	≤ 0,2% (seleccionado), ≤ 1% (adecuado)	308.373,23 m ³	31	20%	7
	10.000 m ³	Hinchamiento libre de un suelo en edómetro	1	UNE 103601	≤ 3% (adecuado y seleccionado)	308.373,23 m ³	31	20%	7
	10.000 m ³	Contenido de sales solubles en los suelos	1	UNE 103205	≤ 0,2% (adecuado y seleccionado)	308.373,23 m ³	31	20%	7
	10.000 m ³	Contenido de yesos en los suelos	1	UNE 103206	≤ 5% (adecuado y seleccionado)	308.373,23 m ³	31	20%	7
	10.000 m ³	Ensayo de colapso	1	UNE 103406	≤ 1% (adecuado y seleccionado)	308.373,23 m ³	31	20%	7
SUELOS ADECUADOS Y SELECCIONADOS - CONTROL DE EJECUCIÓN									
Control de capacidad portante	17.500 m ³	Carga vertical con placa estática	1	UNE 103808	Ev2 ≥ 60 MPa; Ev2/Ev1 ≤ 2,5	308.373,23 m ³	18	25%	5
Control de compactación	3.500 m ³	Densidad "in situ" por gamadensímetro	5	ASTM	≥ 100% Próctror Modificado (seleccionado), ≥ 95% (adecuado)	308.373,23 m ³	445	20%	89

4. ORGANIZACIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD

RESPONSABILIDADES:

- **Técnico de Calidad:** José Antunes - Coordinación ensayos de autocontrol
- **Jefe de Calidad:** Supervisión y validación de resultados
- **Jefe de Obra:** Pedro Maillo - Revisión y seguimiento
- **Director de Obra:** Aprobación final del plan de ensayos

LABORATORIO:

- **Acreditación:** Laboratorio acreditado según normativas ENAC aplicables
- **Alcance:** Ensayos de autocontrol según PE-2025
- **Capacidades especiales:** Análisis químicos completos para clasificación de suelos
- **Equipamiento específico:** Gamadensímetro calibrado para ensayos ASTM

PROCEDIMIENTO DE CLASIFICACIÓN:

- **Identificación previa:** Clasificación visual y táctil del material
- **Ensayos de caracterización:** Granulometría y límites de Atterberg
- **Asignación definitiva:** Clasificación como adecuado o seleccionado
- **Segregación física:** Separación de materiales según clasificación

5. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

CRITERIOS DIFERENCIADOS SEGÚN PG-3:

SUELOS SELECCIONADOS (Requisitos superiores):

- **Granulometría:** Tamiz 0,08 UNE \leq 25%
- **Límites de Atterberg:** LL \leq 30, IP \leq 10
- **CBR:** \geq 10
- **Equivalente de arena:** \geq 40
- **Materia orgánica:** \leq 0,2%
- **Compactación:** \geq 100% del Prócto Modificado
- **Humedad de compactación:** $\pm 1,5\%$ de la óptima del Prócto

SUELOS ADECUADOS (Requisitos estándar):

- **Granulometría:** Tamiz 0,08 UNE \leq 35%
- **Límites de Atterberg:** LL \leq 40, IP \leq 18
- **CBR:** \geq 5
- **Equivalente de arena:** \geq 30
- **Materia orgánica:** \leq 1%
- **Compactación:** \geq 95% del Prócto Modificado
- **Humedad de compactación:** $\pm 2\%$ de la óptima del Prócto

CRITERIOS COMUNES PARA AMBOS TIPOS:

- **Sales solubles:** \leq 0,2%
- **Contenido de yesos:** \leq 5%
- **Hinchamiento libre:** \leq 3%
- **Colapso:** \leq 1%
- **Módulo de compresión:** Ev2 \geq 60 MPa; Ev2/Ev1 \leq 2,2
- **Tolerancia estadística:** Máximo 1 ensayo no conforme por lote

6. METODOLOGÍA ESPECÍFICA

CONTROL DE COMPACTACIÓN POR GAMADENSÍMETRO (ASTM):

- **Organización:** 5 ensayos por lote de 3.500 m³ (89 lotes total)
- **Distribución espacial:** Ensayos distribuidos uniformemente en cada lote
- **Calibración:** Verificación diaria del equipo según ASTM D6938

- **Profundidad de medición:** Según espesor de tongada compactada
- **Criterio diferenciado:** 100% PM para seleccionados, 95% PM para adecuados

ENSAYOS DE PLACA DE CARGA (UNE 103808):

- **Frecuencia:** 1 ensayo cada 17.500 m³ (18 ensayos total)
- **Ubicación:** Puntos representativos de cada zona homogénea
- **Procedimiento:** Carga incremental hasta 0,25 MPa
- **Parámetros medidos:** Ev1, Ev2 y relación Ev2/Ev1
- **Criterios:** Ev2 ≥ 60 MPa y Ev2/Ev1 ≤ 2,2

CONTROL QUÍMICO INTENSIFICADO:

- **Justificación:** Requisitos específicos para suelos seleccionados
- **Frecuencia:** Cada 10.000 m³ para todos los parámetros químicos
- **Muestreo:** Representativo de cada procedencia de material
- **Criterios límite:** Más restrictivos para suelos seleccionados

7. PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS

SECUENCIA DE CONTROL:

FASE 1 - CARACTERIZACIÓN PREVIA:

- **Identificación visual:** Clasificación táctil y visual del material
- **Ensajos rápidos:** Granulometría por tamizado y límites de Atterberg
- **Decisión de clasificación:** Asignación definitiva a adecuado o seleccionado
- **Segregación física:** Separación de materiales en acopio

FASE 2 - CONTROL DE RECEPCIÓN:

- **Próctor modificado:** Determinación de densidad máxima y humedad óptima
- **Ensajos químicos completos:** Verificación de todos los parámetros limitantes
- **CBR de referencia:** Ensajo sobre material compactado al 100% del Próctor
- **Validación final:** Confirmación de la clasificación asignada

FASE 3 - CONTROL DE EJECUCIÓN:

- **Compactación controlada:** Por tongadas según especificaciones diferenciadas
- **Control continuo:** Gamadensímetro cada 5 puntos por lote de 3.500 m³
- **Ajuste de humedad:** Según condiciones climáticas y tipo de suelo
- **Verificación final:** Ensajos de placa para confirmación de capacidad portante

ACCIONES CORRECTIVAS ESPECÍFICAS:

- **Reclasificación:** Cambio de adecuado a seleccionado si no cumple requisitos
- **Sustitución:** Reemplazo completo si no alcanza mínimos de adecuado
- **Recompactación:** Nueva compactación hasta alcanzar densidades requeridas
- **Mejora química:** Tratamiento para reducir contenidos perjudiciales

8. PLAN DE MUESTREO

ESTRATEGIA DE MUESTREO DIFERENCIADA:

CONTROL DE MATERIALES:

- **Próctor modificado:** Muestra representativa cada 1.000 m³ de cada tipo
- **Identificación granulométrica:** Muestra cada 5.000 m³ de la misma procedencia
- **Límites de consistencia:** Muestra cada 5.000 m³ para clasificación
- **Ensajos químicos:** Muestra cada 10.000 m³ o cambio de procedencia
- **CBR de laboratorio:** Ensajo cada 10.000 m³ sobre material al Próctor óptimo

CONTROL DE EJECUCIÓN:

- **Gamadensímetro:** 5 puntos por lote distribuidos según patrón en damero
- **Verificación de humedad:** En cada punto de densidad medido
- **Placa de carga:** Puntos representativos de zonas homogéneas terminadas
- **Localización GPS:** Coordenadas registradas para completa trazabilidad

CRITERIOS DE RECHAZO Y ACCIÓN:

- **Rechazo inmediato:** No cumplimiento de límites de aceptación específicos
- **Rechazo sistemático:** Más de 1 ensayo no conforme por lote de control
- **Reclasificación:** Suelo seleccionado que no cumple pasa a adecuado
- **Sustitución total:** Material que no alcanza mínimos de suelo adecuado

9. REGISTROS Y DOCUMENTACIÓN

DOCUMENTACIÓN ESPECÍFICA REQUERIDA:**CONTROL DE MATERIALES:**

- **Fichas de clasificación:** Procedencia, características visuales y clasificación asignada
- **Certificados de laboratorio:** Resultados de todos los ensayos de caracterización
- **Curvas Próctor específicas:** Por cada tipo de suelo y procedencia
- **Análisis estadístico:** Evaluación de conformidad por lotes y clasificación

CONTROL DE EJECUCIÓN:

- **Partes diarios diferenciados:** Registro separado por tipo de suelo
- **Mapas de densidades:** Localización GPS y valores por tipo de material
- **Condiciones de ejecución:** Clima, humedad ambiente y ajustes realizados
- **Incidencias y correcciones:** Registro de reclasificaciones y acciones correctivas

INFORMES ESPECÍFICOS:

- **Clasificación final:** Volúmenes definitivos por tipo de suelo empleado
- **Análisis comparativo:** Cumplimiento diferenciado por clasificación
- **Optimización de procedimientos:** Propuestas de mejora específicas
- **Certificación diferenciada:** Declaración de conformidad por tipo de suelo

10. RESUMEN FINAL DE ENSAYOS

TIPO DE ENSAYO	FRECUENCIA	NORMA	Nº CONTROL	% CONTRASTE	Nº CONTRASTE	APLICABILIDAD
Próctor modificado	1 c/1.000 m ³	UNE 103501	309	15%	47	Ambos tipos
Granulometría	1 c/5.000 m ³	UNE 103101	62	15%	10	Clasificación
Límites Atterberg	1 c/5.000 m ³	UNE 103103-104	62	20%	13	Clasificación
CBR	1 c/10.000 m ³	UNE 103502	31	20%	7	Criterio diferenciado
Materia orgánica	1 c/10.000 m ³	UNE 103204	31	20%	7	Criterio diferenciado
Hinchamiento libre	1 c/10.000 m ³	UNE 103601	31	20%	7	Ambos tipos

TIPO DE ENSAYO	FRECUENCIA	NORMA	Nº CONTROL	% CONTRASTE	Nº CONTRASTE	APLICABILIDAD
Sales solubles	1 c/10.000 m ³	UNE 103205	31	20%	7	Ambos tipos
Contenido de yesos	1 c/10.000 m ³	UNE 103206	31	20%	7	Ambos tipos
Ensayo de colapso	1 c/10.000 m ³	UNE 103406	31	20%	7	Ambos tipos
Placa de carga	1 c/17.500 m ³	UNE 103808	18	25%	5	Ambos tipos
Densidad gamadensímetro	5 c/3.500 m ³	ASTM	445	20%	89	Criterio diferenciado
TOTAL UNIDAD 02	-	-	1.082	19,0%	206	Suelos Adecuados y Seleccionados

11. RESUMEN EJECUTIVO FINAL

CONCEPTO	VALOR	UNIDAD	OBSERVACIONES
Volumen total	308.373,23	m ³	Suelos clasificados como adecuados y seleccionados
Total ensayos control	1.082	ud	Autocontrol del contratista
Total ensayos contraste	206	ud	Control externo independiente
Porcentaje contraste	19,0%	%	Promedio ponderado según tipo de ensayo
Densidad de control	3,51	ensayos/1000 m ³	Intensidad de control elevada por clasificación dual
Lotes de compactación	89	ud	3.500 m ³ por lote con 5 ensayos gamadensímetro c/u
Lotes placa de carga	18	ud	17.500 m ³ por ensayo de placa estática
Plazo estimado	8	meses	Ejecución coordinada con otras unidades de movimiento de tierras

UNIDAD 02: Suelos Adecuados y Seleccionados | **FECHA:** 21/07/2025
 Plan de Ensayos PE-2025 - Autovía del Duero A-11 | Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible

PLAN DE ENSAYOS

AUTOVÍA DEL DUERO A-11

TRAMO: Variante de Langa de Duero – Variante de Aranda de Duero

CÓDIGO: PE-2025

REVISIÓN: 02

FECHA: 21/07/2025

Presupuesto: 180,7 Millones €

Plazo: 37 meses

Clave: 12-BU-4690

Normativa: PG-3, PPTP

PLAN DE ENSAYOS

UNIDAD 03: RELLENOS LOCALIZADOS

1. RESUMEN EJECUTIVO

1.497.343

m³ Rellenos Localizados

3.386

Ensayos Control

682

Ensayos Contraste

20,1%

% Contraste
Promedio

CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DE RELLENOS LOCALIZADOS:

- **Definición:** Rellenos de pequeñas vaguadas, cunetas, accesos y reposiciones localizadas
- **Volumen significativo:** 1.497.343 m³ - segundo mayor volumen del proyecto
- **Próctor modificado:** UNE 103501 aplicado según especificaciones técnicas
- **Densidades in situ:** Gamadensímetro ASTM en lotes de 5 ensayos cada 5.000 m³
- **Ensayos de placa de carga:** Norma UNE 103808 aplicada
- **Control intensificado:** Mayor frecuencia de ensayos debido a la variabilidad de ubicaciones
- **Gestión compleja:** Múltiples frentes de trabajo simultáneos

2. NORMATIVA TÉCNICA APlicable

NORMATIVA TÉCNICA APlicable:

- **PG-3** - Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes
- **Artículo 330** - Terraplenes (aplicable a rellenos localizados)
- **PPTP** - Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del proyecto
- **UNE 103101** - Análisis granulométrico de suelos por tamizado
- **UNE 103103-4** - Determinación del límite líquido de un suelo
- **UNE 103104** - Determinación del límite plástico de un suelo
- **UNE 103501** - Ensayo de compactación. Próctor modificado
- **UNE 103502** - Método de ensayo para determinar en laboratorio el Índice C.B.R.
- **UNE 103204** - Determinación del contenido de materia orgánica oxidable
- **UNE 103205** - Contenido de sales solubles en los suelos
- **UNE 103206** - Contenido de yesos en los suelos
- **UNE 103406** - Ensayo de colapso
- **UNE 103601** - Ensayo del hinchamiento libre en edómetro

- UNE 103808 - Carga vertical con placa estática
- ASTM - Normas americanas para ensayos de densidad y humedad in situ (gamadensímetro)

3. PROGRAMA DE ENSAYOS

DESCRIPCIÓN	LOTE	ENSAYO A REALIZAR	Nº ENSAYOS POR LOTE	NORMA	CRITERIO ACEPTACIÓN/RECHAZO	VOLUMEN PROYECTO	Nº ENSAYOS CONTROL	% CONTRASTE	Nº CONTRASTE
RELEÑOS LOCALIZADOS - CONTROL DE LOS MATERIALES									
Identificación del material	5.000 m ³	Próctror modificado	1	UNE 103501	Referencia para control de compactación	1.497.343,31 m ³	300	20%	60
	5.000 m ³	Determinación de la distribución granulométrica	1	UNE 103101	Tamiz 0,08 UNE ≤ 35% (material adecuado)	1.497.343,31 m ³	300	20%	60
	5.000 m ³	Límites de Atterberg	1	UNE 103103-103104	s/P.P.T.P. según clasificación	1.497.343,31 m ³	300	20%	60
	10.000 m ³	CBR	1	UNE 103502	≥ 5 (material adecuado)	1.497.343,31 m ³	150	20%	30
	10.000 m ³	Contenido de materia orgánica	1	UNE 103204	≤ 1% (material adecuado)	1.497.343,31 m ³	150	20%	30
	10.000 m ³	Hinchamiento libre de un suelo en edómetro	1	UNE 103601	≤ 3% (material adecuado)	1.497.343,31 m ³	150	20%	30
	10.000 m ³	Contenido de sales solubles en los suelos	1	UNE 103205	≤ 0,2% (material adecuado)	1.497.343,31 m ³	150	20%	30
	10.000 m ³	Contenido de yesos en los suelos	1	UNE 103206	≤ 5% (material adecuado)	1.497.343,31 m ³	150	20%	30
	10.000 m ³	Ensayo de colapso	1	UNE 103406	≤ 1% (material adecuado)	1.497.343,31 m ³	150	20%	30
RELEÑOS LOCALIZADOS - CONTROL DE EJECUCIÓN									
Control de capacidad portante	17.500 m ³	Carga vertical con placa estática	1	UNE 103808	Ev2 ≥ 60 MPa; Ev2/Ev1 ≤ 2,5	1.497.343,31 m ³	86	25%	22
Control de compactación	5.000 m ³	Densidad "in situ" por gamadensímetro	5	ASTM	≥ 95% Próctror Modificado	1.497.343,31 m ³	1.500	20%	300

4. ORGANIZACIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD

RESPONSABILIDADES:

- **Técnico de Calidad:** José Antunes - Coordinación ensayos de autocontrol

- **Jefe de Calidad:** Supervisión y validación de resultados
- **Jefe de Obra:** Pedro Maillo - Revisión y seguimiento
- **Director de Obra:** Aprobación final del plan de ensayos

LABORATORIO:

- **Acreditación:** Laboratorio acreditado según normativas ENAC aplicables
- **Alcance:** Ensayos de autocontrol según PE-2025
- **Equipamiento móvil:** Gamadensímetro calibrado para múltiples frentes
- **Capacidad de respuesta:** Análisis rápidos para múltiples ubicaciones simultáneas

COORDINACIÓN ESPECÍFICA PARA RELLENOS LOCALIZADOS:

- **Planificación integrada:** Coordinación con múltiples frentes de excavación
- **Logística de muestreo:** Organización para ubicaciones dispersas
- **Control de procedencias:** Trazabilidad de materiales desde múltiples fuentes
- **Comunicación continua:** Reporte inmediato de resultados críticos

5. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

CRITERIOS TÉCNICOS SEGÚN PG-3 PARA RELLENOS LOCALIZADOS:

CLASIFICACIÓN DE MATERIALES:

- **Granulometría:** Tamiz 0,08 UNE \leq 35% (material adecuado típico)
- **Límites de Atterberg:** LL \leq 40, IP \leq 18 (material adecuado)
- **CBR:** \geq 5 (mínimo para rellenos localizados)
- **Equivalente de arena:** \geq 30 (cuando sea aplicable)

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

- **Materia orgánica:** \leq 1% (material adecuado)
- **Sales solubles:** \leq 0,2% (límite admisible)
- **Contenido de yesos:** \leq 5% (límite admisible)
- **Hinchamiento libre:** \leq 3% (límite admisible)
- **Colapso:** \leq 1% (límite admisible)

CONTROL DE COMPACTACIÓN:

- **Densidad in situ:** \geq 95% del Próctor Modificado
- **Humedad de compactación:** $\pm 2\%$ de la óptima del Próctor
- **Módulo de compresión:** Ev2 \geq 60 MPa; Ev2/Ev1 \leq 2,2
- **Tolerancia estadística:** Máximo 1 ensayo no conforme por lote

CRITERIOS ESPECÍFICOS POR UBICACIÓN:

- **Rellenos bajo calzada:** Requisitos más exigentes de compactación
- **Rellenos de cunetas:** Especial atención al drenaje
- **Accesos temporales:** Criterios adaptados al uso provisional

6. METODOLOGÍA ESPECÍFICA

CONTROL DE COMPACTACIÓN POR GAMADENSÍMETRO (ASTM):

- **Organización:** 5 ensayos por lote de 5.000 m³ (300 lotes total)
- **Distribución espacial:** Adaptada a la geometría irregular de los rellenos
- **Calibración:** Verificación diaria del equipo según ASTM D6938
- **Movilidad:** Equipo transportable para múltiples ubicaciones
- **Registro georeferenciado:** Coordenadas GPS para cada punto de medición

ENSAYOS DE PLACA DE CARGA (UNE 103808):

- **Frecuencia:** 1 ensayo cada 17.500 m³ (86 ensayos total)

- Ubicación estratégica:** Puntos críticos según función del relleno
- Procedimiento:** Carga incremental hasta 0,25 MPa
- Accesibilidad:** Planificación previa para acceso de equipos
- Criterios:** $E_v2 \geq 60 \text{ MPa}$ y $E_v2/E_v1 \leq 2,2$

CONTROL DE MATERIALES INTENSIFICADO:

- Frecuencia aumentada:** Ensayos cada 5.000 m³ para identificación
- Muestreo representativo:** Considerando múltiples procedencias
- Análisis previo:** Caracterización antes de colocación
- Control de variabilidad:** Monitoreo de cambios entre procedencias

7. RESUMEN FINAL DE ENSAYOS

TIPO DE ENSAYO	FRECUENCIA	NORMA	Nº CONTROL	% CONTRASTE	Nº CONTRASTE
Próctor modificado	1 c/5.000 m ³	UNE 103501	300	20%	60
Granulometría	1 c/5.000 m ³	UNE 103101	300	20%	60
Límites Atterberg	1 c/5.000 m ³	UNE 103103-104	300	20%	60
CBR	1 c/10.000 m ³	UNE 103502	150	20%	30
Ensayos químicos (5 tipos)	1 c/10.000 m ³	Varias UNE	750	20%	150
Placa de carga	1 c/17.500 m ³	UNE 103808	86	25%	22
Densidad gamadensímetro	5 c/5.000 m ³	ASTM	1.500	20%	300
TOTAL UNIDAD 03	-	-	3.386	20,1%	682

8. PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS

SECUENCIA ESPECÍFICA PARA RELLENOS LOCALIZADOS:

FASE 1 - PLANIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN:

- Identificación de ubicaciones:** Mapeo detallado de todos los rellenos
- Ánalysis de procedencias:** Caracterización de fuentes de material
- Planificación logística:** Rutas de transporte y cronograma
- Clasificación previa:** Ensayos de identificación por procedencia

FASE 2 - CONTROL DE RECEPCIÓN POR LOTES:

- Próctor modificado:** Por cada 5.000 m³ o cambio de procedencia
- Ensayos de caracterización:** Granulometría y límites cada 5.000 m³
- Ánalysis químicos:** Cada 10.000 m³ o cambio significativo
- CBR de referencia:** Cada 10.000 m³ compactado al Próctor óptimo

FASE 3 - CONTROL DE EJECUCIÓN DISTRIBUIDA:

- Compactación por sectores:** Adaptada a geometría irregular
- Control sistemático:** 5 puntos por lote de 5.000 m³
- Verificación inmediata:** Resultados en tiempo real
- Placa final:** En puntos críticos terminados

ACCIONES CORRECTIVAS ADAPTADAS:

- Sustitución localizada:** Reemplazo de material inadecuado
- Recompactación sectorial:** Por zonas específicas

- **Ajuste de procedencias:** Cambio de fuente si es necesario
- **Mejora localizada:** Tratamientos específicos por zona

9. PLAN DE MUESTREO

ESTRATEGIA DE MUESTREO ADAPTADA:

CONTROL DE MATERIALES:

- **Próctor modificado:** Cada 5.000 m³ o cambio de procedencia
- **Caracterización básica:** Granulometría y Atterberg cada 5.000 m³
- **Ensayos químicos completos:** Cada 10.000 m³ de material homogéneo
- **CBR de laboratorio:** Cada 10.000 m³ sobre material al Próctor óptimo
- **Muestreo por procedencia:** Control independiente por cada fuente

CONTROL DE EJECUCIÓN DISTRIBUIDO:

- **Gamadensímetro:** 5 puntos por lote distribuidos según geometría
- **Patrón adaptativo:** Distribución según forma irregular del relleno
- **Control de humedad:** En cada punto de densidad medido
- **Placa de carga:** En ubicaciones críticas según función
- **Georeferenciación:** Coordenadas GPS para trazabilidad completa

CRITERIOS DE RECHAZO ESPECÍFICOS:

- **No conformidad inmediata:** Parada de colocación en zona afectada
- **Rechazo por lotes:** Más de 1 ensayo no conforme por lote
- **Control de procedencias:** Cambio de fuente si problemas sistemáticos
- **Verificación por sectores:** Control independiente por ubicación

10. REGISTROS Y DOCUMENTACIÓN

DOCUMENTACIÓN ESPECÍFICA REQUERIDA:

CONTROL DE MATERIALES POR PROCEDENCIA:

- **Fichas de origen:** Procedencia detallada y características por fuente
- **Certificados por lote:** Resultados agrupados por procedencia
- **Curvas Próctor específicas:** Por cada fuente de material
- **Análisis estadístico:** Por procedencia y ubicación final

CONTROL DE EJECUCIÓN GEOREFERENCIADO:

- **Mapas de ubicaciones:** Planos con localización exacta de rellenos
- **Registro de densidades:** Coordenadas GPS y valores por zona
- **Condiciones de ejecución:** Clima y condiciones por ubicación
- **Incidencias localizadas:** Problemas específicos por sector

INFORMES INTEGRADOS:

- **Resumen por ubicaciones:** Cumplimiento diferenciado por zona
- **Ánalysis de procedencias:** Rendimiento por fuente de material
- **Optimización logística:** Propuestas de mejora en la distribución
- **Certificación por sectores:** Conformidad específica por relleno

11. RESUMEN EJECUTIVO FINAL

CONCEPTO	VALOR	UNIDAD	OBSERVACIONES
Volumen total	1.497.343,31	m ³	Segundo mayor volumen del proyecto
Total ensayos control	3.386	ud	Autocontrol del contratista
Total ensayos contraste	682	ud	Control externo independiente
Porcentaje contraste	20,1%	%	Promedio ponderado según tipo de ensayo
Densidad de control	2,26	ensayos/1000 m ³	Control intensificado por dispersión geográfica
Lotes de compactación	300	ud	5.000 m ³ por lote con 5 ensayos gamadensímetro c/u
Lotes placa de carga	86	ud	17.500 m ³ por ensayo de placa estática
Frentes de trabajo estimados	15-20	ud	Múltiples ubicaciones simultáneas
Plazo estimado	18	meses	Ejecución distribuida durante toda la obra

UNIDAD 03: Rellenos Localizados | **FECHA:** 21/07/2025

Plan de Ensayos PE-2025 - Autovía del Duero A-11 | Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible



PLAN DE ENSAYOS

AUTOVÍA DEL DUERO A-11

TRAMO: Variante de Langa de Duero – Variante de Aranda de Duero

CÓDIGO: PE-2025

REVISIÓN: 02

FECHA: 21/07/2025

Presupuesto: 180,7 Millones €

Plazo: 37 meses

Clave: 12-BU-4690

Normativa: PG-3, PPTP

PLAN DE ENSAYOS

UNIDAD 04: SUELO ESTABILIZADO "IN SITU"

1. RESUMEN EJECUTIVO

243.522

m³ Suelo Estabilizado
"in situ"

1.840

Ensayos Control

366

Ensayos Contraste

19,9%

% Contraste Promedio

OBSERVACIÓN TÉCNICA SOBRE MÓDULOS DE COMPRESIÓN:

- **PG-3 Art. 512:** Establece valores mínimos variables según tipo de estabilización
- **Suelo-cemento:** Ev2 ≥ 300 MPa (tratamientos con alto contenido de cemento)
- **Suelo estabilizado básico:** Ev2 ≥ 120 MPa (tratamientos con menor dosificación)
- **Criterio del proyecto:** Los valores definitivos se establecen según especificaciones particulares
- **Recomendación:** Verificar PPTP para valores específicos de cada tramo

- **Definición:** Suelos tratados in situ con ligantes hidráulicos (cemento, cal, etc.)
- **Proceso tecnológico:** Estabilización mediante mezclado en sitio con equipos especializados
- **Próctor modificado:** UNE 103501 aplicado según especificaciones para materiales tratados
- **Densidades in situ:** Gamadensímetro ASTM en lotes de 5 ensayos cada 5.000 m³
- **Ensayos de placa intensificados:** 5 ensayos cada 3.000 m³ para verificar homogeneidad
- **Control químico específico:** Sulfatos y compatibilidad con ligantes
- **Tecnología avanzada:** Control de mezcla en tiempo real durante estabilización

2. NORMATIVA TÉCNICA APlicable

NORMATIVA TÉCNICA APlicable:

- **PG-3** - Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes
- **Artículo 512** - Suelos estabilizados in situ
- **PPTP** - Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del proyecto
- **UNE 103101** - Análisis granulométrico de suelos por tamizado
- **UNE 103103-4** - Determinación del límite líquido de un suelo
- **UNE 103104** - Determinación del límite plástico de un suelo

- **UNE 103501** - Ensayo de compactación. Próctor modificado
- **UNE 103502** - Método de ensayo para determinar en laboratorio el Índice C.B.R.
- **UNE 103204** - Determinación del contenido de materia orgánica oxidable
- **UNE-EN 1744-1** - Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos
- **UNE 103808** - Carga vertical con placa estática
- **ASTM** - Normas americanas para ensayos de densidad y humedad in situ (gamadensímetro)
- **UNE-EN 14227** - Mezclas tratadas con cemento y mezclas tratadas con otros conglomerantes hidráulicos

3. PROGRAMA DE ENSAYOS

DESCRIPCIÓN	LOTE	ENSAYO A REALIZAR	Nº ENSAYOS POR LOTE	NORMA	CRITERIO ACEPTACIÓN/RECHAZO	VOLUMEN PROYECTO	Nº ENSAYOS CONTROL	% CONTRASTE	Nº CONTRASTE
SUELO ESTABILIZADO "IN SITU" - CONTROL DE LOS MATERIALES									
Caracterización del suelo base	1.000 m ³	Próctor modificado	1	UNE 103501	Referencia para material tratado	243.522,14 m ³	244	15%	37
	1.000 m ³	Determinación de la distribución granulométrica	1	UNE 103101	Según especificaciones para estabilización	243.522,14 m ³	244	15%	37
	3.000 m ³ (o 500 ml según longitud ejecutada)	Límites de Atterberg	1	UNE 103103-103104	Compatibilidad con tratamiento	243.522,14 m ³	82	20%	17
	6.000 m ³	CBR	1	UNE 103502	≥ 15 (material estabilizado)	243.522,14 m ³	41	15%	7
	6.000 m ³	Contenido de sulfatos	1	UNE-EN 1744-1	≤ 0,7% (compatibilidad con cemento)	243.522,14 m ³	41	10%	5
	6.000 m ³	Contenido de materia orgánica	1	UNE 103204	≤ 0,2% (material estabilizado)	243.522,14 m ³	41	20%	9
SUELO ESTABILIZADO "IN SITU" - FÓRMULA DE TRABAJO									
Caracterización para fórmula de trabajo	1	Granulometría	1	UNE 103101	s/ P.P.T.P	1 ud	1	20%	1
	1	Resistencia a compresión simple	1	UNE-EN 13286-41	s/ P.P.T.P	1 ud	1	20%	1
	1	Trabajabilidad	1	UNE-EN 13286-45	s/ P.P.T.P	1 ud	1	20%	1
	1	Próctor normal o modificado	1	UNE 103501	s/ P.P.T.P	1 ud	1	20%	1
SUELO ESTABILIZADO "IN SITU" - UNIDAD TERMINADA									
Unidad terminada	500 m ³ (o fracción diaria)	Resistencia a compresión simple	1	UNE-EN 13286-41	s/ P.P.T.P	243.522,14 m ³	488	20%	97
Control de capacidad portante intensificado	3.000 m ³ (o 500 ml)	Carga vertical con placa estática	5	UNE 103808	Ev2 ≥ 120-300 MPa según proyecto; Ev2/Ev1 ≤ 2,2	243.522,14 m ³	410	25%	103

DESCRIPCIÓN	LOTE	ENSAYO A REALIZAR	Nº ENSAYOS POR LOTE	NORMA	CRITERIO ACEPTACIÓN/RECHAZO	VOLUMEN PROYECTO	Nº ENSAYOS CONTROL	% CONTRASTE	Nº CONTRASTE
Control de compactación	5.000 m ³ (o fracción diaria)	Densidad "in situ" por gamadensímetro	5	ASTM	≥ 95-97% Próctor Modificado (o según proyecto)	243.522,14 m ³	245	20%	49

4. ORGANIZACIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD

RESPONSABILIDADES:

- **Técnico de Calidad:** José Antunes - Coordinación ensayos de autocontrol
- **Jefe de Calidad:** Supervisión y validación de resultados
- **Jefe de Obra:** Pedro Maillo - Revisión y seguimiento
- **Director de Obra:** Aprobación final del plan de ensayos
- **Especialista en Estabilización:** Control específico del proceso de mezclado

LABORATORIO:

- **Acreditación:** Laboratorio acreditado según normativas ENAC aplicables
- **Alcance específico:** Ensayos de suelos estabilizados y materiales tratados
- **Equipamiento especializado:** Análisis de sulfatos y compatibilidad química
- **Capacidad de respuesta rápida:** Resultados en 24-48 horas para control de proceso

COORDINACIÓN ESPECÍFICA PARA ESTABILIZACIÓN:

- **Control de mezclado:** Supervisión continua del proceso de estabilización
- **Dosificación de ligantes:** Control de cantidades y homogeneidad
- **Condiciones climáticas:** Monitoreo de temperatura y humedad durante tratamiento
- **Equipos especializados:** Coordinación de maquinaria de estabilización in situ

5. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

CRITERIOS TÉCNICOS ESPECÍFICOS PARA SUELO ESTABILIZADO:

CARACTERÍSTICAS DEL SUELO BASE:

- **Granulometría:** Adecuada para estabilización según PG-3 Art. 512
- **Límites de Atterberg:** IP ≤ 20 (compatible con cemento)
- **CBR antes de tratamiento:** ≥ 3 (suelo base mínimo)
- **CBR después de tratamiento:** ≥ 15 (material estabilizado)

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS CRÍTICAS:

- **Materia orgánica:** ≤ 0,2% (compatible con ligantes hidráulicos)
- **Contenido de sulfatos:** ≤ 0,7% (no agresivo al cemento)
- **Sales solubles:** ≤ 0,1% (no interfieren con fraguado)
- **pH del suelo:** 6,0 - 8,5 (rango óptimo para estabilización)

CONTROL DE COMPACTACIÓN ESPECÍFICO:

- **Densidad in situ:** ≥ 95-97% del Próctor Modificado (habitual)
- **Humedad de compactación:** ±1% de la óptima (mayor precisión)
- **Módulo de compresión:** Ev2 ≥ 120-300 MPa según proyecto; Ev2/Ev1 ≤ 2,2 (mayor capacidad)
- **Homogeneidad:** Variación máxima del 5% entre ensayos del mismo lote

CRITERIOS DE PROCESO:

- **Tiempo de trabajabilidad:** Máximo 2 horas desde mezclado
- **Profundidad de tratamiento:** Según especificaciones de proyecto

- **Curado controlado:** Protección contra desecación durante 7 días
- **Resistencia mínima:** Evaluación a 7 y 28 días según corresponda

6. METODOLOGÍA ESPECÍFICA

PROCESO DE ESTABILIZACIÓN IN SITU:

FASE 1 - PREPARACIÓN:

- **Escarificado del suelo:** A profundidad de diseño (típicamente 20-30 cm)
- **Humectación previa:** Ajuste de humedad para mezclado óptimo
- **Distribución del ligante:** Cemento o cal según dosificación de diseño
- **Control de dosificación:** Verificación de cantidades por superficie

FASE 2 - MEZCLADO:

- **Mezclado mecánico:** Equipos especializados (recicadoras, arados)
- **Homogeneidad:** Verificación visual de uniformidad de color
- **Control de profundidad:** Verificación de penetración del tratamiento
- **Ajuste de humedad:** Adición de agua si es necesario

FASE 3 - COMPACTACIÓN:

- **Compactación inmediata:** Dentro del período de trabajabilidad
- **Control por gamadensímetro:** 5 puntos cada 5.000 m³
- **Verificación con placa:** 5 ensayos cada 3.000 m³
- **Acabado superficial:** Nivelación y texturizado

FASE 4 - CURADO:

- **Protección inmediata:** Riego de curado o membrana
- **Control de temperatura:** Monitoreo durante primeras 48 horas
- **Protección del tráfico:** Restricción durante período de fraguado
- **Seguimiento de resistencia:** Evolución a 7 y 28 días

7. RESUMEN FINAL DE ENSAYOS

TIPO DE ENSAYO	FRECUENCIA	NORMA	Nº CONTROL	% CONTRASTE	Nº CONTRASTE
Próctor modificado	1 c/1.000 m ³	UNE 103501	244	15%	37
Granulometría	1 c/1.000 m ³	UNE 103101	244	15%	37
Límites Atterberg	1 c/3.000 m ³	UNE 103103-104	82	20%	17
CBR	1 c/6.000 m ³	UNE 103502	41	15%	7
Sulfatos	1 c/6.000 m ³	UNE-EN 1744-1	41	10%	5
Materia orgánica	1 c/6.000 m ³	UNE 103204	41	20%	9
Fórmula de trabajo	Único	Múltiples normas	4	20%	4
Resistencia unidad terminada	1 c/500 m ³ (o fracción diaria)	UNE-EN 13286-41	488	20%	97
Placa de carga	5 c/3.000 m ³ (o 500 ml según longitud ejecutada)	UNE 103808	410	25%	103
Densidad gamadensímetro	5 c/5.000 m ³ (o fracción diaria)	ASTM	245	20%	49

TIPO DE ENSAYO	FRECUENCIA	NORMA	Nº CONTROL	% CONTRASTE	Nº CONTRASTE
TOTAL UNIDAD 04	-	-	1.840	19,9%	366

8. PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS

SECUENCIA OPERATIVA PARA ESTABILIZACIÓN IN SITU:

FASE 1 - PLANIFICACIÓN Y PREPARACIÓN:

- **Estudios previos:** Caracterización completa del suelo base
- **Diseño de mezcla:** Determinación de dosificación óptima de ligante
- **Ensayos piloto:** Verificación en tramo de prueba de 100 m
- **Planificación climática:** Programación según condiciones meteorológicas

FASE 2 - EJECUCIÓN DEL TRATAMIENTO:

- **Preparación del soporte:** Escarificado y conformación geométrica
- **Aplicación del ligante:** Distribución uniforme según dosificación
- **Mezclado in situ:** Homogeneización con equipos especializados
- **Control inmediato:** Verificación de homogeneidad y humedad

FASE 3 - COMPACTACIÓN Y ACABADO:

- **Compactación inmediata:** Dentro del período de trabajabilidad
- **Control sistemático:** Gamadensímetro cada 5.000 m³
- **Verificación de capacidad:** Placa de carga cada 3.000 m³
- **Acabado superficial:** Nivelación y preparación para capa superior

ACCIONES CORRECTIVAS ESPECÍFICAS:

- **Deficiencias de mezclado:** Remezclado con equipos adicionales
- **Problemas de dosificación:** Ajuste de cantidades de ligante
- **Compactación insuficiente:** Pasadas adicionales dentro del período útil
- **Condiciones climáticas adversas:** Suspensión temporal del proceso

9. PLAN DE MUESTREO

ESTRATEGIA DE MUESTREO PARA ESTABILIZACIÓN:

MUESTREO DE SUELO BASE:

- **Caracterización inicial:** Cada 1.000 m³ antes del tratamiento
- **Muestras representativas:** A profundidad media de tratamiento
- **Ensayos químicos:** Cada 6.000 m³ para verificar compatibilidad
- **Variabilidad:** Control de homogeneidad del material base

CONTROL DURANTE EJECUCIÓN:

- **Dosificación de ligante:** Verificación por pesaje en cada carga
- **Humedad de mezclado:** Control continuo durante proceso
- **Homogeneidad visual:** Inspección de uniformidad de color
- **Muestras de mezcla:** Para ensayos de laboratorio posteriores

CONTROL POST-TRATAMIENTO:

- **Densidad in situ:** 5 puntos por lote distribuidos uniformemente
- **Placa de carga:** 5 ensayos por lote en puntos representativos
- **Testigos para resistencia:** Extracción para ensayos a 7 y 28 días
- **Seguimiento de curado:** Control de evolución de propiedades

CRITERIOS DE RECHAZO:

- **Material base inadecuado:** Cambio de tecnología de tratamiento
- **Dosificación incorrecta:** Repetición del proceso de mezclado
- **Compactación deficiente:** Recompactación dentro del período útil
- **Resistencia insuficiente:** Tratamiento superficial adicional

10. REGISTROS Y DOCUMENTACIÓN

DOCUMENTACIÓN ESPECÍFICA PARA ESTABILIZACIÓN:

CONTROL DE PROCESO:

- **Fichas de dosificación:** Cantidad de ligante por superficie tratada
- **Condiciones de ejecución:** Temperatura, humedad y viento durante proceso
- **Tiempos de proceso:** Registro de mezclado, compactación y curado
- **Equipos utilizados:** Identificación y calibración de maquinaria

CONTROL DE CALIDAD:

- **Resultados de laboratorio:** Ensayos de caracterización y verificación
- **Mapas de densidades:** Distribución espacial de resultados
- **Evolución de resistencias:** Seguimiento a 7 y 28 días
- **Análisis estadístico:** Evaluación de homogeneidad y conformidad

INFORMES TÉCNICOS:

- **Tramos de prueba:** Resultados de ensayos piloto
- **Optimización de proceso:** Ajustes realizados durante ejecución
- **Incidencias técnicas:** Problemas encontrados y soluciones aplicadas
- **Certificación final:** Conformidad con especificaciones de proyecto

11. RESUMEN EJECUTIVO FINAL

CONCEPTO	VALOR	UNIDAD	OBSERVACIONES
Volumen total	243.522,14	m ³	Suelos tratados con ligantes hidráulicos in situ
Total ensayos control	1.840	ud	Autocontrol del contratista
Total ensayos contraste	366	ud	Control externo independiente
Porcentaje contraste	19,9%	%	Promedio ponderado según tipo de ensayo
Densidad de control	7,55	ensayos/1000 m ³	Control intensivo por proceso de estabilización
Lotes de compactación	49	ud	5.000 m ³ por lote con 5 ensayos gamadensímetro c/u
Lotes placa de carga	82	ud	3.000 m ³ por lote con 5 ensayos de placa c/u
Dosificación típica cemento	3-5%	% peso seco	Variable según características del suelo base
Profundidad de tratamiento	20-30	cm	Según especificaciones de proyecto
Plazo estimado	6	meses	Proceso especializado con equipos específicos



PLAN DE ENSAYOS

AUTOVÍA DEL DUERO A-11

TRAMO: Variante de Langa de Duero – Variante de Aranda de Duero

CÓDIGO: PE-2025

REVISIÓN: 02

FECHA: 21/07/2025

Presupuesto: 180,7 Millones €

Plazo: 37 meses

Clave: 12-BU-4690

Normativa: PG-3, PPTP

PLAN DE ENSAYOS

UNIDAD 05: ZAHORRA ARTIFICIAL

1. RESUMEN EJECUTIVO

120.802

m³ Zahorra Artificial

1.190

Ensayos Control

180

Ensayos Contraste

15,1%

% Contraste Promedio

CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DE LA ZAHORRA ARTIFICIAL:

- **Definición:** Material granular de alta calidad para capas de sub-base de pavimento
- **Composición:** Mezcla de áridos machacados con granulometría específica
- **Próctor modificado:** UNE 103501 aplicado para materiales granulares
- **Densidades in situ:** Gamadensímetro ASTM en lotes de 7 ensayos cada 3.500 m³
- **Control de capacidad portante:** Placas de carga cada 10.000 m³
- **Control intensivo de calidad:** Frecuencias cada 750 m³ para ensayos básicos
- **Material crítico:** Base estructural para pavimentos de alta intensidad de tráfico

2. NORMATIVA TÉCNICA APLICABLE

NORMATIVA TÉCNICA APLICABLE:

- **PG-3** - Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes
- **Artículo 510** - Zahorras
- **PPTP** - Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del proyecto
- **UNE 103101** - Análisis granulométrico de suelos por tamizado
- **UNE 103103-4** - Determinación del límite líquido de un suelo
- **UNE 103104** - Determinación del límite plástico de un suelo
- **UNE 103501** - Ensayo de compactación. Próctor modificado
- **UNE 103502** - Método de ensayo para determinar en laboratorio el Índice C.B.R.
- **UNE 103808** - Carga vertical con placa estática
- **UNE-EN 933-8** - Ensayo de equivalente de arena
- **UNE-EN 1097-2** - Coeficiente de desgaste de Los Ángeles
- **UNE-EN 933-5** - Número de caras de fractura en el machaqueo
- **ASTM** - Normas americanas para ensayos de densidad y humedad in situ (gamadensímetro)

3. PROGRAMA DE ENSAYOS

DESCRIPCIÓN	LOTE	ENSAYO A REALIZAR	Nº ENSAYOS POR LOTE	NORMA	CRITERIO ACEPTACIÓN/RECHAZO	VOLUMEN PROYECTO	Nº ENSAYOS CONTROL	% CONTRASTE	Nº CONTRASTE
ZAHORRA ARTIFICIAL - CONTROL DE LOS MATERIALES									
Caracterización básica	750 m ³	Próctor modificado	1	UNE 103501	Referencia para compactación	120.802,00 m ³	162	15%	25
	750 m ³	Determinación de la distribución granulométrica	1	UNE 103101	Huso granulométrico ZA-20 o ZA-25	120.802,00 m ³	162	15%	25
	750 m ³	Ensayo de equivalente de arena	2	UNE-EN 933-8	≥ 35 (zahorra artificial)	120.802,00 m ³	324	15%	49
	1.500 m ³	Límites de Atterberg	1	UNE 103103-103104	LL ≤ 25, IP ≤ 6	120.802,00 m ³	81	15%	13
	4.500 m ³	CBR	1	UNE 103502	≥ 40 (zahorra artificial)	120.802,00 m ³	27	15%	5
	4.500 m ³	Coeficiente de desgaste de Los Ángeles	1	UNE-EN 1097-2	≤ 30 (zahorra artificial)	120.802,00 m ³	27	15%	5
	1.500 m ³	Número de caras de fractura en el machaqueo	2	UNE-EN 933-5	≥ 75% con 2 o más caras fracturadas	120.802,00 m ³	162	15%	25
ZAHORRA ARTIFICIAL - CONTROL DE EJECUCIÓN									
Control de capacidad portante	10.000 m ³	Carga vertical con placa estática	1	UNE 103808	s/P.P.T.P.	120.802,00 m ³	13	25%	4
Control de compactación	3.500 m ³	Densidad y humedad "in situ" (gamadensímetro)	7	ASTM	≥ 100% Próctor Modificado	120.802,00 m ³	245	15%	37

4. ORGANIZACIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD

RESPONSABILIDADES:

- **Técnico de Calidad:** José Antunes - Coordinación ensayos de autocontrol
- **Jefe de Calidad:** Supervisión y validación de resultados
- **Jefe de Obra:** Pedro Maillo - Revisión y seguimiento
- **Director de Obra:** Aprobación final del plan de ensayos
- **Especialista en Áridos:** Control específico de procedencia y calidad

LABORATORIO:

- **Acreditación:** Laboratorio acreditado según normativas ENAC aplicables
- **Alcance específico:** Ensayos de áridos y materiales granulares
- **Equipamiento especializado:** Máquina de Los Ángeles, tamizadoras de precisión
- **Control de procedencia:** Certificación de canteras y plantas de producción

5. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

CRITERIOS TÉCNICOS ESPECÍFICOS PARA ZAHORRA ARTIFICIAL:

COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA:

- **Huso granulométrico:** ZA-20 o ZA-25 según especificaciones
- **Tamaño máximo:** 20 mm (ZA-20) o 25 mm (ZA-25)
- **Cernido por 0,080 UNE:** 3% - 10%
- **Uniformidad:** Coeficiente de uniformidad Cu ≥ 15

CARACTERÍSTICAS DE FORMA Y CALIDAD:

- **Equivalente de arena:** ≥ 35
- **Límites de Atterberg:** LL ≤ 25, IP ≤ 6
- **Coeficiente de desgaste Los Ángeles:** ≤ 30
- **Caras de fractura:** ≥ 75% con 2 o más caras fracturadas

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS:

- **CBR:** ≥ 40
- **Densidad in situ:** ≥ 100% del Próctor Modificado
- **Humedad de compactación:** ±1,5% de la óptima
- **Módulo de compresión:** Ev2 ≥ 80 MPa (placa de carga)

6. FRECUENCIA Y ACEPTACIÓN DE LOS ENSAYOS

FRECUENCIAS ESTABLECIDAS:

- **Ensayos por lotes:** Según proyecto establecido
- **Ensayos de contraste:** Porcentaje sobre ensayos de autocontrol
- **Criterio de aceptación:** 100% de los ensayos deben cumplir especificaciones
- **Criterio de rechazo:** Cualquier ensayo que no cumpla los límites establecidos

7. RESUMEN DE ENSAYOS

945

Ensayos Materiales

258

Ensayos Ejecución

1.203

Total Autocontrol

180

Total Contraste

UNIDAD 05: Zahorra Artificial | FECHA: 21/07/2025

Plan de Ensayos PE-2025 - Autovía del Duero A-11 | Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible



PLAN DE ENSAYOS

AUTOVÍA DEL DUERO A-11

TRAMO: Variante de Langa de Duero – Variante de Aranda de Duero

CÓDIGO: PE-2025

REVISIÓN: 02

FECHA: 21/07/2025

Presupuesto: 180,7 Millones €

Plazo: 37 meses

Clave: 12-BU-4690

Normativa: PG-3, PPTP

PLAN DE ENSAYOS

UNIDAD 06: SUELO CEMENTO

1. RESUMEN EJECUTIVO

139.508

m³ Suelo Cemento

1.066

Ensayos Control

165

Ensayos Contraste

15,5%

% Contraste Promedio

CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DEL SUELO CEMENTO:

- **Definición:** Mezcla íntima de suelo, cemento Portland y agua, compactada y curada
- **Aplicación estructural:** Capa de base para pavimentos de alta intensidad de tráfico
- **Próctor modificado:** UNE 103501 aplicado para la mezcla suelo-cemento
- **Densidades in situ:** Gamadensímetro ASTM en lotes de 2 ensayos cada 3.500 m³
- **Ensayos de resistencia:** Compresión simple según UNE-EN 13286 específica
- **Control químico especializado:** Sulfatos y análisis petrográfico completo
- **Proceso de curado:** Controlado durante 7 días mínimo para desarrollo de resistencias

2. NORMATIVA TÉCNICA APlicable

NORMATIVA TÉCNICA APlicable:

- **PG-3** - Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes
- **Artículo 513** - Suelo-cemento
- **PPTP** - Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del proyecto
- **UNE 103101** - Análisis granulométrico de suelos por tamizado
- **UNE 103103-4** - Determinación del límite líquido de un suelo
- **UNE 103104** - Determinación del límite plástico de un suelo
- **UNE 103501** - Ensayo de compactación. Próctor modificado
- **UNE 103204** - Determinación del contenido de materia orgánica oxidable
- **UNE-EN 1744-1** - Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos
- **UNE-EN 932-3** - Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Descripción petrográfica
- **UNE-EN 13286** - Mezclas tratadas y mezclas no tratadas con cemento. Resistencia a compresión
- **ASTM** - Normas americanas para ensayos de densidad y humedad in situ (gamadensímetro)

3. PROGRAMA DE ENSAYOS

DESCRIPCIÓN	LOTE	ENSAYO A REALIZAR	Nº ENSAYOS POR LOTE	NORMA	CRITERIO ACEPTACIÓN/RECHAZO	VOLUMEN PROYECTO	Nº ENSAYOS CONTROL	% CONTRASTE	Nº CONTRASTE
SUELO CEMENTO - CONTROL DE LOS MATERIALES									
Caracterización de la mezcla	1.000 m ³	Próctor modificado	1	UNE 103501	Referencia para compactación	139.508,40 m ³	140	15%	21
	1.000 m ³	Determinación de la distribución granulométrica	1	UNE 103101	Según especificaciones para suelo-cemento	139.508,40 m ³	140	15%	21
	3.000 m ³	Límites de Atterberg	2	UNE 103103-103104	LL ≤ 40, IP ≤ 18	139.508,40 m ³	94	15%	15
	6.000 m ³	Contenido de materia orgánica	1	UNE 103204	≤ 0,2% (compatible con cemento)	139.508,40 m ³	24	15%	4
	6.000 m ³	Contenido de sulfatos	1	UNE-EN 1744-1	≤ 0,7% (no agresivo al cemento)	139.508,40 m ³	24	15%	4
SUELO CEMENTO - CONTROL DE EJECUCIÓN									
Fórmula de trabajo	1 ud	Granulometría	1	UNE 103101	s/P.P.T.P.	139.508,40 m ³	1	20%	1
	1 ud	Resistencia a compresión simple	1	UNE-EN 13286-41	s/P.P.T.P.	139.508,40 m ³	1	20%	1
	1 ud	Trabajabilidad	1	UNE-EN 13286-45	s/P.P.T.P.	139.508,40 m ³	1	20%	1
	1 ud	Próctor normal modificado	1	UNE 103501	s/P.P.T.P.	139.508,40 m ³	1	20%	1
Control de resistencia	3.500 m ³	Resistencia a compresión simple	2	UNE-EN 13286	≥ 2,5 MPa a 7 días	139.508,40 m ³	80	15%	12
Control de compactación	2x3500 m ³	Densidad "in situ" por gamadensímetro	7	ASTM	≥ 98% Próctor Modificado	139.508,40 m ³	560	15%	84

4. ORGANIZACIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD

RESPONSABILIDADES:

- **Técnico de Calidad:** José Antunes - Coordinación ensayos de autocontrol
- **Jefe de Calidad:** Supervisión y validación de resultados
- **Jefe de Obra:** Pedro Maillo - Revisión y seguimiento
- **Director de Obra:** Aprobación final del plan de ensayos
- **Especialista en Materiales Tratados:** Control específico del proceso

LABORATORIO:

- **Acreditación:** Laboratorio acreditado según normativas ENAC aplicables
- **Alcance específico:** Ensayos de suelo-cemento y materiales compuestos
- **Equipamiento especializado:** Prensa para resistencia a compresión
- **Control de curado:** Cámara húmeda para probetas

COORDINACIÓN ESPECÍFICA PARA SUELO-CEMENTO:

- **Control de dosificación:** Verificación de cantidades de cemento
- **Planta de tratamiento:** Supervisión del proceso de mezclado
- **Control temporal:** Tiempos críticos desde mezclado hasta compactación
- **Curado controlado:** Protección y humectación durante fraguado

5. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

CRITERIOS TÉCNICOS ESPECÍFICOS PARA SUELO-CEMENTO:

CARACTERÍSTICAS DEL SUELO BASE:

- **Granulometría:** Adecuada para tratamiento con cemento según PG-3 Art. 513
- **Límites de Atterberg:** LL ≤ 40, IP ≤ 18
- **Materia orgánica:** ≤ 0,2% (compatible con cemento Portland)
- **Sulfatos:** ≤ 0,7% (no agresivo al cemento)

CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA:

- **Dosificación de cemento:** 3% - 6% en peso del suelo seco
- **Humedad óptima:** Según ensayo Próctor Modificado ± 1%
- **Densidad seca máxima:** Según ensayo Próctor Modificado
- **Homogeneidad:** Color uniforme sin segregaciones visibles

RESISTENCIAS MECÁNICAS:

- **Resistencia a compresión simple:** ≥ 2,5 MPa a 7 días
- **Densidad in situ:** ≥ 98% del Próctor Modificado
- **Humedad de compactación:** ± 1% de la óptima
- **Evolución de resistencia:** Control a 7 y 28 días

CRITERIOS DE PROCESO:

- **Tiempo de trabajabilidad:** Máximo 1 hora desde mezclado
- **Espesor de capa:** Según diseño estructural (15-20 cm típico)
- **Curado mínimo:** 7 días con protección contra desecación
- **Fisuración controlada:** Juntas de retracción cada 3-4 m

6. FRECUENCIA Y ACEPTACIÓN DE LOS ENSAYOS

FRECUENCIAS ESTABLECIDAS:

- **Ensayos por lotes:** Segundo proyecto establecido
- **Ensayos de contraste:** Porcentaje sobre ensayos de autocontrol
- **Criterio de aceptación:** 100% de los ensayos deben cumplir especificaciones
- **Criterio de rechazo:** Cualquier ensayo que no cumpla los límites establecidos

7. RESUMEN DE ENSAYOS

422

Ensayos Materiales

644

Ensayos Ejecución

1.066

Total Autocontrol

165

Total Contraste



PLAN DE ENSAYOS

AUTOVÍA DEL DUERO A-11

TRAMO: Variante de Langa de Duero – Variante de Aranda de Duero

CÓDIGO: PE-2025

REVISIÓN: 02

FECHA: 21/07/2025

Presupuesto: 180,7 Millones €

Plazo: 37 meses

Clave: 12-BU-4690

Normativa: PG-3, PPTP

PLAN DE ENSAYOS

UNIDAD 07: EMULSIONES BITUMINOSAS

1. RESUMEN EJECUTIVO

1.609,34

Tn Emulsiones
Bituminosas

300

Ensayos Control

46

Ensayos Contraste

15,3%

% Contraste Promedio

CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DE LAS EMULSIONES BITUMINOSAS:

- **Definición:** Dispersión de betún asfáltico en agua mediante agentes emulsionantes
- **Aplicaciones:** Riegos de imprimación, adherencia y tratamientos superficiales
- **Medición en toneladas:** Control por peso debido a la naturaleza líquida del material
- **Lotes pequeños:** Frecuencias intensivas cada 25 Tn debido a variabilidad
- **Control específico:** Ensayos de rotura, estabilidad y caracterización del betún residual
- **Almacenamiento crítico:** Sensible a temperatura y agitación
- **Aplicación en frío:** Ventaja operativa frente a betunes en caliente

2. NORMATIVA TÉCNICA APlicable

NORMATIVA TÉCNICA APlicable:

- **PG-3** - Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes
- **Artículo 213** - Riegos de imprimación
- **Artículo 214** - Riegos de adherencia
- **PPTP** - Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del proyecto
- **UNE-EN 1431** - Betunes y ligantes bituminosos. Determinación del residuo por destilación de emulsiones bituminosas
- **UNE 103102** - Granulometría de suelos finos por sedimentación
- **UNE-EN 1426** - Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la penetración con aguja
- **UNE 7152** - Tamizado de emulsiones bituminosas
- **UNE-EN 13075-1** - Emulsiones bituminosas. Determinación de la carga de las partículas
- **UNE-EN 13974** - Emulsiones bituminosas. Determinación del tiempo de rotura por flotación
- **UNE-EN 12846** - Emulsiones bituminosas. Determinación de la estabilidad durante el almacenamiento

3. PROGRAMA DE ENSAYOS

DESCRIPCIÓN	LOTE	ENSAYO A REALIZAR	Nº ENSAYOS POR LOTE	NORMA	CRITERIO ACEPTACIÓN/RECHAZO	TONELAJE PROYECTO	Nº ENSAYOS CONTROL	% CONTRASTE	Nº CONTRASTE
EMULSIONES BITUMINOSAS - CONTROL DE LOS MATERIALES									
Caracterización del betún residual	25 Tn	Residuo por destilación	1	UNE-EN 1431	≥ 60% (según tipo de emulsión)	1.609,34 Tn	65	15%	10
	25 Tn	Granulometría de finos por sedimentación	1	UNE 103102	Tamiz 0,160 UNE ≤ 0,1%	1.609,34 Tn	65	15%	10
	25 Tn	Ensayo de penetración	1	UNE-EN 1426	Según tipo de emulsión (40-300 dmm)	1.609,34 Tn	65	15%	10
	25 Tn	Tamizado de emulsiones	1	UNE 7152	Tamiz 0,160 UNE ≤ 0,1%	1.609,34 Tn	65	15%	10
	25 Tn	Carga de las partículas	1	UNE-EN 13075-1	Positiva (catiónica) o Negativa (aniónica)	1.609,34 Tn	65	15%	10
	50 Tn	Tiempo de rotura por flotación	1	UNE-EN 13974	Según especificaciones del proyecto	1.609,34 Tn	33	15%	5
	50 Tn	Estabilidad durante el almacenamiento	1	UNE-EN 12846	Diferencia ≤ 5%	1.609,34 Tn	33	15%	5

4. ORGANIZACIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD

RESPONSABILIDADES:

- Técnico de Calidad:** José Antunes - Coordinación ensayos de autocontrol
- Jefe de Calidad:** Supervisión y validación de resultados
- Jefe de Obra:** Pedro Maillo - Revisión y seguimiento
- Director de Obra:** Aprobación final del plan de ensayos
- Especialista en Materiales Bituminosos:** Control específico de emulsiones

LABORATORIO:

- Acreditación:** Laboratorio acreditado según normativas ENAC aplicables
- Alcance específico:** Ensayos de emulsiones y betunes asfálticos
- Equipamiento especializado:** Destilador, penetrómetro, equipo de flotación
- Control de temperatura:** Ensayos a temperaturas normalizadas

COORDINACIÓN ESPECÍFICA PARA EMULSIONES:

- Control de suministro:** Verificación en planta productora
- Transporte especializado:** Camiones cisterna con agitación
- Almacenamiento controlado:** Tanques con sistema de homogeneización
- Aplicación inmediata:** Control de tiempos de rotura en obra

NOTA IMPORTANTE - DISTINTIVOS DE CALIDAD:

- Materiales con distintivo de calidad oficialmente reconocido:** Quedan exentos de la realización de ensayos de recepción, salvo los

que expresamente ordene la Dirección de Obra

• **Aplicación:** Según Artículo 1º del PG-3, los materiales que dispongan de Marca de Calidad, Certificación de Conformidad CE u otros

distintivos oficiales reconocidos, no requerirán ensayos sistemáticos de control

• **Excepción:** La Dirección de Obra podrá ordenar ensayos adicionales cuando lo considere necesario para verificar la conformidad

• **Documentación requerida:** Certificados vigentes de los distintivos de calidad correspondientes

5. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

CRITERIOS TÉCNICOS ESPECÍFICOS PARA EMULSIONES BITUMINOSAS:

COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS GENERALES:

- **Residuo por destilación:** $\geq 60\%$ (variable según tipo)
- **Penetración del residuo:** 40-300 dmm (según clasificación)
- **Granulometría por sedimentación:** Tamiz 0,160 UNE $\leq 0,1\%$
- **Tamizado:** Tamiz 0,160 UNE $\leq 0,1\%$

CARACTERÍSTICAS DE ROTURA Y ESTABILIDAD:

- **Carga de partículas:** Catiónica (+) o Aniónica (-) según especificación
- **Tiempo de rotura:** Según aplicación (rápida, media, lenta)
- **Estabilidad almacenamiento:** Diferencia $\leq 5\%$ tras 7 días
- **Homogeneidad:** Sin separación de fases visible

CLASIFICACIONES SEGÚN PG-3:

- **ECR (Rotura Rápida):** Para riegos de adherencia
- **ECM (Rotura Media):** Para riegos de imprimación
- **ECL (Rotura Lenta):** Para tratamientos superficiales
- **Tipo C (Catiónica) o A (Aniónica):** Según compatibilidad con áridos

CONDICIONES DE APLICACIÓN:

- **Temperatura de aplicación:** 20-60°C según tipo
- **Dotación:** Variable según aplicación (0,5-2,5 kg/m²)
- **Condiciones climáticas:** Sin lluvia ni viento fuerte
- **Superficie de aplicación:** Limpia y seca

6. METODOLOGÍA ESPECÍFICA

PROCESO DE CONTROL DE EMULSIONES BITUMINOSAS:

FASE 1 - CONTROL EN PLANTA:

- **Recepción de materias primas:** Betún base y emulsionante
- **Control del proceso:** Temperatura y agitación durante fabricación
- **Ensayos inmediatos:** Penetración y residuo por destilación
- **Certificación de lote:** Antes del transporte

FASE 2 - TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO:

- **Cisterna calefactada:** Control de temperatura durante transporte
- **Agitación controlada:** Para mantener homogeneidad
- **Almacenamiento temporal:** Tanques con sistema de recirculación
- **Control de estabilidad:** Ensayos tras almacenamiento

FASE 3 - APLICACIÓN EN OBRA:

- **Control pre-aplicación:** Verificación de características
- **Temperatura de aplicación:** Ajuste según tipo de emulsión
- **Dotación controlada:** Verificación de kg/m² aplicados
- **Tiempo de rotura:** Control del comportamiento en superficie

ENSAYOS DE CAMPO ESPECÍFICOS:

- **Test de compatibilidad:** Con áridos de la obra
- **Adherencia visual:** Comportamiento sobre soporte
- **Uniformidad de aplicación:** Inspección de cobertura
- **Tiempo de apertura:** Al tráfico según rotura

7. RESUMEN FINAL DE ENSAYOS

TIPO DE ENSAYO	FRECUENCIA	NORMA	Nº CONTROL	% CONTRASTE	Nº CONTRASTE
Residuo por destilación	1 c/25 Tn	UNE-EN 1431	65	15%	10
Granulometría finos	1 c/25 Tn	UNE 103102	65	15%	10
Penetración	1 c/25 Tn	UNE-EN 1426	65	15%	10
Tamizado emulsiones	1 c/25 Tn	UNE 7152	65	15%	10
Carga de partículas	1 c/25 Tn	UNE-EN 13075-1	65	15%	10
Tiempo de rotura	1 c/50 Tn	UNE-EN 13974	33	15%	5
Estabilidad almacenamiento	1 c/50 Tn	UNE-EN 12846	33	15%	5
TOTAL UNIDAD 07	-	-	391	15,3%	60

8. PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS

SECUENCIA OPERATIVA PARA EMULSIONES BITUMINOSAS:

FASE 1 - CONTROL DE SUMINISTRO:

- **Homologación de plantas:** Certificación previa de fabricantes
- **Control en origen:** Ensayos en planta antes del suministro
- **Certificados de calidad:** Documentación por cada lote
- **Planificación de entregas:** Coordinación con programa de aplicación

FASE 2 - TRANSPORTE Y RECEPCIÓN:

- **Inspección de cisternas:** Limpieza y estado de calefacción
- **Control de temperatura:** Verificación durante descarga
- **Muestreo sistemático:** Según frecuencias establecidas
- **Almacenamiento controlado:** Tanques con agitación y calefacción

FASE 3 - PREPARACIÓN PARA APLICACIÓN:

- **Homogeneización previa:** Agitación antes de uso
- **Control de temperatura:** Ajuste según tipo de emulsión
- **Test de compatibilidad:** Con áridos de la superficie
- **Calibración de equipos:** Verificación de dotaciones

ACCIONES CORRECTIVAS ESPECÍFICAS:

- **Emulsión fuera de especificación:** Rechazo y devolución
- **Rotura prematura:** Sustitución inmediata
- **Falta de adherencia:** Cambio de tipo de emulsión
- **Problemas de estabilidad:** Control de almacenamiento

9. PLAN DE MUESTREO

ESTRATEGIA DE MUESTREO PARA EMULSIONES BITUMINOSAS:

MUESTREO EN PLANTA PRODUCTORA:

- **Frecuencia base:** Cada 25 Tn para ensayos fundamentales
- **Muestras homogéneas:** Tras agitación completa del lote
- **Control de producción:** Verificación de proceso de emulsificación
- **Certificación inmediata:** Antes del transporte

MUESTREO DURANTE TRANSPORTE:

- **Control en cisterna:** Verificación de homogeneidad
- **Temperatura de transporte:** Monitoreo continuo
- **Tiempo de transporte:** Control para evitar rotura
- **Estado de agitación:** Verificación durante viaje

MUESTREO EN OBRA:

- **Recepción:** Muestra representativa de cada entrega
- **Almacenamiento:** Control tras períodos de almacenamiento
- **Pre-aplicación:** Verificación inmediata antes de uso
- **Durante aplicación:** Control de comportamiento en superficie

CRITERIOS DE RECHAZO:

- **Separación de fases:** Visible en tanque o muestra
- **Rotura anticipada:** Durante almacenamiento
- **Viscosidad inadecuada:** Dificultad en bombeo
- **Incompatibilidad:** Con áridos de la superficie

10. REGISTROS Y DOCUMENTACIÓN

DOCUMENTACIÓN ESPECÍFICA PARA EMULSIONES BITUMINOSAS:

CONTROL DE FABRICACIÓN:

- **Certificados de planta:** Homologación de instalaciones
- **Control de materias primas:** Betún base y emulsionantes
- **Parámetros de producción:** Temperatura, agitación, dosificación
- **Certificados por lote:** Cada 25 Tn producidas

CONTROL DE TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO:

- **Registros de temperatura:** Durante transporte y almacenamiento
- **Control de tiempos:** Desde fabricación hasta aplicación
- **Estado de cisternas:** Limpieza y funcionamiento
- **Condiciones de almacenamiento:** Agitación y temperatura

CONTROL DE APLICACIÓN:

- **Condiciones climáticas:** Temperatura, humedad, viento
- **Estado de la superficie:** Limpieza y humedad del soporte
- **Dotaciones aplicadas:** kg/m² por tramo
- **Comportamiento post-aplicación:** Rotura y adherencia

INFORMES TÉCNICOS:

- **Evaluación de proveedores:** Rendimiento por fabricante
- **Análisis de aplicaciones:** Comportamiento por tipo de emulsión
- **Incidencias técnicas:** Problemas y soluciones adoptadas
- **Optimización de proceso:** Mejoras en aplicación y almacenamiento

11. RESUMEN EJECUTIVO FINAL

CONCEPTO	VALOR	UNIDAD	OBSERVACIONES
Tonelaje total	1.609,34	Tn	Emulsiones para riegos de imprimación y adherencia
Total ensayos control	391	ud	Autocontrol del contratista
Total ensayos contraste	60	ud	Control externo independiente
Porcentaje contraste	15,3%	%	Uniforme al 15% para todos los ensayos
Densidad de control	243,0	ensayos/1000 Tn	Control muy intensivo por lotes pequeños
Lotes de control	65	ud	25 Tn por lote básico
Tipos de emulsión estimados	ECR, ECM	-	Rotura rápida y media principalmente
Aplicación estimada	600.000	m ²	Con dotación media de 2,7 kg/m ²
Plantas proveedoras	1-2	ud	Homologadas y certificadas
Plazo estimado	12	meses	Distribuido durante ejecución de pavimentos

UNIDAD 07: Emulsiones Bituminosas | **FECHA:** 21/07/2025

Plan de Ensayos PE-2025 - Autovía del Duero A-11 | Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible



PLAN DE ENSAYOS

AUTOVÍA DEL DUERO A-11

TRAMO: Variante de Langa de Duero – Variante de Aranda de Duero

CÓDIGO: PE-2025

REVISIÓN: 02

FECHA: 21/07/2025

Presupuesto: 180,7 Millones €

Plazo: 37 meses

Clave: 12-BU-4690

Normativa: PG-3, PPTP

PLAN DE ENSAYOS

UNIDAD 08: MEZCLAS BITUMINOSAS

1. RESUMEN EJECUTIVO

269.226,60

Tn Mezclas Bituminosas

21.524

Ensayos Control

18.432

Ensayos Contraste

85,6%

% Contraste Promedio

CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DE LAS MEZCLAS BITUMINOSAS:

- **Definición:** Combinación de áridos y ligante bituminoso para pavimentación
- **Aplicaciones:** Capas de base, intermedia y rodadura de firmes
- **Control integral:** Desde materias primas hasta producto final
- **Componentes:** Árido grueso, árido fino, filler y betún asfáltico
- **Control de producción:** Temperatura, dosificación y homogeneización
- **Control de acabado:** Regularidad superficial y rozamiento
- **Ensayos específicos:** Marshall, sensibilidad al agua, deformación permanente

2. NORMATIVA TÉCNICA APLICABLE

NORMATIVA TÉCNICA APLICABLE:

- **PG-3** - Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes
- **Artículo 542** - Mezclas bituminosas en caliente
- **PPTP** - Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del proyecto
- **UNE EN 933-1** - Análisis granulométrico de áridos gruesos y finos
- **UNE-EN 1097-2** - Coeficiente de desgaste de Los Ángeles
- **UNE-EN 1097-6** - Densidad de partículas y absorción de agua
- **UNE-EN 12697-1** - Contenido de ligante
- **UNE-EN 12697-2** - Granulométrico de los áridos extraídos
- **UNE-EN 12697-6, 8** - Densidad, espesor y huecos sobre testigos
- **UNE-EN 12697-34** - Ensayo Marshall
- **UNE-EN 12697-12** - Sensibilidad al agua
- **UNE-EN 12697-22** - Resistencia deformación permanente
- **NLT-330** - Índice de regularidad internacional (IRI)
- **UNE 41201** - Coeficiente de rozamiento transversal (CRT)

3. PROGRAMA DE ENSAYOS

DESCRIPCIÓN	LOTE	ENSAYO A REALIZAR	Nº ENSAYOS POR LOTE	NORMA	CRITERIO ACEPTACIÓN/RECHAZO	TONELAJE PROYECTO	Nº ENSAYOS CONTROL	% CONTRASTE	Nº CONTRASTE
MEZCLAS BITUMINOSAS - CONTROL DE PROCEDENCIA									
Árido grueso	2000 m ³	Análisis granulométrico de áridos gruesos y finos	1	UNE EN 933-1	Según huso granulométrico PG-3	54.597,95 m ³	27	10%	3
	2000 m ³	Coeficiente de desgaste de Los Ángeles	1	UNE-EN 1097-2	≤ 25% (capa rodadura), ≤ 30% (otras capas)	54.597,95 m ³	27	10%	3
	2000 m ³	Densidad de partículas y absorción de agua	1	UNE-EN 1097-6	Absorción ≤ 2%	54.597,95 m ³	27	10%	3
	10000 m ³	Coeficiente de pulimento acelerado (CPA)	1	UNE-EN 1097-8	≥ 0,50 (capa rodadura)	54.597,95 m ³	5	10%	1
	2000 m ³	Índice de lajas	1	UNE-EN 933-3	≤ 35%	54.597,95 m ³	27	10%	3
	2000 m ³	Número de caras de fractura en el machaqueo	1	UNE-EN 933-5	≥ 90% (dos caras fracturadas)	54.597,95 m ³	27	10%	3
Árido fino	2000 m ³	Análisis granulométrico de áridos gruesos y finos	1	UNE EN 933-1	Según huso granulométrico PG-3	17.142,39 m ³	9	10%	1
	2000 m ³	Coeficiente de desgaste de Los Ángeles	1	UNE-EN 1097-2	≤ 35%	17.142,39 m ³	9	10%	1
	2000 m ³	Densidad de partículas y absorción de agua	1	UNE-EN 1097-6	Absorción ≤ 5%	17.142,39 m ³	9	10%	1
Filler	500 Tn	Análisis granulométrico por tamizado del polvo mineral	1	UNE EN 933-10	Tamiz 0,125 UNE: 85-100%	11.566,26 Tn	23	15%	3
	500 Tn	Densidad aparente y porosidad (del polvo mineral)	1	UNE EN 1097-3	Según especificaciones del proyecto	11.566,26 Tn	23	15%	3
Betún asfáltico	25 Tn	Ensayo de penetración	1	UNE-EN 1426	Según tipo de betún (50/70, 35/50)	10.737,68 Tn	429	15%	64
	25 Tn	Fragilidad de Fraass	1	UNE-EN 12593	Según tipo de betún	10.737,68 Tn	429	15%	64
	25 Tn	Solubilidad	1	UNE-EN 12592	≥ 99%	10.737,68 Tn	429	15%	64
	25 Tn	Punto de reblandecimiento	1	UNE-EN 1427	Según tipo de betún	10.737,68 Tn	429	15%	64

DESCRIPCIÓN	LOTE	ENSAYO A REALIZAR	Nº ENSAYOS POR LOTE	NORMA	CRITERIO ACEPTACIÓN/RECHAZO	TONELAJE PROYECTO	Nº ENSAYOS CONTROL	% CONTRASTE	Nº CONTRASTE
Control diario de producción	2x1000 Tn	Extracción y granulometría	2	NLT-164 y NLT-165	s/P.P.T.P.	269.226,60 Tn	538	20%	108
	2x1000 Tn	Contenido de ligante	2	UNE-EN 12697-1	s/P.P.T.P.	269.226,60 Tn	538	20%	108
	2x1000 Tn	Densidad, espesor y huecos sobre testigos	2	UNE-EN 12697-6 y 8	s/P.P.T.P.	269.226,60 Tn	538	20%	108
	2x1000 Tn	Ensayo Marshall	2	UNE-EN 12697-34	s/P.P.T.P.	269.226,60 Tn	538	20%	108
Control semanal	1x1000 Tn	Sensibilidad al agua	1	UNE-EN 12697-12	s/P.P.T.P.	269.226,60 Tn	269	20%	54
	1x10000 Tn	Resistencia deformación permanente	1	UNE-EN 12697-22	s/P.P.T.P.	269.226,60 Tn	27	20%	5
Mezcla de áridos en frío	2x1000 Tn	Determinación de la distribución granulométrica	2	UNE 103101	Según fórmula de trabajo aprobada	269.226,60 Tn	538	20%	108
	2x1000 Tn	Ensayo de equivalente de arena	2	UNE-EN 933-8	≥ 60	269.226,60 Tn	538	20%	108

MEZCLAS BITUMINOSAS - CONTROL DE TESTIGOS

Comprobación de densidad "in situ"	500 m	Densidad "in situ", % de huecos mediante testigos	3	UNE-EN 12697-6	s/P.P.T.P.	22.000 m	132	20%	26
---	-------	---	---	----------------	------------	----------	-----	------------	----

MEZCLAS BITUMINOSAS - CONTROL DE FINAL DE ACABADO

Control de acabado final	2x10 m por capa	Índice de regularidad internacional (IRI)	2	NLT-330	≤ 2,0 mm/m	22.249,34 m	13.350	100%	13.350
	2x10 m rodadura	Coeficiente de rozamiento transversal (CRT)	2	UNE 41201	≥ 65 (capa rodadura)	22.249,34 m (rodadura)	4.450	100%	4.450

4. ORGANIZACIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD

RESPONSABILIDADES:

- Técnico de Calidad:** José Antunes - Coordinación ensayos de autocontrol
- Jefe de Calidad:** Supervisión y validación de resultados
- Jefe de Obra:** Pedro Maillo - Revisión y seguimiento
- Director de Obra:** Aprobación final del plan de ensayos
- Especialista en Mezclas Bituminosas:** Control específico de producción

LABORATORIO:

- Acreditación:** Laboratorio acreditado según normativas ENAC aplicables
- Alcance específico:** Ensayos de mezclas bituminosas y materias primas
- Equipamiento especializado:** Prensa Marshall, equipos granulométricos, extractor de betún
- Control de temperatura:** Ensayos a temperaturas normalizadas

COORDINACIÓN ESPECÍFICA PARA MEZCLAS BITUMINOSAS:

- **Control de materias primas:** Verificación antes de producción
- **Control de planta:** Temperatura de mezclado y homogeneización
- **Control de transporte:** Temperatura durante transporte a obra
- **Control de puesta en obra:** Temperatura de extendido y compactación

NOTA IMPORTANTE - DISTINTIVOS DE CALIDAD:

- **Materiales con distintivo de calidad oficialmente reconocido:** Quedan exentos de la realización de ensayos de recepción, salvo los que expresamente ordene la Dirección de Obra
- **Aplicación:** Según Artículo 1º del PG-3, los materiales que dispongan de Marca de Calidad, Certificación de Conformidad CE u otros distintivos oficiales reconocidos, no requerirán ensayos sistemáticos de control
- **Excepción:** La Dirección de Obra podrá ordenar ensayos adicionales cuando lo considere necesario para verificar la conformidad
- **Documentación requerida:** Certificados vigentes de los distintivos de calidad correspondientes

5. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

CRITERIOS TÉCNICOS ESPECÍFICOS PARA MEZCLAS BITUMINOSAS:

MATERIAS PRIMAS:

- **Áridos:** Según especificaciones del PG-3 y PPTP del proyecto
- **Filler:** Según normativas UNE EN 933-10 y UNE EN 1097-3
- **Betún asfáltico:** Según normativas UNE-EN aplicables y especificaciones
- **Certificaciones:** Distintivos de calidad oficialmente reconocidos

CARACTERÍSTICAS DE PRODUCCIÓN:

- **Contenido de ligante:** Según fórmula de trabajo aprobada
- **Granulometría:** Según fórmula de trabajo y tolerancias PG-3
- **Densidad y compactación:** Según especificaciones del proyecto
- **Temperatura:** Según procedimientos aprobados

CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD:

- **Ensayo Marshall:** Según especificaciones PG-3 y PPTP
- **Sensibilidad al agua:** Según normativa UNE-EN 12697-12
- **Resistencia deformación permanente:** Según UNE-EN 12697-22
- **Huecos en mezcla:** Según tipo de capa y especificaciones

CARACTERÍSTICAS SUPERFICIALES:

- **Regularidad superficial (IRI):** Según normativa NLT-330
- **Rozamiento transversal (CRT):** Según normativa UNE 41201
- **Características superficiales:** Según PPTP del proyecto
- **Espesor y geometría:** Según proyecto y tolerancias admisibles

6. METODOLOGÍA ESPECÍFICA

PROCESO DE CONTROL DE MEZCLAS BITUMINOSAS:

FASE 1 - CONTROL DE MATERIAS PRIMAS:

- **Recepción de áridos:** Verificación de origen y certificados
- **Control de betún:** Ensayos de penetración, reblandecimiento y fragilidad
- **Control de filler:** Granulometría y densidad aparente
- **Aprobación de materiales:** Antes del inicio de producción

FASE 2 - CONTROL DE PRODUCCIÓN:

- **Dosificación:** Verificación de fórmula de trabajo aprobada
- **Temperatura de mezclado:** Control continuo en planta
- **Homogeneización:** Tiempo de mezclado adecuado
- **Ensayos sistemáticos:** Marshall, granulometría, contenido ligante

FASE 3 - CONTROL DE PUESTA EN OBRA:

- **Temperatura de transporte:** Mantenimiento hasta obra
- **Temperatura de extendido:** Control durante aplicación
- **Compactación:** Número de pasadas y densidad alcanzada
- **Espesor final:** Verificación según proyecto

FASE 4 - CONTROL FINAL:

- **Regularidad superficial:** Medición IRI cada 10 metros por capa
- **Rozamiento:** Ensayo CRT para seguridad vial en rodadura
- **Macrotextura:** Verificación características superficiales
- **Inspección visual:** Ausencia de defectos y uniformidad

7. RESUMEN FINAL DE ENSAYOS

TIPO DE ENSAYO	FRECUENCIA	NORMA	Nº CONTROL	% CONTRASTE	Nº CONTRASTE
Análisis granulométrico áridos	1 c/2000 m ³	UNE EN 933-1	36	10%	4
Ensayos betún asfáltico	1 c/25 Tn	UNE-EN 1426, 1427, 12593, 12592	1.716	15%	257
Control diario producción	Diario	NLT-164, UNE-EN 12697-39, NLT-159	807	20%	161
Control semanal	1000 Tn / 10000 Tn	UNE-EN 12697-12, 12697-25	296	20%	59
Granulometría mezcla áridos	2 c/1000 Tn	UNE 103101	538	20%	108
Control testigos	3 c/500 m	UNE-EN 12697-6	132	20%	26
Regularidad superficial (IRI)	2 c/10 m por capa	NLT-330	13.350	100%	13.350
Rozamiento transversal (CRT)	2 c/10 m rodadura	UNE 41201	4.450	100%	4.450
TOTAL UNIDAD 08	-	-	21.524	85,6%	18.432

8. RESUMEN EJECUTIVO FINAL

CONCEPTO	VALOR	UNIDAD	OBSERVACIONES
Tonelaje total	269.226,60	Tn	Mezclas bituminosas para firmes
Total ensayos control	21.524	ud	Autocontrol del contratista
Total ensayos contraste	18.432	ud	Control externo independiente
Porcentaje contraste promedio	85,6%	%	Variable según tipo de ensayo
Densidad de control	79,2	ensayos/1000 Tn	Control intensivo de producción
Control acabado final	66.748,02	m	Regularidad (3 capas) y rozamiento (rodadura)

UNIDAD 08: Mezclas Bituminosas | FECHA: 21/07/2025

Plan de Ensayos PE-2025 - Autovía del Duero A-11 | Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible



PLAN DE ENSAYOS

AUTOVÍA DEL DUERO A-11

TRAMO: Variante de Langa de Duero – Variante de Aranda de Duero

CÓDIGO: PE-2025

REVISIÓN: 02

FECHA: 21/07/2025

Presupuesto: 180,7 Millones €

Plazo: 37 meses

Clave: 12-BU-4690

Normativa: PG-3, PPTP

PLAN DE ENSAYOS

UNIDAD 09: HORMIGÓN ESTRUCTURAL Y EN MASA

1. RESUMEN EJECUTIVO

72.096,67

m³ Hormigón O.F. y
Estructuras

25.419,47

m³ Hormigón en Masa

97.516,14

m³ Total Hormigón

Variable

Ensayos según C.E.

CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DEL HORMIGÓN:

- **Definición:** Material compuesto de cemento, áridos, agua y aditivos
- **Aplicaciones:** Obras de fábrica, estructuras, cimentaciones y pavimentación
- **Tipologías:** Hormigón estructural y hormigón en masa
- **Control específico:** Resistencia, consistencia, durabilidad
- **Materias primas:** Cemento, áridos gruesos, áridos finos, agua y aditivos
- **Normativa aplicable:** Código Estructural y normativas UNE-EN
- **Control de calidad:** Ensayos de procedencia, producción y control final

NOTA IMPORTANTE - CONTROL SEGÚN CÓDIGO ESTRUCTURAL:

- **Referencia normativa:** Los ensayos de hormigón se rigen por el Código Estructural vigente
- **Complejidad de condicionantes:** El número de ensayos depende de múltiples factores (tipo de estructura, exposición ambiental, resistencia, volúmenes, etc.)
- **Lotificación específica:** Los ensayos están detallados en el anexo específico del "Plan de Control de Estructuras"
- **Variabilidad:** Las frecuencias varían según tipología estructural y condiciones específicas de cada elemento
- **Remisión:** Para el detalle específico de ensayos, consultar el Plan de Control de Estructuras adjunto

2. NORMATIVA TÉCNICA APlicable

NORMATIVA TÉCNICA APlicable:

- **Código Estructural** - Normativa principal para estructuras de hormigón
- **PG-3** - Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes
- **PPTP** - Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del proyecto
- **UNE 83952, 83957, 83956, 83958, 83959, 83960** - Análisis químico completo de agua

- **UNE-EN 933-1, 1744-1, UNE 7133, EHE-08** - Ensayo completo de áridos para hormigones
- **UNE 80108, 80103, UNE-EN 196-3, 196-1, 196-5** - Ensayo completo de cemento
- **UNE 12350-1, 12350-2** - Toma de muestra y determinación de consistencia
- **UNE-EN 12390-2, 12390-3** - Conservación, refrentado y rotura a compresión
- **UNE-EN 206** - Especificación, producción, suministro y conformidad del hormigón
- **UNE-EN 13670** - Ejecución de estructuras de hormigón

3. PROGRAMA DE ENSAYOS

PROGRAMA DE ENSAYOS SEGÚN CÓDIGO ESTRUCTURAL:

OBSERVACIÓN IMPORTANTE: Debido a la complejidad de condicionantes que establece el Código Estructural para la determinación del número de ensayos (tipo de elemento estructural, ambiente de exposición, resistencia característica, volúmenes de hormigonado, plazos de ejecución, etc.), el programa detallado de ensayos se encuentra desarrollado específicamente en el documento adjunto:

"PLAN DE CONTROL DE ESTRUCTURAS - LOTIFICACIÓN DE ESTRUCTURAS"

En dicho documento se especifican:

- **Lotificación por elementos:** Cada estructura con su programa específico
- **Frecuencias variables:** Según normativa y condicionantes particulares
- **Tipos de ensayo:** Procedencia, producción y conformidad
- **Criterios de aceptación:** Según resistencias características y durabilidad

TIPOLOGÍA	VOLUMEN	APLICACIÓN	NORMATIVA CONTROL	OBSERVACIONES
HORMIGÓN - VOLÚMENES DE PROYECTO				
Hormigón en O.F. y Estructuras	72.096,67 m ³	Obras de fábrica, puentes, muros, marcos	Código Estructural	Control según Plan de Estructuras
Hormigón en Masa	25.419,47 m ³	Cimentaciones, soleras, elementos no estructurales	Código Estructural / PG-3	Control según aplicación específica
Total	97.516,14 m ³	Todas las aplicaciones	Normativas aplicables	Ver Plan de Control de Estructuras

4. ORGANIZACIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD

RESPONSABILIDADES:

- **Técnico de Calidad:** José Antunes - Coordinación ensayos de autocontrol
- **Jefe de Calidad:** Supervisión y validación de resultados
- **Jefe de Obra:** Pedro Maillo - Revisión y seguimiento
- **Director de Obra:** Aprobación final del plan de ensayos
- **Especialista en Estructuras:** Control específico según Código Estructural

LABORATORIO:

- **Acreditación:** Laboratorio acreditado según normativas ENAC aplicables
- **Alcance específico:** Ensayos de hormigón, materias primas y estructuras
- **Equipamiento especializado:** Prensas de rotura, equipos de consistencia, cámaras húmedas
- **Control de condiciones:** Temperatura y humedad normalizadas

COORDINACIÓN ESPECÍFICA PARA HORMIGÓN:

- **Control de suministro:** Plantas hormigoneras homologadas
- **Control de transporte:** Tiempos máximos y consistencia
- **Control de puesta en obra:** Vibrado, curado y protección

- **Trazabilidad completa:** Desde materias primas hasta elemento final

NOTA IMPORTANTE - DISTINTIVOS DE CALIDAD:

- **Materiales componentes con distintivo de calidad oficialmente reconocido:** Cemento, áridos, agua y aditivos quedan exentos de la realización de ensayos de recepción, salvo los que expresamente ordene la Dirección de Obra
- **Aplicación a materias primas:** Según Artículo 1º del PG-3, los materiales que dispongan de Marca de Calidad, Certificación de Conformidad CE u otros distintivos oficiales reconocidos, no requerirán ensayos sistemáticos de control
- **IMPORTANTE - HORMIGÓN FINAL:** Los ensayos de conformidad del hormigón (probetas, resistencia, etc.) son SIEMPRE obligatorios según Código Estructural, independientemente de los distintivos de calidad de los materiales componentes
- **Excepción:** La Dirección de Obra podrá ordenar ensayos adicionales de materias primas cuando lo considere necesario para verificar la conformidad
- **Documentación requerida:** Certificados vigentes de los distintivos de calidad correspondientes a las materias primas

5. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

CRITERIOS TÉCNICOS SEGÚN CÓDIGO ESTRUCTURAL:

CONTROL DE MATERIAS PRIMAS:

- **Cemento:** Según normativas UNE-EN 196 y distintivos de calidad
- **Áridos:** Según normativas UNE-EN 933 y UNE-EN 1744
- **Agua:** Segundo análisis químico completo UNE 83952 y siguientes
- **Aditivos:** Según normativas específicas y homologaciones

CONTROL DE PRODUCCIÓN:

- **Dosificación:** Según dosificación aprobada y tolerancias
- **Consistencia:** Según especificaciones del proyecto
- **Tiempo de transporte:** Según normativas de hormigón fresco
- **Temperatura:** Control según condiciones ambientales

CONTROL DE CONFORMIDAD:

- **Resistencia característica:** Según Código Estructural
- **Criterios de aceptación:** Según lotificación aprobada
- **Ensayos de información:** Cuando se requiera información adicional
- **Durabilidad:** Según ambiente de exposición específico

CONTROL DE EJECUCIÓN:

- **Puesta en obra:** Según procedimientos aprobados
- **Curado:** Según condiciones ambientales y normativa
- **Acabados:** Según especificaciones del proyecto
- **Tolerancias geométricas:** Según Código Estructural

6. METODOLOGÍA ESPECÍFICA

PROCESO DE CONTROL DE HORMIGÓN:

FASE 1 - CONTROL PREVIO:

- **Homologación de plantas:** Verificación de instalaciones productoras
- **Aprobación de dosificaciones:** Ensayos previos y caracterización
- **Control de materias primas:** Certificación antes del suministro
- **Planificación de suministros:** Coordinación con programa de obra

FASE 2 - CONTROL DE SUMINISTRO:

- **Verificación de albaranes:** Composición y características
- **Control de transporte:** Tiempos y condiciones
- **Ensayos de consistencia:** Antes de vertido

- **Toma de muestras:** Segundo procedimientos normalizados

FASE 3 - CONTROL DE EJECUCIÓN:

- **Preparación de encofrados:** Limpieza y desencofrante
- **Vertido controlado:** Evitar segregación
- **Vibrado adecuado:** Compactación homogénea
- **Curado protegido:** Condiciones de humedad y temperatura

FASE 4 - CONTROL FINAL:

- **Ensayos de conformidad:** Rotura de probetas
- **Control geométrico:** Tolerancias dimensionales
- **Inspección visual:** Acabados y defectos
- **Documentación final:** Certificados de conformidad

7. RESUMEN FINAL DE ENSAYOS

RESUMEN DE ENSAYOS SEGÚN PLAN DE CONTROL DE ESTRUCTURAS:

REMISIÓN AL DOCUMENTO ESPECÍFICO:

El número total de ensayos y su distribución por tipologías se encuentra detallado en el documento anexo "Plan de Control de Estructuras

- Lotificación de Estructuras", donde se especifica:

- **Lotificación por obras de fábrica:** Marcos, tajeadas, pasos de fauna
- **Lotificación por estructuras:** Viaductos, pasos superiores e inferiores
- **Lotificación por muros:** Muros de sostenimiento y contención
- **Lotificación por cimentaciones:** Zapatas, pilotes y encepados
- **Control de hormigón en masa:** Soleras, aceras y elementos auxiliares

FACTORES DETERMINANTES:

- **Resistencia característica:** Desde HA-25 hasta HA-30 según elemento
- **Ambiente de exposición:** I, IIa, IIb, III según ubicación
- **Volúmenes de hormigonado:** Variables según cronograma
- **Tipología estructural:** Cada tipo requiere control específico

8. PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS

SECUENCIA OPERATIVA PARA HORMIGÓN:

FASE 1 - PREPARACIÓN:

- **Selección de plantas suministradoras:** Homologación y certificación
- **Aprobación de dosificaciones:** Ensayos caracterización previa
- **Planificación de suministros:** Coordinación temporal con ejecución
- **Preparación de medios:** Bombas, vibradores, elementos auxiliares

FASE 2 - SUMINISTRO Y CONTROL:

- **Verificación documental:** Albaranes y certificados
- **Control de recepción:** Consistencia y características
- **Toma de muestras:** Probetas para ensayos de conformidad
- **Control de tiempos:** Desde amasado hasta vertido

FASE 3 - PUESTA EN OBRA:

- **Preparación de superficie:** Limpieza y humectación
- **Vertido controlado:** Evitar segregación y formación de juntas frías
- **Vibrado sistemático:** Compactación adecuada
- **Acabado superficial:** Según especificaciones del proyecto

ACCIONES CORRECTIVAS:

- **Hormigón fuera de especificación:** Rechazo inmediato
- **Consistencia inadecuada:** Corrección o devolución
- **Defectos de ejecución:** Reparación según procedimientos
- **No conformidades:** Ensayos informativos y dictamen técnico

9. PLAN DE MUESTREO

ESTRATEGIA DE MUESTREO PARA HORMIGÓN:

MUESTREO DE MATERIAS PRIMAS:

- **Cemento:** Certificados de fábrica y ensayos de recepción
- **Áridos:** Control de acopios y procedencia
- **Agua:** Análisis químico completo según normativa
- **Aditivos:** Certificados de conformidad y homologación

MUESTREO DE HORMIGÓN FRESCO:

- **Toma de muestras:** Según UNE-EN 12350-1
- **Probetas de control:** 15x30 cm para ensayos de rotura
- **Ensayos de consistencia:** Cono de Abrams in situ
- **Representatividad:** Muestras de diferentes amasadas

MUESTREO POR LOTES:

- **Lotificación:** Segundo volúmenes y cronograma del Código Estructural
- **Identificación:** Etiquetado y trazabilidad completa
- **Conservación:** Cámara húmeda a $20\pm2^{\circ}\text{C}$
- **Rotura escalonada:** 7, 28 días según normativa

CRITERIOS DE REPRESENTATIVIDAD:

- **Homogeneidad del lote:** Misma dosificación y condiciones
- **Condiciones de suministro:** Mismo proveedor y día
- **Condiciones de ejecución:** Mismas condiciones ambientales
- **Trazabilidad:** Desde producción hasta resultado final

10. REGISTROS Y DOCUMENTACIÓN

DOCUMENTACIÓN ESPECÍFICA PARA HORMIGÓN:

CONTROL DE SUMINISTRO:

- **Albaranes de entrega:** Composición, dosificación y hora de amasado
- **Certificados de planta:** Homologación y control de producción
- **Certificados de materias primas:** Cemento, áridos, agua y aditivos
- **Hojas de suministro:** Condiciones de transporte y entrega

CONTROL DE EJECUCIÓN:

- **Parte de hormigonado:** Condiciones climáticas y

Presupuesto: 180,7 Millones €

Plazo: 37 meses

Clave: 12-BU-4690

Normativa: PG-3, PPTP

PLAN DE ENSAYOS

UNIDAD 10: ACERO PARA ARMADURAS

1. RESUMEN EJECUTIVO

7.343,16

Tn Acero para
Armaduras

245

Lotes de Control

735

Ensayos Control

20%

% Contraste

CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DEL ACERO PARA ARMADURAS:

- **Definición:** Barras de acero corrugado para armaduras de hormigón armado
- **Aplicaciones:** Armaduras longitudinales y transversales en estructuras
- **Tipologías:** Barras corrugadas de diferentes diámetros y calidades
- **Control específico:** Características mecánicas, geométricas y de adherencia
- **Suministro:** En barras de longitud comercial o cortadas a medida
- **Almacenamiento:** Protegido de la intemperie y clasificado por diámetros
- **Identificación:** Marcado según normativa para trazabilidad completa

2. NORMATIVA TÉCNICA APlicable

NORMATIVA TÉCNICA APlicable:

- **Código Estructural** - Normativa principal para aceros de armadura
- **PG-3** - Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes
- **PPTP** - Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del proyecto
- **UNE-EN ISO 6892-1** - Ensayo a tracción de materiales metálicos
- **UNE-EN ISO 15630** - Ensayo de doblado y características geométricas
- **UNE-EN 10080** - Aceros para el armado del hormigón
- **UNE 36068** - Barras corrugadas de acero soldable
- **UNE-EN 10025** - Productos laminados en caliente de aceros para estructuras
- **UNE 36811** - Alambres de acero para armaduras del hormigón
- **Real Decreto 470/2021** - Código Estructural (armaduras del hormigón)

3. PROGRAMA DE ENSAYOS

DESCRIPCIÓN	LOTE	ENSAYO A REALIZAR	Nº ENSAYOS POR LOTE	NORMA	CRITERIO ACEPTACIÓN/RECHAZO	TONELAJE PROYECTO	Nº ENSAYOS CONTROL	% CONTRASTE	Nº CONTRASTE
ACERO PARA ARMADURAS - CONTROL DE LOS MATERIALES									
Características mecánicas	30 Tn	Ensayo a tracción determinando límite elástico, carga de rotura, alargamiento y módulo de elasticidad	1	UNE-EN ISO 6892-1	Según clase y tipo de acero especificado	7.343,16 Tn	245	20%	49
Características de ductilidad	30 Tn	Ensayo de doblado	1	UNE-EN ISO 15630	Sin grietas ni fisuras después del doblado	7.343,16 Tn	245	20%	49
Características geométricas	30 Tn	Características geométricas de una barra de acero y sección equivalente	1	UNE-EN ISO 15630	Dentro de tolerancias normativas	7.343,16 Tn	245	20%	49

4. ORGANIZACIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD

RESPONSABILIDADES:

- Técnico de Calidad:** José Antunes - Coordinación ensayos de autocontrol
- Jefe de Calidad:** Supervisión y validación de resultados
- Jefe de Obra:** Pedro Maillo - Revisión y seguimiento
- Director de Obra:** Aprobación final del plan de ensayos
- Especialista en Estructuras:** Control específico de armaduras

LABORATORIO:

- Acreditación:** Laboratorio acreditado según normativas ENAC aplicables
- Alcance específico:** Ensayos mecánicos y geométricos de aceros
- Equipamiento especializado:** Máquinas de tracción, equipos de doblado, medición geométrica
- Calibración:** Equipos calibrados según normativas aplicables

COORDINACIÓN ESPECÍFICA PARA ACERO:

- Control de suministro:** Verificación de procedencia y certificados
- Identificación y trazabilidad:** Marcado según normativa
- Almacenamiento controlado:** Clasificación por diámetros y calidades
- Manipulación adecuada:** Evitar daños durante transporte y almacenamiento

NOTA IMPORTANTE - DISTINTIVOS DE CALIDAD:

- Aceros con distintivo de calidad oficialmente reconocido:** Queda exento de la realización de ensayos de recepción, salvo los que expresamente ordene la Dirección de Obra
- Aplicación:** Según Artículo 1º del PG-3, los aceros que dispongan de Marca de Calidad, Certificación de Conformidad CE u otros distintivos oficiales reconocidos, no requerirán ensayos sistemáticos de control
- Excepción:** La Dirección de Obra podrá ordenar ensayos adicionales cuando lo considere necesario para verificar la conformidad
- Documentación requerida:** Certificados vigentes de los distintivos de calidad correspondientes
- Marcado CE:** El acero con marcado CE conforme a UNE-EN 10080 está exento de ensayos de recepción

5. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

CRITERIOS TÉCNICOS ESPECÍFICOS PARA ACERO DE ARMADURAS:

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS:

- **Límite elástico:** Según clase de acero especificada en proyecto
- **Carga de rotura:** Según normativas UNE-EN aplicables
- **Alargamiento de rotura:** Según especificaciones del acero
- **Relación límite elástico/carga de rotura:** Dentro de valores normativos

CARACTERÍSTICAS DE DUCTILIDAD:

- **Ensayo de doblado:** Sin aparición de grietas o fisuras
- **Ángulo de doblado:** Según diámetro y tipo de acero
- **Mandril de doblado:** Según especificaciones normativas
- **Comportamiento dúctil:** Adecuado para uso estructural

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS:

- **Diámetro nominal:** Dentro de tolerancias normativas
- **Sección equivalente:** Según cálculos normativos
- **Características de adherencia:** Corrugado según normativa
- **Rectitud y estado superficial:** Sin defectos apreciables

IDENTIFICACIÓN Y TRAZABILIDAD:

- **Marcado del fabricante:** Según normativa aplicable
- **Identificación del tipo de acero:** Clase y características
- **Certificados de conformidad:** Documentación completa
- **Trazabilidad completa:** Desde producción hasta puesta en obra

6. METODOLOGÍA ESPECÍFICA

PROCESO DE CONTROL DE ACERO PARA ARMADURAS:

FASE 1 - CONTROL DE SUMINISTRO:

- **Verificación de procedencia:** Fabricantes homologados y certificados
- **Control documental:** Certificados de conformidad y distintivos
- **Identificación del material:** Marcado según normativa
- **Control de transporte:** Condiciones adecuadas y protección

FASE 2 - CONTROL DE RECEPCIÓN:

- **Inspección visual:** Estado superficial y ausencia de defectos
- **Verificación de diámetros:** Clasificación y segregación
- **Muestreo para ensayos:** Según frecuencias establecidas
- **Almacenamiento controlado:** Clasificado y protegido

FASE 3 - ENSAYOS DE CONTROL:

- **Preparación de probetas:** Según procedimientos normalizados
- **Ensayos mecánicos:** Tracción y doblado
- **Mediciones geométricas:** Diámetros y características
- **Evaluación de resultados:** Comparación con criterios de aceptación

FASE 4 - CONTROL DE UTILIZACIÓN:

- **Manipulación adecuada:** Evitar doblados no previstos
- **Corte y doblado:** Según planos de despiece
- **Colocación en obra:** Según especificaciones de proyecto
- **Protección final:** Recubrimientos y condiciones de servicio

7. RESUMEN FINAL DE ENSAYOS

TIPO DE ENSAYO	FRECUENCIA	NORMA	Nº CONTROL	% CONTRASTE	Nº CONTRASTE
Ensayo a tracción	1 c/30 Tn	UNE-EN ISO 6892-1	245	20%	49
Ensayo de doblado	1 c/30 Tn	UNE-EN ISO 15630	245	20%	49
Características geométricas	1 c/30 Tn	UNE-EN ISO 15630	245	20%	49
TOTAL UNIDAD 10	-	-	735	20,0%	147

8. PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS

SECUENCIA OPERATIVA PARA ACERO DE ARMADURAS:

FASE 1 - PLANIFICACIÓN Y PEDIDOS:

- **Selección de proveedores:** Fabricantes con distintivos de calidad
- **Especificación técnica:** Diámetros, longitudes y calidades
- **Programa de suministros:** Coordinación con cronograma de obra
- **Verificación documental:** Certificados y homologaciones previas

FASE 2 - RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO:

- **Control de llegada:** Verificación de albaranes y documentación
- **Inspección visual:** Estado del material y ausencia de defectos
- **Clasificación por diámetros:** Segregación y etiquetado
- **Almacenamiento protegido:** Elevado del suelo y cubierto

FASE 3 - CONTROL DE CALIDAD:

- **Muestreo sistemático:** Según lotes y frecuencias establecidas
- **Ensayos de laboratorio:** Mecánicos y geométricos
- **Evaluación de resultados:** Conformidad con especificaciones
- **Liberación de lotes:** Autorización para uso en obra

ACCIONES CORRECTIVAS:

- **Material no conforme:** Segregación y devolución
- **Defectos menores:** Evaluación técnica para uso
- **Problemas de suministro:** Cambio de proveedor
- **Incidencias en ensayos:** Repetición o ensayos informativos

9. PLAN DE MUESTREO

ESTRATEGIA DE MUESTREO PARA ACERO DE ARMADURAS:

CRITERIOS

- **Tamaño de lote:** Máximo 30 toneladas del mismo diámetro y calidad (según Código Estructural)
- **Homogeneidad:** Mismo fabricante, misma colada y mismo suministro
- **Identificación:** Etiquetado claro con información de trazabilidad
- **Segregación:** Separación física entre diferentes lotes

TOMA DE MUESTRAS:

- **Selección aleatoria:** Barras representativas de todo el lote
- **Número de probetas:** Según normativa para cada tipo de ensayo
- **Preparación:** Corte y acondicionamiento según procedimientos

- **Identificación de probetas:** Trazabilidad completa hasta resultado

CONDICIONES DE ENSAYO:

- **Acondicionamiento:** Temperatura ambiente antes de ensayo
- **Velocidad de carga:** Según especificaciones normativas
- **Calibración de equipos:** Verificación periódica
- **Registro de datos:** Documentación completa de resultados

CRITERIOS DE REPRESENTATIVIDAD:

- **Distribución en el lote:** Muestras de diferentes partes
- **Estado del material:** Sin daños por manipulación
- **Condiciones de almacenamiento:** Sin alteraciones por corrosión
- **Coherencia temporal:** Ensayos en plazo adecuado

10. REGISTROS Y DOCUMENTACIÓN

DOCUMENTACIÓN ESPECÍFICA PARA ACERO DE ARMADURAS:

CONTROL DE SUMINISTRO:

- **Certificados de fábrica:** Análisis químico y características mecánicas
- **Certificados de conformidad:** Según normativas aplicables
- **Distintivos de calidad:** Marcado CE y otras certificaciones
- **Albaranes de entrega:** Cantidades, diámetros y procedencia

CONTROL DE ENSAYOS:

- **Actas de ensayo:** Resultados detallados de laboratorio
- **Identificación de lotes:** Trazabilidad desde origen
- **Fotografías de rotura:** Documentación visual de ensayos
- **Registro de probetas:** Numeración y control de muestras

CONTROL DE OBRA:

- **Partes de recepción:** Cantidades y estado del material
- **Control de almacenamiento:** Condiciones y clasificación
- **Incidencias y no conformidades:** Registro de problemas
- **Liberación de lotes:** Autorización para uso estructural

ARCHIVO Y CONSERVACIÓN:

- **Expediente por estructura:** Documentación completa
- **Conservación temporal:** Según normativas aplicables
- **Acceso a información:** Para inspecciones y revisiones
- **Transmisión al propietario:** Documentación final de obra

11. RESUMEN EJECUTIVO FINAL

CONCEPTO	VALOR	UNIDAD	OBSERVACIONES
Tonelaje total	7.343,16	Tn	Acero para armaduras de estructuras
Total ensayos control	735	ud	Autocontrol del contratista
Total ensayos contraste	147	ud	Control externo independiente
Porcentaje contraste	20,0%	%	Uniforme para todos los ensayos
Densidad de control	100,1	ensayos/1000 Tn	Control según Código Estructural

CONCEPTO	VALOR	UNIDAD	OBSERVACIONES
Lotes de control	245	ud	30 Tn por lote según Código Estructural
Tipos de ensayo	3	ud	Tracción, doblado y características geométricas
Aplicación estructural	Variable	-	Obras de fábrica, puentes y muros
Plazo estimado	24	meses	Distribuido según programa estructuras
Control normativo	C.E.	-	Código Estructural vigente

UNIDAD 10: Acero para Armaduras | **FECHA:** 21/07/2025

Plan de Ensayos PE-2025 - Autovía del Duero A-11 | Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible



PLAN DE ENSAYOS

AUTOVÍA DEL DUERO A-11

TRAMO: Variante de Langa de Duero – Variante de Aranda de Duero

CÓDIGO: PE-2025

REVISIÓN: 02

FECHA: 21/07/2025

Presupuesto: 180,7 Millones €

Plazo: 37 meses

Clave: 12-BU-4690

Normativa: PG-3, PPTP

PLAN DE ENSAYOS

UNIDAD 11: BORDILLOS DE HORMIGÓN

1. RESUMEN EJECUTIVO

3.061,31

m Bordillos de
Hormigón

6

Lotes de Control

30

Ensayos Control

15%

% Contraste

CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DE LOS BORDILLOS DE HORMIGÓN:

- **Definición:** Elementos prefabricados de hormigón para delimitación de calzadas
- **Aplicaciones:** Separación de calzadas, aceras, medianas y isletas
- **Tipologías:** Bordillos rectos, curvos, montables y de diferentes alturas
- **Características técnicas:** Resistencia mecánica, durabilidad y geometría
- **Fabricación:** Elementos prefabricados en instalaciones industriales
- **Normativa aplicable:** UNE-EN 1340 y UNE 127340
- **Control específico:** Forma, medidas, heladididad, resistencia a flexión y rozamiento

2. NORMATIVA TÉCNICA APlicable

NORMATIVA TÉCNICA APlicable:

- **PG-3** - Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes
- **Artículo 580** - Bordillos prefabricados de hormigón
- **PPTP** - Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del proyecto
- **UNE-EN 1340** - Bordillos de hormigón. Especificaciones y métodos de ensayo
- **UNE 127340** - Bordillos prefabricados de hormigón. Especificaciones
- **UNE-EN 206** - Hormigón. Especificación, producción y conformidad
- **UNE-EN 12350** - Ensayos de hormigón fresco
- **UNE-EN 12390** - Ensayos de hormigón endurecido
- **UNE-EN 13369** - Reglas comunes para productos prefabricados de hormigón
- **Real Decreto 256/2016** - Marcado CE de productos de construcción

3. PROGRAMA DE ENSAYOS

DESCRIPCIÓN	LOTE	ENSAYO A REALIZAR	Nº ENSAYOS POR LOTE	NORMA	CRITERIO ACEPTACIÓN/RECHAZO	LONGITUD PROYECTO	Nº ENSAYOS CONTROL	% CONTRASTE	Nº CONTRASTE
BORDILLOS DE HORMIGÓN - CONTROL DE LOS MATERIALES									
Control integral de bordillos	500 m	Forma, medida y designación de bordillos. Heladididad. Resistencia a la flexión. Resistencia al rozamiento.	5	UNE-EN 1340, UNE 127340	Según especificaciones técnicas de proyecto	3.061,31 m	30	15%	4

4. ORGANIZACIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD

RESPONSABILIDADES:

- **Técnico de Calidad:** José Antunes - Coordinación ensayos de autocontrol
- **Jefe de Calidad:** Supervisión y validación de resultados
- **Jefe de Obra:** Pedro Maillo - Revisión y seguimiento
- **Director de Obra:** Aprobación final del plan de ensayos
- **Especialista en Prefabricados:** Control específico de elementos prefabricados

LABORATORIO:

- **Acreditación:** Laboratorio acreditado según normativas ENAC aplicables
- **Alcance específico:** Ensayos de prefabricados de hormigón
- **Equipamiento especializado:** Equipos de flexión, abrasión y medición geométrica
- **Condiciones controladas:** Temperatura y humedad según normativas

COORDINACIÓN ESPECÍFICA PARA BORDILLOS:

- **Control de fabricación:** Verificación en planta prefabricadora
- **Control de transporte:** Manipulación y protección durante traslado
- **Control de acopio:** Almacenamiento clasificado en obra
- **Control de colocación:** Alineaciones, niveles y juntas

NOTA IMPORTANTE - DISTINTIVOS DE CALIDAD:

- **Bordillos con distintivo de calidad oficialmente reconocido:** Quedan exentos de la realización de ensayos de recepción, salvo los que expresamente ordene la Dirección de Obra
- **Aplicación:** Según Artículo 1º del PG-3, los bordillos que dispongan de Marca de Calidad, Certificación de Conformidad CE u otros distintivos oficiales reconocidos, no requerirán ensayos sistemáticos de control
- **Excepción:** La Dirección de Obra podrá ordenar ensayos adicionales cuando lo considere necesario para verificar la conformidad
- **Documentación requerida:** Certificados vigentes de los distintivos de calidad correspondientes
- **Marcado CE:** Los bordillos con marcado CE conforme a UNE-EN 1340 están exentos de ensayos de recepción

5. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

CRITERIOS TÉCNICOS SEGÚN NORMATIVAS APLICABLES:

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS:

- **Dimensiones:** Según especificaciones técnicas y tolerancias normativas
- **Forma y acabado:** Según diseño de proyecto y normativa UNE-EN 1340
- **Rectitud:** Dentro de tolerancias establecidas

- **Defectos superficiales:** Sin coqueras, fisuras o defectos apreciables

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS:

- **Resistencia a flexión:** Según normativa UNE-EN 1340
- **Resistencia al impacto:** Según especificaciones técnicas
- **Resistencia al rozamiento:** Según UNE 127340
- **Absorción de agua:** Según normativas aplicables

CARACTERÍSTICAS DE DURABILIDAD:

- **Resistencia a heladidad:** Según condiciones climáticas del proyecto
- **Resistencia al desgaste:** Para bordillos en zonas de tráfico
- **Resistencia química:** Ante agentes agresivos del ambiente
- **Estabilidad dimensional:** Sin variaciones significativas

IDENTIFICACIÓN Y MARCADO:

- **Marcado del fabricante:** Identificación clara y permanente
- **Características técnicas:** Clase de resistencia y tipología
- **Marcado CE:** Cuando sea exigible según normativa
- **Trazabilidad:** Identificación de lote y fecha de fabricación

6. METODOLOGÍA ESPECÍFICA

PROCESO DE CONTROL DE BORDILLOS DE HORMIGÓN:

FASE 1 - CONTROL DE FABRICACIÓN:

- **Homologación de planta:** Verificación de instalaciones prefabricadoras
- **Control de materias primas:** Cemento, áridos, agua y aditivos
- **Control de proceso:** Dosificación, amasado y curado
- **Control de producto:** Ensayos sobre elementos terminados

FASE 2 - CONTROL DE SUMINISTRO:

- **Verificación documental:** Certificados y albaranes de entrega
- **Inspección visual:** Estado superficial y ausencia de defectos
- **Control dimensional:** Verificación de medidas principales
- **Muestreo para ensayos:** Según frecuencias establecidas

FASE 3 - CONTROL DE ALMACENAMIENTO:

- **Clasificación por tipos:** Separación según características
- **Protección adecuada:** Evitar daños durante almacenamiento
- **Accesibilidad:** Facilitar manipulación y transporte
- **Identificación:** Mantenimiento de trazabilidad

FASE 4 - CONTROL DE COLOCACIÓN:

- **Preparación de superficie:** Nivelación y compactación
- **Alineaciones y niveles:** Según replanteo de proyecto
- **Juntas y encuentros:** Continuidad y estanqueidad
- **Acabado final:** Limpieza y protección

7. RESUMEN FINAL DE ENSAYOS

TIPO DE ENSAYO	FRECUENCIA	NORMA	Nº CONTROL	% CONTRASTE	Nº CONTRASTE
Forma, medida y designación	5 c/500 m	UNE-EN 1340	30	15%	4
Resistencia a heladidad	5 c/500 m	UNE-EN 1340	30	15%	4

TIPO DE ENSAYO	FRECUENCIA	NORMA	Nº CONTROL	% CONTRASTE	Nº CONTRASTE
Resistencia a flexión	5 c/500 m	UNE 127340	30	15%	4
Resistencia al rozamiento	5 c/500 m	UNE 127340	30	15%	4
TOTAL UNIDAD 11	-	-	120	15,0%	16

8. PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS

SECUENCIA OPERATIVA PARA BORDILLOS DE HORMIGÓN:

FASE 1 - PLANIFICACIÓN Y PEDIDOS:

- **Selección de fabricantes:** Plantas prefabricadoras homologadas
- **Especificación técnica:** Tipologías, dimensiones y características
- **Programa de suministros:** Coordinación con cronograma de obra
- **Verificación de distintivos:** Marcado CE y certificaciones

FASE 2 - FABRICACIÓN Y CONTROL:

- **Control en planta:** Proceso de fabricación y curado
- **Ensayos de conformidad:** Según programa establecido
- **Identificación y marcado:** Trazabilidad de lotes
- **Preparación para transporte:** Protección y manipulación

FASE 3 - TRANSPORTE Y RECEPCIÓN:

- **Control de carga:** Manipulación adecuada
- **Verificación en recepción:** Estado y documentación
- **Descarga controlada:** Evitar daños por impacto
- **Acopio clasificado:** Separación por tipos y lotes

ACCIONES CORRECTIVAS:

- **Elemento no conforme:** Segregación y devolución
- **Defectos menores:** Evaluación para uso específico
- **Problemas dimensionales:** Rechazo o adaptación
- **Incidencias de calidad:** Comunicación con fabricante

9. PLAN DE MUESTREO

ESTRATEGIA DE MUESTREO PARA BORDILLOS DE HORMIGÓN:

CRITERIOS DE LOTIFICACIÓN:

- **Tamaño de lote:** Máximo 500 metros lineales del mismo tipo
- **Homogeneidad:** Mismo fabricante, misma serie y período de fabricación
- **Identificación:** Marcado claro con información de trazabilidad
- **Segregación:** Separación física entre diferentes lotes

TOMA DE MUESTRAS:

- **Selección aleatoria:** Bordillos representativos de todo el lote
- **Número de probetas:** 5 ensayos por lote según normativa
- **Estado de conservación:** Sin daños por manipulación
- **Identificación de muestras:** Trazabilidad hasta resultado

CONDICIONES DE ENSAYO:

- **Acondicionamiento:** Segundo condiciones normalizadas
- **Preparación de probetas:** Segundo procedimientos específicos

- **Equipos calibrados:** Verificación periódica
- **Registro de datos:** Documentación completa

CRITERIOS DE REPRESENTATIVIDAD:

- **Distribución temporal:** Muestras de diferentes períodos
- **Uniformidad del lote:** Características homogéneas
- **Condiciones de fabricación:** Mismos parámetros de proceso
- **Coherencia dimensional:** Tolerancias dentro de especificaciones

10. REGISTROS Y DOCUMENTACIÓN

DOCUMENTACIÓN ESPECÍFICA PARA BORDILLOS DE HORMIGÓN:

CONTROL DE FABRICACIÓN:

- **Certificados de planta:** Homologación de instalaciones prefabricadoras
- **Control de materias primas:** Cemento, áridos, agua y aditivos
- **Fichas técnicas:** Características del producto fabricado
- **Registro de producción:** Lotes, fechas y condiciones de fabricación

CONTROL DE SUMINISTRO:

- **Albaranes de entrega:** Cantidad, tipos y procedencia
- **Certificados de conformidad:** Según normativas aplicables
- **Distintivos de calidad:** Marcado CE y otras certificaciones
- **Documentación de transporte:** Condiciones y manipulación

CONTROL DE ENSAYOS:

- **Actas de laboratorio:** Resultados detallados de ensayos
- **Fotografías de muestras:** Documentación visual
- **Identificación de lotes:** Trazabilidad completa
- **Registro de no conformidades:** Incidencias y acciones

CONTROL DE OBRA:

- **Partes de colocación:** Avances y condiciones de ejecución
- **Control geométrico:** Alineaciones, niveles y acabados
- **Incidencias técnicas:** Problemas y soluciones adoptadas
- **Recepción final:** Conformidad con especificaciones de proyecto

11. RESUMEN EJECUTIVO FINAL

CONCEPTO	VALOR	UNIDAD	OBSERVACIONES
Longitud total	3.061,31	m	Bordillos de hormigón prefabricado
Total ensayos control	120	ud	Autocontrol del contratista
Total ensayos contraste	16	ud	Control externo independiente
Porcentaje contraste	15,0%	%	Uniforme para todos los ensayos
Densidad de control	39,2	ensayos/1000 m	Control según normativas UNE
Lotes de control	6	ud	500 m por lote máximo
Tipos de ensayo	4	ud	Forma, heladividad, flexión y rozamiento

CONCEPTO	VALOR	UNIDAD	OBSERVACIONES
Aplicación principal	Viario	-	Calzadas, aceras y separadores
Fabricación	Prefabricado	-	Plantas homologadas con distintivos
Plazo estimado	8	meses	Fase final de urbanización

UNIDAD 11: Bordillos de Hormigón | **FECHA:** 21/07/2025

Plan de Ensayos PE-2025 - Autovía del Duero A-11 | Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible

Presupuesto: 180,7 Millones €

Plazo: 37 meses

Clave: 12-BU-4690

Normativa: PG-3, PPTP

PLAN DE ENSAYOS

UNIDAD 12: TUBERÍAS DE HORMIGÓN

1. RESUMEN EJECUTIVO

4.645,85

m Tuberías de
Hormigón

4

Lotes de Control

4

Ensayos Control

20%

% Contraste

CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DE LAS TUBERÍAS DE HORMIGÓN:

- **Definición:** Elementos prefabricados de hormigón para conducciones
- **Aplicaciones:** Drenaje, saneamiento y conducciones subterráneas
- **Tipologías:** Tubos circulares de diferentes diámetros y series
- **Características técnicas:** Resistencia mecánica, estanqueidad y durabilidad
- **Fabricación:** Elementos prefabricados con control industrial
- **Normativa aplicable:** UNE-EN 1916 y UNE 127916
- **Control específico:** Dimensiones, estanqueidad, aplastamiento y flexión longitudinal

2. NORMATIVA TÉCNICA APlicable

NORMATIVA TÉCNICA APlicable:

- **PG-3** - Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes
- **Artículo 410** - Tubos prefabricados de hormigón
- **PPTP** - Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del proyecto
- **UNE-EN 1916** - Tubos y piezas complementarias de hormigón en masa, hormigón armado y hormigón con fibras de acero
- **UNE 127916** - Tubos y piezas complementarias de hormigón. Especificaciones
- **UNE-EN 206** - Hormigón. Especificación, producción y conformidad
- **UNE-EN 12350** - Ensayos de hormigón fresco
- **UNE-EN 12390** - Ensayos de hormigón endurecido
- **UNE-EN 13369** - Reglas comunes para productos prefabricados de hormigón
- **Real Decreto 256/2016** - Marcado CE de productos de construcción

3. PROGRAMA DE ENSAYOS

DESCRIPCIÓN	LOTE	ENSAYO A REALIZAR	Nº ENSAYOS POR LOTE	NORMA	CRITERIO ACEPTACIÓN/RECHAZO	LONGITUD PROYECTO	Nº ENSAYOS CONTROL	% CONTRASTE	Nº CONTRASTE
TUBERÍAS DE HORMIGÓN - CONTROL DE LOS MATERIALES									
Control integral de tuberías	1000 m	Comprobación de dimensiones tubos. Ensayo de estanqueidad. Ensayo de aplastamiento. Ensayo de flexión longitudinal.	1	UNE-EN 1916, UNE 127916	Según especificaciones técnicas de proyecto	4.645,85 m	4	20%	1

4. ORGANIZACIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD

RESPONSABILIDADES:

- **Técnico de Calidad:** José Antunes - Coordinación ensayos de autocontrol
- **Jefe de Calidad:** Supervisión y validación de resultados
- **Jefe de Obra:** Pedro Maillo - Revisión y seguimiento
- **Director de Obra:** Aprobación final del plan de ensayos
- **Especialista en Prefabricados:** Control específico de elementos prefabricados

LABORATORIO:

- **Acreditación:** Laboratorio acreditado según normativas ENAC aplicables
- **Alcance específico:** Ensayos de prefabricados de hormigón
- **Equipamiento especializado:** Equipos de presión, aplastamiento y medición dimensional
- **Condiciones controladas:** Instalaciones según normativas específicas

COORDINACIÓN ESPECÍFICA PARA TUBERÍAS:

- **Control de fabricación:** Verificación en planta prefabricadora
- **Control de transporte:** Manipulación y protección durante traslado
- **Control de acopio:** Almacenamiento protegido en obra
- **Control de instalación:** Alineaciones, pendientes y juntas

NOTA IMPORTANTE - DISTINTIVOS DE CALIDAD:

- **Tuberías con distintivo de calidad oficialmente reconocido:** Quedan exentas de la realización de ensayos de recepción, salvo los que expresamente ordene la Dirección de Obra
- **Aplicación:** Según Artículo 1º del PG-3, las tuberías que dispongan de Marca de Calidad, Certificación de Conformidad CE u otros distintivos oficiales reconocidos, no requerirán ensayos sistemáticos de control
- **Excepción:** La Dirección de Obra podrá ordenar ensayos adicionales cuando lo considere necesario para verificar la conformidad
- **Documentación requerida:** Certificados vigentes de los distintivos de calidad correspondientes
- **Marcado CE:** Las tuberías con marcado CE conforme a UNE-EN 1916 están exentas de ensayos de recepción

5. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

CRITERIOS TÉCNICOS SEGÚN NORMATIVAS APLICABLES:

CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES:

- **Diámetros:** Según especificaciones técnicas y tolerancias normativas

- **Longitudes:** Según diseño de proyecto y normativa UNE-EN 1916
- **Espesores:** Dentro de tolerancias establecidas según serie
- **Rectitud:** Sin desviaciones superiores a las admisibles

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS:

- **Resistencia al aplastamiento:** Según clase de resistencia especificada
- **Resistencia a flexión longitudinal:** Según normativa UNE-EN 1916
- **Absorción de agua:** Dentro de límites normativos
- **Integridad estructural:** Sin fisuras ni defectos

CARACTERÍSTICAS DE ESTANQUEIDAD:

- **Ensayo de estanqueidad:** Sin pérdidas superiores a las admisibles
- **Juntas:** Funcionamiento correcto de elementos de unión
- **Acabado interior:** Superficie lisa sin defectos
- **Resistencia química:** Ante agentes agresivos del terreno

IDENTIFICACIÓN Y MARCADO:

- **Marcado del fabricante:** Identificación clara y permanente
- **Características técnicas:** Clase, serie y diámetro
- **Marcado CE:** Cuando sea exigible según normativa
- **Fecha de fabricación:** Trazabilidad temporal del elemento

6. METODOLOGÍA ESPECÍFICA

PROCESO DE CONTROL DE TUBERÍAS DE HORMIGÓN:

FASE 1 - CONTROL DE FABRICACIÓN:

- **Homologación de planta:** Verificación de instalaciones prefabricadoras
- **Control de materias primas:** Cemento, áridos, agua y aditivos
- **Control de proceso:** Compactación, curado y desmoldeo
- **Control de producto:** Ensayos sobre elementos terminados

FASE 2 - CONTROL DE SUMINISTRO:

- **Verificación documental:** Certificados y albaranes de entrega
- **Inspección visual:** Estado superficial y ausencia de defectos
- **Control dimensional:** Verificación de diámetros y longitudes
- **Muestreo para ensayos:** Según frecuencias establecidas

FASE 3 - CONTROL DE ALMACENAMIENTO:

- **Clasificación por diámetros:** Separación según características
- **Protección adecuada:** Evitar daños durante almacenamiento
- **Apoyos correctos:** Distribución de cargas y estabilidad
- **Accesibilidad:** Facilitar manipulación e inspección

FASE 4 - CONTROL DE INSTALACIÓN:

- **Preparación de zanja:** Excavación y cama de apoyo
- **Alineaciones y pendientes:** Segundo proyecto topográfico
- **Uniones y juntas:** Estanqueidad y continuidad
- **Relleno controlado:** Compactación por capas

7. RESUMEN FINAL DE ENSAYOS

TIPO DE ENSAYO	FRECUENCIA	NORMA	Nº CONTROL	% CONTRASTE	Nº CONTRASTE
Comprobación de dimensiones	1 c/1000 m	UNE-EN 1916	4	20%	1

TIPO DE ENSAYO	FRECUENCIA	NORMA	Nº CONTROL	% CONTRASTE	Nº CONTRASTE
Ensayo de estanqueidad	1 c/1000 m	UNE 127916	4	20%	1
Ensayo de aplastamiento	1 c/1000 m	UNE-EN 1916	4	20%	1
Ensayo de flexión longitudinal	1 c/1000 m	UNE-EN 1916	4	20%	1
TOTAL UNIDAD 12	-	-	16	20,0%	4

8. PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS

SECUENCIA OPERATIVA PARA TUBERÍAS DE HORMIGÓN:

FASE 1 - PLANIFICACIÓN Y PEDIDOS:

- **Selección de fabricantes:** Plantas prefabricadoras homologadas
- **Especificación técnica:** Diámetros, series y longitudes
- **Programa de suministros:** Coordinación con excavaciones
- **Verificación de distintivos:** Marcado CE y certificaciones

FASE 2 - FABRICACIÓN Y CONTROL:

- **Control en planta:** Proceso de fabricación y curado
- **Ensayos de conformidad:** Según programa establecido
- **Identificación y marcado:** Trazabilidad de lotes
- **Preparación para transporte:** Manipulación especializada

FASE 3 - TRANSPORTE Y ACOPIO:

- **Transporte especializado:** Equipos adecuados para el peso
- **Descarga controlada:** Evitar impactos y roturas
- **Acopio clasificado:** Separación por diámetros y series
- **Protección temporal:** Evitar daños atmosféricos

ACCIONES CORRECTIVAS:

- **Elemento no conforme:** Segregación y devolución
- **Defectos menores:** Evaluación para uso específico
- **Problemas dimensionales:** Rechazo o cambio de ubicación
- **Roturas en transporte:** Sustitución inmediata

9. PLAN DE MUESTREO

ESTRATEGIA DE MUESTREO PARA TUBERÍAS DE HORMIGÓN:

CRITERIOS DE LOTIFICACIÓN:

- **Tamaño de lote:** Máximo 1000 metros lineales del mismo diámetro y serie
- **Homogeneidad:** Mismo fabricante, misma serie y período de fabricación
- **Identificación:** Marcado claro con información de trazabilidad
- **Segregación:** Separación física entre diferentes lotes

TOMA DE MUESTRAS:

- **Selección aleatoria:** Tubos representativos de todo el lote
- **Estado de conservación:** Sin daños por manipulación
- **Representatividad temporal:** Muestras de diferentes períodos
- **Identificación de muestras:** Trazabilidad hasta resultado

CONDICIONES DE ENSAYO:

- **Acondicionamiento:** Segundo condiciones normalizadas
- **Preparación específica:** Segundo tipo de ensayo a realizar
- **Equipos calibrados:** Verificación periódica de instrumentos
- **Registro detallado:** Documentación completa de procedimientos

CRITERIOS DE REPRESENTATIVIDAD:

- **Distribución en el lote:** Muestras de diferentes partidas
- **Uniformidad de características:** Mismas especificaciones técnicas
- **Condiciones de fabricación:** Parámetros de proceso similares
- **Coherencia temporal:** Ensayos en plazo adecuado tras fabricación

10. REGISTROS Y DOCUMENTACIÓN

DOCUMENTACIÓN ESPECÍFICA PARA TUBERÍAS DE HORMIGÓN:

CONTROL DE FABRICACIÓN:

- **Certificados de planta:** Homologación de instalaciones prefabricadoras
- **Control de materias primas:** Cemento, áridos, agua y aditivos
- **Fichas técnicas:** Características del producto fabricado
- **Registro de producción:** Lotes, fechas y condiciones de curado

CONTROL DE SUMINISTRO:

- **Albaranes de entrega:** Cantidad, diámetros y procedencia
- **Certificados de conformidad:** Segundo normativas UNE-EN aplicables
- **Distintivos de calidad:** Marcado CE y otras certificaciones
- **Documentación de transporte:** Condiciones y manipulación

CONTROL DE ENSAYOS:

- **Actas de laboratorio:** Resultados detallados por tipo de ensayo
- **Fotografías de ensayos:** Documentación visual de procedimientos
- **Identificación de lotes:** Trazabilidad completa desde fabricación
- **Registro de no conformidades:** Incidencias y acciones correctivas

CONTROL DE INSTALACIÓN:

- **Partes de instalación:** Avances y condiciones de ejecución
- **Control topográfico:** Alineaciones, cotas y pendientes
- **Pruebas de estanqueidad in situ:** Verificación de funcionamiento
- **Recepción final:** Conformidad con especificaciones de proyecto

11. RESUMEN EJECUTIVO FINAL

CONCEPTO	VALOR	UNIDAD	OBSERVACIONES
Longitud total	4.645,85	m	Tuberías de hormigón prefabricado
Total ensayos control	16	ud	Autocontrol del contratista
Total ensayos contraste	4	ud	Control externo independiente
Porcentaje contraste	20,0%	%	Uniforme para todos los ensayos
Densidad de control	3,4	ensayos/1000 m	Control según normativas UNE
Lotes de control	4	ud	1000 m por lote máximo

CONCEPTO	VALOR	UNIDAD	OBSERVACIONES
Tipos de ensayo	4	ud	Dimensiones, estanqueidad, aplastamiento y flexión
Aplicación principal	Drenaje	-	Obras de drenaje transversal
Fabricación	Prefabricado	-	Plantas homologadas con distintivos
Plazo estimado	18	meses	Fase de drenajes y obras de fábrica

UNIDAD 12: Tuberías de Hormigón | **FECHA:** 21/07/2025

Plan de Ensayos PE-2025 - Autovía del Duero A-11 | Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible



PLAN DE ENSAYOS

AUTOVÍA DEL DUERO A-11

TRAMO: Variante de Langa de Duero – Variante de Aranda de Duero

CÓDIGO: PE-2025

REVISIÓN: 02

FECHA: 21/07/2025

Presupuesto: 180,7 Millones €

Plazo: 37 meses

Clave: 12-BU-4690

Normativa: PG-3, PPTP

PLAN DE ENSAYOS

UNIDAD 13: MARCAS VIALES

1. RESUMEN EJECUTIVO

481.077,67

m Marcas Viales

240

Lotes de Control

1.680

Ensayos Control

15%

% Contraste

CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DE LAS MARCAS VIALES:

- **Definición:** Señalización horizontal mediante pinturas y materiales retrorreflectantes
- **Aplicaciones:** Delimitación de carriles, separación de sentidos y señalización horizontal
- **Componentes:** Pintura, microesferas de vidrio y materiales retrorreflectantes
- **Características técnicas:** Adherencia, durabilidad, visibilidad y retrorreflexión
- **Aplicación:** En caliente o en frío según tipo de material
- **Normativa aplicable:** UNE 48076, UNE 135202, UNE-EN ISO 2811-1, UNE 135214, UNE-EN 1871
- **Control específico:** Consistencia, secado, densidad, luminancia y resistencia al envejecimiento

2. NORMATIVA TÉCNICA APlicable

NORMATIVA TÉCNICA APPLICABLE:

- **PG-3** - Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes
- **Artículo 700** - Marcas viales
- **PPTP** - Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del proyecto
- **UNE 48076** - Consistencia de Krebs-Stormer
- **UNE 135202** - Tiempo de secado
- **UNE-EN ISO 2811-1** - Densidad relativa
- **UNE 135214-1, UNE 135214-2** - Factor de luminancia
- **UNE-EN 1871** - Resistencia al sangrado, envejecimiento artificial acelerado y resistencia a los álcalis
- **UNE-EN 1423** - Granulometría, índice de esferas defectuosas, índice de refracción y resistencia de agentes químicos en microesferas
- **Instrucción 8.1-IC** - Señalización horizontal

3. PROGRAMA DE ENSAYOS

DESCRIPCIÓN	LOTE	ENSAYO A REALIZAR	Nº ENSAYOS POR LOTE	NORMA	CRITERIO ACEPTACIÓN/RECHAZO	LONGITUD PROYECTO	Nº ENSAYOS CONTROL	% CONTRASTE	Nº CONTRASTE
MARCAS VIALES - CONTROL DE LOS MATERIALES									
Pintura para marcas viales	2000 m	Consistencia de Krebs-Stormer	1	UNE 48076	Según especificaciones técnicas del fabricante	481.077,67 m	240	15%	36
	2000 m	Tiempo de secado	1	UNE 135202	Según condiciones de aplicación	481.077,67 m	240	15%	36
	2000 m	Densidad relativa	1	UNE-EN ISO 2811-1	Según especificaciones del producto	481.077,67 m	240	15%	36
	2000 m	Factor de luminancia	1	UNE 135214-1, UNE 135214-2	Según clase de marca vial	481.077,67 m	240	15%	36
	2000 m	Resistencia al sangrado. Envejecimiento artificial acelerado. Resistencia a los álcalis.	1	UNE-EN 1871	Según especificaciones de durabilidad	481.077,67 m	240	15%	36
Microesferas de vidrio	1 ud	Granulometría de microesferas	1	UNE-EN 1423	Según clasificación normativa	481.077,67 m	1	20%	1
	1 ud	Índice de esferas defectuosas en microesferas	1	UNE-EN 1423	Máximo permitido según normativa	481.077,67 m	1	20%	1
	1 ud	Determinación de índice de refracción en microesferas	1	UNE-EN 1423	Según especificaciones técnicas	481.077,67 m	1	20%	1
	1 ud	Resistencia de los agentes químicos en microesferas	1	UNE-EN 1423	Según resistencia requerida	481.077,67 m	1	20%	1

4. ORGANIZACIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD

RESPONSABILIDADES:

- **Técnico de Calidad:** José Antunes - Coordinación ensayos de autocontrol
- **Jefe de Calidad:** Supervisión y validación de resultados
- **Jefe de Obra:** Pedro Maillo - Revisión y seguimiento
- **Director de Obra:** Aprobación final del plan de ensayos
- **Especialista en Señalización:** Control específico de marcas viales

LABORATORIO:

- **Acreditación:** Laboratorio acreditado según normativas ENAC aplicables
- **Alcance específico:** Ensayos de pinturas y materiales retrorreflectantes
- **Equipamiento especializado:** Equipos de consistencia, secado, densidad y fotometría

- **Condiciones controladas:** Temperatura y humedad según normativas

COORDINACIÓN ESPECÍFICA PARA MARCAS VIALES:

- **Control de materiales:** Verificación antes de aplicación
- **Control de aplicación:** Condiciones climáticas y procedimientos
- **Control de acabado:** Espesor, uniformidad y retrorreflexión
- **Control de durabilidad:** Comportamiento a medio plazo

NOTA IMPORTANTE - DISTINTIVOS DE CALIDAD:

- **Materiales con distintivo de calidad oficialmente reconocido:** Quedan exentos de la realización de ensayos de recepción, salvo los que expresamente ordene la Dirección de Obra
- **Aplicación:** Según Artículo 1º del PG-3, las pinturas y microesferas que dispongan de Marca de Calidad, Certificación de Conformidad CE u otros distintivos oficiales reconocidos, no requerirán ensayos sistemáticos de control
- **Excepción:** La Dirección de Obra podrá ordenar ensayos adicionales cuando lo considere necesario para verificar la conformidad
- **Documentación requerida:** Certificados vigentes de los distintivos de calidad correspondientes
- **Certificaciones específicas:** Los materiales con certificaciones AENOR u otras reconocidas están exentos de ensayos de recepción

5. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

CRITERIOS TÉCNICOS SEGÚN NORMATIVAS APLICABLES:

CARACTERÍSTICAS DE LA PINTURA:

- **Consistencia:** Según normativa UNE 48076 y especificaciones del fabricante
- **Tiempo de secado:** Adecuado para condiciones de tráfico según UNE 135202
- **Densidad relativa:** Dentro de rangos establecidos según UNE-EN ISO 2811-1
- **Adherencia:** Sobre diferentes tipos de pavimento

CARACTERÍSTICAS ÓPTICAS:

- **Factor de luminancia:** Según clase de marca vial y normativa UNE 135214
- **Color:** Cumplimiento de coordenadas cromáticas especificadas
- **Retrorreflexión:** Valores mínimos según tipo de vía
- **Uniformidad:** Sin variaciones significativas de color o brillo

CARACTERÍSTICAS DE DURABILIDAD:

- **Resistencia al sangrado:** Sin migración de componentes según UNE-EN 1871
- **Envejecimiento artificial:** Comportamiento bajo condiciones aceleradas
- **Resistencia a álcalis:** Estabilidad ante agentes químicos
- **Resistencia a la abrasión:** Durabilidad ante el tráfico

CARACTERÍSTICAS DE MICROESFERAS:

- **Granulometría:** Distribución según clasificación UNE-EN 1423
- **Esferas defectuosas:** Porcentaje máximo admisible
- **Índice de refracción:** Valor mínimo para retrorreflexión
- **Resistencia química:** Estabilidad ante agentes agresivos

6. METODOLOGÍA ESPECÍFICA

PROCESO DE CONTROL DE MARCAS VIALES:

FASE 1 - CONTROL DE MATERIALES:

- **Verificación de suministros:** Certificados y hojas técnicas
- **Control de almacenamiento:** Condiciones de temperatura y humedad
- **Ensayos de recepción:** Según frecuencias establecidas
- **Homogeneización:** Agitado antes de aplicación

FASE 2 - CONTROL DE APLICACIÓN:

- **Condiciones climáticas:** Temperatura, humedad y viento
- **Preparación del pavimento:** Limpieza y secado de la superficie
- **Calibración de equipos:** Dosificación y espesor de aplicación
- **Control durante aplicación:** Uniformidad y continuidad

FASE 3 - CONTROL DE ACABADO:

- **Espesor de película:** Medición según especificaciones
- **Uniformidad visual:** Ausencia de defectos superficiales
- **Tiempo de secado:** Verificación antes de apertura al tráfico
- **Retrorreflexión inicial:** Medición de valores ópticos

FASE 4 - CONTROL DE DURABILIDAD:

- **Seguimiento temporal:** Evaluación periódica de comportamiento
- **Medición de retroreflexión:** Control de evolución en el tiempo
- **Estado superficial:** Desgaste y conservación
- **Mantenimiento programado:** Actuaciones según necesidades

7. RESUMEN FINAL DE ENSAYOS

TIPO DE ENSAYO	FRECUENCIA	NORMA	Nº CONTROL	% CONTRASTE	Nº CONTRASTE
Consistencia Krebs-Stormer	1 c/2000 m	UNE 48076	240	15%	36
Tiempo de secado	1 c/2000 m	UNE 135202	240	15%	36
Densidad relativa	1 c/2000 m	UNE-EN ISO 2811-1	240	15%	36
Factor de luminancia	1 c/2000 m	UNE 135214	240	15%	36
Resistencia al envejecimiento	1 c/2000 m	UNE-EN 1871	240	15%	36
Ensayos microesferas	1 por obra	UNE-EN 1423	4	20%	4
TOTAL UNIDAD 13	-				



PLAN DE ENSAYOS

AUTOVÍA DEL DUERO A-11

TRAMO: Variante de Langa de Duero – Variante de Aranda de Duero

CÓDIGO: PE-2025

REVISIÓN: 02

FECHA: 21/07/2025

Presupuesto: 180,7 Millones €

Plazo: 37 meses

Clave: 12-BU-4690

Normativa: PG-3, PPTP

PLAN DE ENSAYOS

UNIDAD 14: SEÑALIZACIÓN VERTICAL

1. RESUMEN EJECUTIVO

4.496

Lud Señales Verticales

1.124

Lotes de Control

4.496

Ensayos Control

10%

% Contraste

CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DE LA SEÑALIZACIÓN VERTICAL:

- **Definición:** Elementos de señalización e información vial vertical
- **Componentes:** Placas metálicas, postes de sustentación, elementos de anclaje y láminas retrorreflectantes
- **Aplicaciones:** Señalización de tráfico, información y orientación
- **Características técnicas:** Resistencia mecánica, durabilidad y propiedades ópticas
- **Normativa aplicable:** UNE 135313, UNE 135320, UNE 135311, UNE 135340
- **Control específico:** Geometría, curvado longitudinal, elementos de sustentación y láminas retrorreflectantes

2. NORMATIVA TÉCNICA APlicable

NORMATIVA TÉCNICA APlicable:

- **PG-3** - Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes
- **Artículo 701** - Señalización vertical
- **PPTP** - Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del proyecto
- **UNE 135313** - Características geométricas de placas metálicas para señales y carteles
- **UNE 135320** - Determinación del curvado longitudinal (efecto sobre) y planeidad
- **UNE 135311** - Elementos de sustentación y anclaje
- **UNE 135340** - Láminas retrorreflectantes poliméricas
- **Instrucción 8.1-IC** - Señalización vertical
- **Real Decreto 1428/2003** - Reglamento de circulación

3. PROGRAMA DE ENSAYOS

DESCRIPCIÓN	LOTE	ENSAYO A REALIZAR	Nº ENSAYOS POR LOTE	NORMA	CRITERIO ACEPTACIÓN/RECHAZO	UNIDADES PROYECTO	Nº ENSAYOS CONTROL	% CONTRASTE	Nº CONTRASTE
SEÑALIZACIÓN VERTICAL - CONTROL DE LOS MATERIALES									
Placas metálicas	4 ud	Comprobación de las características geométricas, de placas metálicas para señales y carteles	1	UNE 135313	Según especificaciones técnicas del proyecto	4.496 ud	1.124	10%	112
	1 ud	Determinación del curvado longitudinal (efecto sabre) y planeidad	1	UNE 135320	Dentro de tolerancias normativas	4.496 ud	1.124	10%	112
	1 ud	Comprobación elementos de sustentación y anclaje	1	UNE 135311	Según características mecánicas especificadas	4.496 ud	1.124	10%	112
	1 ud	Comprobación láminas retrorreflectantes poliméricas	1	UNE 135340	Según clase de retrorreflexión especificada	4.496 ud	1	10%	1

4. ORGANIZACIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD

NOTA IMPORTANTE - DISTINTIVOS DE CALIDAD:

- **Señales con distintivo de calidad oficialmente reconocido:** Quedan exentas de la realización de ensayos de recepción, salvo los que expresamente ordene la Dirección de Obra
- **Aplicación:** Según Artículo 1º del PG-3, las señales que dispongan de Marca de Calidad, Certificación de Conformidad CE u otros distintivos oficiales reconocidos, no requerirán ensayos sistemáticos de control
- **Excepción:** La Dirección de Obra podrá ordenar ensayos adicionales cuando lo considere necesario para verificar la conformidad
- **Documentación requerida:** Certificados vigentes de los distintivos de calidad correspondientes
- **Marcado CE:** Las señales con marcado CE están exentas de ensayos de recepción

5. RESUMEN FINAL DE ENSAYOS

TIPO DE ENSAYO	FRECUENCIA	NORMA	Nº CONTROL	% CONTRASTE	Nº CONTRASTE
Características geométricas	1 c/4 ud	UNE 135313	1.124	10%	112
Curvado longitudinal	1 por obra	UNE 135320	1.124	10%	112
Elementos sustentación	1 por obra	UNE 135311	1.124	10%	112
Láminas retrorreflectantes	1 por obra	UNE 135340	1	10%	1
TOTAL UNIDAD 14	-	-	3.373	10,0%	337



PLAN DE ENSAYOS

AUTOVÍA DEL DUERO A-11

TRAMO: Variante de Langa de Duero – Variante de Aranda de
Duero

CÓDIGO: PE-2025

REVISIÓN: 02

FECHA: 21/07/2025

Presupuesto: 180,7 Millones €

Plazo: 37 meses

Clave: 12-BU-4690

Normativa: PG-3, PPTP

PLAN DE ENSAYOS

UNIDAD 15: CEMENTOS

1. RESUMEN EJECUTIVO

33.456

Tn Cementos

1.770

Ensayos Control

354

Ensayos Contraste

20,6%

% Contraste
Promedio

NOTA IMPORTANTE - DISTINTIVOS DE CALIDAD:

- Cementos con distintivo de calidad oficialmente reconocido:** Quedan exentos de la realización de ensayos de recepción, salvo los que expresamente ordene la Dirección de Obra
- Aplicación:** Según Artículo 1º del PG-3, los cementos que dispongan de Marca de Calidad, Certificación de Conformidad CE u otros distintivos oficiales reconocidos, no requerirán ensayos sistemáticos de control
- Excepción:** La Dirección de Obra podrá ordenar ensayos adicionales cuando lo considere necesario para verificar la conformidad
- Marcado CE:** Los cementos con marcado CE están exentos de ensayos de recepción

2. NORMATIVA TÉCNICA APLICABLE

NORMATIVA TÉCNICA APLICABLE:

- UNE-EN 197-1** - Cemento. Composición, especificaciones y criterios de conformidad
- UNE-EN 1744-1** - Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos
- UNE-EN 196-2** - Métodos de ensayo de cementos. Análisis químico
- UNE 80108** - Determinación del principio y fin de fraguado
- UNE 80103** - Determinación de la estabilidad de volumen
- UNE-EN 196-1** - Métodos de ensayo de cementos. Determinación de resistencias mecánicas
- UNE 80304** - Cementos. Cálculo de la composición potencial del clíker Portland
- Código Estructural** - Especificaciones para hormigones estructurales

3. PROGRAMA DE ENSAYOS

DESCRIPCIÓN	LOTE	ENSAYO A REALIZAR	Nº ENSAYOS POR LOTE	NORMA	CRITERIO ACEPTACIÓN/RECHAZO	VOLUMEN PROYECTO	Nº ENSAYOS CONTROL	% CONTRASTE	Nº CONTRASTE
CEMENTOS - CONTROL DE LOS MATERIALES									
Control químico	200 Tn	Determinación de contenido en sulfatos	1	UNE-EN 1744-1	Según tipo de cemento	33.456,56 Tn	165	20%	33
	200 Tn	Determinación de contenido en cloruros	1	UNE-EN 196-2	$\leq 0,10\% \text{ (H.A.)} / \leq 0,04\% \text{ (H.P.)}$	33.456,56 Tn	165	20%	33
	200 Tn	Determinación de principio y fin de fraguado	1	UNE 80108, 80103	Inicio ≥ 75 min; Fin ≤ 600 min	33.456,56 Tn	165	20%	33
	200 Tn	Determinación de estabilidad de volumen	1	UNE 80108, 80103	Expansión ≤ 10 mm	33.456,56 Tn	165	20%	33
	200 Tn	Determinación de resistencia a compresión	1	UNE-EN 13286	Según clase resistente	33.456,56 Tn	165	20%	33
	200 Tn	Determinación de composición potencial del clinker	1	UNE 80304	Según especificaciones UNE-EN 197-1	33.456,56 Tn	5	20%	1
	200 Tn	Ensayo granulométrico	1	UNE 103101	Finura según especificaciones	33.456,56 Tn	910	20%	182
	200 Tn	Ensayo de densidad aparente en tolueno	1	UNE-EN 1097-3	Según valores característicos	33.456,56 Tn	195	20%	39

UNIDAD 15: Cementos | FECHA: 21/07/2025

Plan de Ensayos PE-2025 - Autovía del Duero A-11 | Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible



PLAN DE ENSAYOS

AUTOVÍA DEL DUERO A-11

TRAMO: Variante de Langa de Duero – Variante de Aranda de Duero

CÓDIGO: PE-2025

REVISIÓN: 02

FECHA: 21/07/2025

Presupuesto: 180,7 Millones €

Plazo: 37 meses

Clave: 12-BU-4690

Normativa: PG-3, PPTP

PLAN DE ENSAYOS

UNIDAD 16: PEDRAPLEN

1. RESUMEN EJECUTIVO

67.296

m³ Pedraplen

22

Ensayos Control

4

Ensayos Contraste

20,0%

% Contraste Promedio

CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DE LA UNIDAD:

- **Material rocoso:** Rocas duras y permeables, resistentes a la alteración
- **Granulometría específica:** Tamaño máximo 1000 mm, con distribución granulométrica controlada
- **Control en origen:** Verificación de características en cantera o lugar de procedencia
- **Índice de lajas:** Limitación de elementos planos según UNE-EN 933-3
- **Control granulométrico intensivo:** Verificación de contenidos granulométricos críticos
- **Aplicación específica:** Núcleos de terraplén y zonas de grandes espesores

2. NORMATIVA TÉCNICA APlicable

NORMATIVA TÉCNICA APlicable:

- **PG-3** - Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes
- **Artículo 331** - Pedraplen (aplicable específicamente a esta unidad)
- **PPTP** - Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del proyecto
- **UNE-EN 933-1** - Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos
- **UNE-EN 933-3** - Determinación de la forma de las partículas. Índice de lajas
- **UNE-EN 933-8** - Evaluación de los finos. Ensayo del equivalente de arena
- **UNE-EN 1097-2** - Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación
- **UNE-EN 1097-6** - Determinación de la densidad de partículas y la absorción de agua
- **UNE 103808** - Ensayo de carga con placa (para control de ejecución)
- **Instrucciones específicas** - Para control de pedraplen en grandes obras lineales

3. PROGRAMA DE ENSAYOS

DESCRIPCIÓN	LOTE	ENSAYO A REALIZAR	Nº ENSAYOS POR LOTE	NORMA	CRITERIO ACEPTACIÓN/RECHAZO	VOLUMEN PROYECTO	Nº ENSAYOS CONTROL	% CONTRASTE	Nº CONTRASTE
PEDRAPLEN - CONTROL DE MATERIALES EN ORIGEN									
Control granulométrico del material	10.000 m ³	Análisis granulométrico completo	1	UNE-EN 933-1	Curva granulométrica según PPTP	67.295,97 m ³	7	20%	1
	5.000 m ³	Determinación contenido peso 25 UNE	1	UNE-EN 933	Según especificaciones PPTP	67.295,97 m ³	13	20%	2
	5.000 m ³	Determinación contenido peso 0,08 UNE	1	UNE-EN 933	≤ 5% peso total	67.295,97 m ³	13	20%	2
	20.000 m ³	Determinación del índice de lajas	1	UNE-EN 933-3	≤ 35% en peso	67.295,97 m ³	3	20%	1
PEDRAPLEN - CONTROL DE EJECUCIÓN									
Control de capacidad portante	25.000 m ³	Carga vertical con placa estática	1	UNE 103808	Ev2 ≥ 100 MPa; Ev2/Ev1 ≤ 2,2	67.295,97 m ³	3	25%	1

4. ORGANIZACIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD

RESPONSABILIDADES:

- Técnico de Calidad:** José Antunes - Coordinación ensayos de autocontrol
- Jefe de Calidad:** Supervisión y validación de resultados
- Jefe de Obra:** Pedro Maillo - Revisión y seguimiento
- Director de Obra:** Aprobación final del plan de ensayos

LABORATORIO:

- Acreditación:** Laboratorio acreditado para ensayos de áridos según ENAC
- Alcance:** Ensayos granulométricos y de forma de partículas
- Capacidades especiales:** Análisis granulométrico de áridos gruesos
- Equipamiento específico:** Tamices hasta 125 mm según normas europeas

CONTROL EN CANTERA/ORIGEN:

- Identificación de procedencia:** Certificación geológica del material rocoso
- Muestreo representativo:** Toma de muestras según volúmenes especificados
- Ensayos previos:** Caracterización completa antes del empleo masivo
- Segregación por calidades:** Separación de materiales según aptitud

5. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

CRITERIOS TÉCNICOS SEGÚN PG-3 ARTÍCULO 331:

CARACTERÍSTICAS GENERALES:

- Naturaleza petrológica:** Rocas ígneas, metamórficas o sedimentarias duras
- Resistencia a compresión simple:** ≥ 80 MPa (según UNE-EN 1926)
- Resistencia a la fragmentación:** Coeficiente Los Ángeles ≤ 40
- Alterabilidad:** Pérdidas por sulfato sódico ≤ 12%

CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS:

- **Tamaño máximo:** 1000 mm
- **Tamaño mínimo:** ≥ 10 mm (min. 80% en peso)
- **Distribución granulométrica:** Curva granulométrica bien graduada
- **Contenido de finos:** Cernido por tamiz 0,08 UNE $\leq 5\%$

FORMA DE LAS PARTÍCULAS:

- **Índice de lajas:** $\leq 35\%$ en peso según UNE-EN 933-3
- **Coeficiente de forma:** Según especificaciones particulares del proyecto
- **Porcentaje de partículas trituradas:** $\geq 75\%$ en peso

CONTROL DE EJECUCIÓN:

- **Espesor máximo de tongada:** 1,5 m
- **Compactación:** Energía específica suficiente según tipo de material
- **Módulo de compresión:** $E_v2 \geq 100$ MPa y $E_v2/E_v1 \leq 2,2$
- **Tolerancia de acabado:** ± 10 cm respecto a la rasante teórica

6. METODOLOGÍA ESPECÍFICA

CONTROL DE MATERIALES EN ORIGEN:

- **Muestreo granulométrico:** Toma de muestras representativas cada 10.000 m³
- **Análisis granulométrico completo:** Serie completa de tamices hasta 125 mm
- **Control de finos:** Verificación sistemática del contenido < 0,08 mm
- **Índice de lajas:** Control de forma de partículas para evitar segregación
- **Certificación de cantera:** Documentación de procedencia y características geotécnicas

CONTROL DE EJECUCIÓN:

- **Extensión controlada:** Tongadas máximas de 1,5 m con distribución uniforme
- **Compactación específica:** Energía adaptada al tamaño de partículas
- **Control de capacidad portante:** Ensayos de placa en zonas representativas
- **Verificación de estabilidad:** Comprobación de deformaciones bajo carga

PROCEDIMIENTOS ESPECÍFICOS PARA PEDRAPLEN:

- **Segregación controlada:** Evitar separación de tamaños durante transporte y extensión
- **Humectación si necesaria:** Riego ligero para facilitar acomodación de partículas
- **Control de juntas:** Unión adecuada entre tongadas y con terreno natural
- **Drenaje interno:** Verificación de permeabilidad y drenaje del conjunto

7. PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS

SECUENCIA DE CONTROL:

FASE 1 - CARACTERIZACIÓN EN CANTERA:

- **Estudio geológico:** Identificación de formaciones rocosas aptas
- **Ensayos de caracterización:** Resistencia, durabilidad y propiedades físicas
- **Optimización de voladura:** Granulometría resultante adecuada al uso
- **Certificación de procedencia:** Documentación técnica completa

FASE 2 - CONTROL DE RECEPCIÓN:

- **Verificación granulométrica:** Análisis completo del material llegado a obra
- **Control de forma:** Índice de lajas y elementos desfavorables
- **Control de finos:** Verificación de ausencia de material fino perjudicial
- **Aceptación del lote:** Conformidad previa a la puesta en obra

FASE 3 - CONTROL DE EJECUCIÓN:

- **Preparación de superficie:** Acondicionamiento del terreno de apoyo

- **Extensión controlada:** Distribución uniforme evitando segregación
- **Compactación específica:** Energía adecuada al tipo de material
- **Control final:** Verificación de capacidad portante y estabilidad

ACCIONES CORRECTIVAS:

- **Rechazo de material:** Substitución de material no conforme
- **Recompactación:** Nueva compactación si no se alcanzan módulos requeridos
- **Corrección granulométrica:** Ajuste de la distribución de tamaños
- **Mejora del drenaje:** Medidas adicionales si es necesario

8. PLAN DE MUESTREO

ESTRATEGIA DE MUESTREO PARA PEDRAPLEN:

MUESTREO EN CANTERA/ORIGEN:

- **Análisis granulométrico:** Muestra cada 10.000 m³ de material extraído
- **Control de finos:** Verificación cada 5.000 m³ del contenido < 0,08 mm
- **Control de tamaños gruesos:** Verificación cada 5.000 m³ del contenido > 25 mm
- **Índice de lajas:** Control cada 20.000 m³ de la forma de partículas

MUESTREO EN OBRA:

- **Control de recepción:** Verificación de cada carga significativa
- **Control de ejecución:** Ensayos de placa cada 25.000 m³ colocados
- **Control visual continuo:** Verificación de ausencia de segregación
- **Documentación GPS:** Localización exacta de todos los puntos de ensayo

CRITERIOS DE MUESTREO:

- **Representatividad:** Muestras representativas de todo el volumen
- **Trazabilidad:** Registro completo de procedencia y localización
- **Frecuencia adaptada:** Mayor control en fases iniciales de empleo
- **Coordinación con producción:** Muestreo coordinado con ritmo de obra

9. REGISTROS Y DOCUMENTACIÓN

DOCUMENTACIÓN ESPECÍFICA PARA PEDRAPLEN:

CONTROL DE MATERIALES:

- **Certificados de cantera:** Origen geológico y características del macizo rocoso
- **Ánálisis granulométricos:** Curvas granulométricas completas y conformidad
- **Control de forma:** Índices de lajas y evaluación de partículas desfavorables
- **Certificación de procedencia:** Trazabilidad completa del material

CONTROL DE EJECUCIÓN:

- **Partes de extensión:** Registro de tongadas, espesores y condiciones
- **Control de compactación:** Energías aplicadas y resultados obtenidos
- **Ensayos de placa:** Resultados de capacidad portante y deformabilidad
- **Incidencias y correcciones:** Registro de anomalías y medidas adoptadas

INFORMES TÉCNICOS:

- **Caracterización del material:** Resumen de propiedades y aptitud
- **Control de calidad:** Cumplimiento de especificaciones técnicas
- **Ánálisis estadístico:** Evaluación de conformidad y tendencias
- **Certificación final:** Declaración de conformidad de la unidad ejecutada

10. RESUMEN FINAL DE ENSAYOS

TIPO DE ENSAYO	FRECUENCIA	NORMA	Nº CONTROL	% CONTRASTE	Nº CONTRASTE	APLICABILIDAD
Análisis granulométrico	1 c/10.000 m ³	UNE-EN 933-1	7	20%	1	Control de materiales
Contenido peso 25 UNE	1 c/5.000 m ³	UNE-EN 933	13	20%	2	Control granulométrico
Contenido peso 0,08 UNE	1 c/5.000 m ³	UNE-EN 933	13	20%	2	Control de finos
Índice de lajas	1 c/20.000 m ³	UNE-EN 933-3	3	20%	1	Control de forma
Placa de carga	1 c/25.000 m ³	UNE 103808	3	25%	1	Control de ejecución
TOTAL UNIDAD 16	-	-	22	20,0%	4	Pedraplen

11. RESUMEN EJECUTIVO FINAL

CONCEPTO	VALOR	UNIDAD	OBSERVACIONES
Volumen total	67.295,97	m ³	Material rocoso para núcleos de terraplén
Total ensayos control	22	ud	Autocontrol del contratista
Total ensayos contraste	4	ud	Control externo independiente
Porcentaje contraste	20,0%	%	Promedio ponderado según tipo de ensayo
Densidad de control	0,33	ensayos/1000 m ³	Control específico para material de gran tamaño
Control en cantera	19	ensayos	Caracterización previa en lugar de procedencia
Control de ejecución	3	ensayos	Verificación de capacidad portante in situ
Espesor medio tongadas	1,5	m	Espesor máximo según especificaciones PG-3
Plazo estimado	4	meses	Ejecución coordinada con movimiento de tierras

12. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARTICULARES

CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DEL PEDRAPLEN EN ESTE PROYECTO:

APLICACIÓN EN LA OBRA:

- Localización principal:** Núcleos de terraplenes de gran altura (> 15 m)
- Sectores de aplicación:** Tramos TR1, TR2 y TR4 principalmente
- Coordinación con drenaje:** Compatible con sistema de drenaje interno
- Interfaz con otros materiales:** Transición controlada con suelos seleccionados

CONTROL DE CALIDAD ESPECÍFICO:

- Procedencia certificada:** Canteras homologadas con estudios geotécnicos
- Control granulométrico intensivo:** Verificación de distribución de tamaños
- Ensayos de durabilidad:** Resistencia a alteración y fragmentación
- Control de forma:** Limitación de elementos lajeados desfavorables

CRITERIOS DE ACEPTACIÓN ESPECÍFICOS:

- Resistencia mínima:** Compresión simple ≥ 80 MPa

- **Los Ángeles:** Coeficiente ≤ 40
- **Índice de lajas:** ≤ 35% en peso
- **Contenido de finos:** ≤ 5% pasante por 0,08 mm
- **Módulo de deformación:** Ev2 ≥ 100 MPa tras puesta en obra

13. COORDINACIÓN CON OTRAS UNIDADES

INTERFACES CON OTRAS UNIDADES DE OBRA:

MOVIMIENTO DE TIERRAS:

- **Excavaciones:** Coordinación con obtención de material de desmonte
- **Terraplenes:** Integración en núcleos de terraplenes de gran altura
- **Préstamos:** Posible procedencia de préstamos autorizados P-4, P-7, P-9

DRENAJE:

- **Drenaje interno:** Compatible con sistemas de evacuación de agua
- **Obras de drenaje transversal:** No interferencia con ODT principales
- **Estabilidad de taludes:** Contribución a estabilidad general

ESTRUCTURAS:

- **Cimentaciones:** Posible empleo en rellenos junto a estructuras
- **Muros de contención:** Relleno trasero con material drenante
- **Viaductos:** Material de transición en estribos

FIRMES:

- **Coronación:** Transición controlada hacia explanada
- **Geometría final:** Acondicionamiento para recepción de firmes
- **Drenaje superficial:** Evacuación de aguas hacia cunetas

14. CONTROL MEDIOAMBIENTAL

ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES ESPECÍFICOS:

CONTROL DE PROCEDENCIA:

- **Canteras autorizadas:** Verificación de licencias ambientales vigentes
- **Planes de restauración:** Coordinación con planes de restauración de canteras
- **Transporte sostenible:** Optimización de distancias y rutas

CONTROL DE RUIDO Y POLVO:

- **Limitación horaria:** Respeto de horarios en zonas sensibles
- **Control de polvo:** Humectación controlada en manipulación
- **Rutas de transporte:** Minimización de molestias a población

GESTIÓN DE RESIDUOS:

- **Aprovechamiento máximo:** Optimización del uso del material disponible
- **Rechazos controlados:** Gestión adecuada de material no conforme
- **Reutilización:** Posible empleo en otras aplicaciones de la obra