CONFIDENCIAL

Izado nocturno del cajón del vano 4 en dos tramos con grúa única de 250 t · agosto de 2028 · infografía a escala sobre la geometría del proyecto

AMPLIACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL RAMAL DE ENLACE MA-21 CON MA-20 EN SENTIDO BARCELONA QUE CRUZA LA MA-20 A LA ALTURA DEL P.K. 5+560. TÉRMINO MUNICIPAL DE MÁLAGA. PROVINCIA DE MÁLAGA

Clave: OC-MA-26004 · Proyecto 38-MA-5000

SOBRE ELECTRÓNICO 2.

DOCUMENTACIÓN TÉCNICA.

CRITERIOS VALORABLES MEDIANTE JUICIO DE VALOR

GOBIERNO DE ESPAÑA · MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

Fecha: octubre de 2026

RED DE CARRETERAS DEL ESTADO

Índice de la oferta técnica

Epígrafe	Criterio o subcriterio del PCAP al que responde	Pág.
1. MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROCESO DE EJECUCIÓN Y PLAN DE OBRA		**4**
1.1 Concepción global de la obra	Concepción global de la obra	4
1.2 Análisis de los condicionantes externos y climatológicos	Condicionantes externos y climatológicos; conocimiento de la zona y del terreno	6
Lámina 1 · Concepción global de la obra		7
1.3 Organización de la obra y medios personales	Resumen de medios personales y materiales; perfil del delegado de obra	9
1.4 Plan de suministros y transporte	Fuentes de suministro de materiales y su validación; garantía de suministros Medios de transporte y plantas de producción de materiales	12
1.5 Acopios e instalaciones auxiliares	Necesidades de acopios e instalaciones auxiliares	14
1.6 Procesos constructivos de las actividades importantes y complejas	Actividades importantes o complejas y procesos constructivos	14
Lámina 2 · Implantación y zonas de obra por fases		15
Lámina 3 · Apeo del vano 3 y conversión del E2 existente en P3		22
1.7 Desvíos provisionales y reposición de servicios afectados	Desvíos provisionales y reposición de servicios, con señalización y seguridad	26
1.8 Préstamos, vertederos y balance de tierras	Zonas de préstamos y vertederos	27
1.9 Unidades que se ejecutarán mediante subcontratación	Unidades que se realizarán mediante subcontratación	27
1.10 Medios para minimizar errores materiales en mediciones y presupuesto	Medios para minimizar errores materiales en mediciones y presupuestos	28
1.11 Contingencias identificadas y respuesta prevista		29
1.12 Plan de obra		29
Lámina 4 · Programa de trabajos (Gantt)	Plan de obra: lista de actividades y programa (Gantt)	34
2. PROPUESTA DE PLAN DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD		**35**
2.1 Sistema de gestión de la calidad y plan de la obra		35
2.2 Aspectos concretos de las unidades a controlar y normativa técnica aplicable	Aspectos concretos de las unidades a controlar y normativa técnica aplicable	35
2.3 Organización y organigrama del control de calidad	Organización y organigrama del control de calidad	36
2.4 Criterios de muestreo técnico y de aceptación y rechazo	Criterios de muestreo técnico y de aceptación y rechazo	36
2.5 Programas de puntos de inspección y puntos de parada	Mayor alcance de la calidad y controles propuestos durante la ejecución	37
2.6 Control geométrico		39
2.7 Proveedores, subcontratistas y laboratorio		39
2.8 Control documental, no conformidades y auditorías		39
3. PROPUESTA DE PLAN DE ACTUACIONES MEDIOAMBIENTALES		**40**
3.1 Sistema de gestión ambiental de la empresa	Sistemas de gestión ambiental de la empresa aplicables a la obra y certificados	40
3.2 Organización y organigrama ambiental	Organización y organigrama de las actuaciones medioambientales	40
3.3 Requisitos legales aplicables	Identificación de requisitos legales	40
3.4 Programa de vigilancia: unidades, impactos y medidas	Programa de vigilancia ambiental: unidades, actividades generadoras de impactos y medidas	41
3.5 Replanteo, préstamos, vertederos, instalaciones y accesos	Replanteo, préstamos y vertederos, instalaciones, accesos temporales, maquinaria y lavarruedas, desmantelamiento	41
3.6 Gestión de residuos y contaminación (RD 105/2008)	Gestión de residuos y control de la contaminación (RD 105/2008)	42
3.7 Materiales reciclados, reutilizados y reciclables (criterios a y b)	Materiales reciclados, reutilizables o reciclables (criterios a y b)	43
3.8 Prevención de incendios forestales	Prevención de incendios forestales (criterio d)	44
3.9 Emergencias ambientales		44

CONFIDENCIAL

3.10 Emisiones y huella de carbono	Medidas del criterio c: tierras, residuos, contaminación, combustibles fósiles	44
4. MEMORIA DE SEGURIDAD Y SALUD		**45**
4.1 Organización de la prevención en la obra	Organización de la prevención: organigrama, recursos preventivos y funciones Marco de gestión de la prevención según norma internacional (ISO 45001)	45
4.2 Participación del personal	Sistemas de participación del personal del contratista y subcontratistas	47
4.3 Formación e información particularizadas	Procesos de formación e información	47
4.4 Trabajo nocturno y protecciones colectivas		47
4.5 Emergencias y relación con servicios externos	Situaciones de emergencia y relación con servicios externos	48
4.6 Revisión crítica del Estudio de Seguridad y Salud	Revisión del estudio de seguridad y salud: deficiencias y mejoras	49
5. TECNOLOGÍA E I+D+I		**50**
5.1 Dónde aplica la UTE la tecnología en esta obra	Tecnologías propuestas para la ejecución de la obra	50
5.2 Proyectos propios de I+D+i de la UTE CONF. UNE 166001)	Tecnologías desarrolladas por el contratista en proyectos de I+D+i acreditados (UNE 166001)	50
5.3 Equipos y herramientas de CONF. para la obra		51
5.4 Tecnologías especializadas en los procesos estructurales	Tecnologías de I+D+i no desarrolladas por el licitador	52
5.5 Balance cuantificado de la tecnología en esta obra	Cuantificación de la mejora de calidad y de coste	53
5.6 Implantación y entrega de datos	Tecnologías para un mejor seguimiento de los trabajos por la DGC	53
5.7 Origen documentado de las tecnologías de terceros		54
6. MEMORIA DE MINIMIZACIÓN DEL IMPACTO A LOS USUARIOS		**56**
6.1 Análisis de la movilidad de los usuarios en las zonas afectadas	Análisis de la movilidad y estudios de tráfico por fases	56
6.2 Situaciones que producen afecciones y medios para disminuirlas	Situaciones que producen afecciones y medios para disminuirlas	59
Lámina 5 · Desvíos y esquemas de movilidad por fases	Esquemas de movilidad de cada fase (lámina)	60
6.3 Afección de la maquinaria a la red viaria	Afección de la maquinaria a la red viaria, cortes y polvo	61
6.4 Restricciones de la DGT y situaciones de alta intensidad	Restricciones de la DGT y alta intensidad de tráfico	62
6.5 Ruido, polvo, barro, limpieza e integración visual	Reducción del ruido y barro en carreteras en servicio; limpieza y ocultación visual	62
6.6 Gestión de incidencias y accidentes en los desvíos		63
6.7 Impacto para cada tipo de usuario		64
6.8 Información a los usuarios y coordinación	Comunicación e información a los usuarios	64

CONFIDENCIAL

1. MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROCESO DE EJECUCIÓN Y PLAN DE OBRA

120,10 m	6 × Ø1,80 m	8 micropilotes	34,55 m	24 meses
longitud del puente con el vano 4 (hoy 85,00 m)	pilotes de 47,50-50,00 m en P3 y NE2	recalce IR de P2, Ø225 mm × 30 m, desde el este	vano isostático en cajón mixto, dos tramos de ≈18 m soldados en obra	apertura al tráfico 24/02/2029

1.1. Concepción global de la obra

1.1.1. Problemática y solución proyectada

El puente que lleva el ramal MA-21→MA-20 sentido Barcelona sobre la MA-20 (inventario MA-0020-0005+460) es un tablero continuo de **85,00 m** en tres vanos de **21,25 + 42,50 + 21,25 m**, con cajón trapezoidal de acero autopatinable de **1,40 m** de canto (fondo 3,80 m, cabeza 5,60 m) y losa de **0,25 m** y **10,80 m** de anchura. Desde su construcción en 2008 el estribo E2 existente ha asentado del orden de **30 cm** y la pila P2 unos **10 cm**; el tablero se ha izado seis veces con chapas de recrecido sobre los apoyos y el E2 existente sigue descendiendo a **10-15 mm/año** por el relleno antrópico de unos **10 m** que carga sus pilotes Ø1,25 m, cuya capacidad está agotada. La obra no es una ampliación convencional: el antiguo E2 pasa a trabajar como **pila P3** sobre cuatro pilotes nuevos **Ø1,80 m de 47,50 m**, se construye un **nuevo estribo NE2** 34,50 m más allá (entre ejes de apoyo) sobre dos pilotes **Ø1,80 m de 50,00 m**, se recalza P2 con **8 micropilotes IR Ø225 mm de 30 m** y se añade un **vano isostático de 34,55 m** (34,50 m entre ejes de apoyo) en cajón mixto con continuidad de losa sobre P3.

Figura 1.1. Obra terminada. Vista aérea del ramal MA-21→MA-20 ampliado: vano 4 en cajón de acero patinable sobre la nueva pila P3 y el nuevo estribo NE2, con el terraplén que cargaba el antiguo E2 ya retirado.

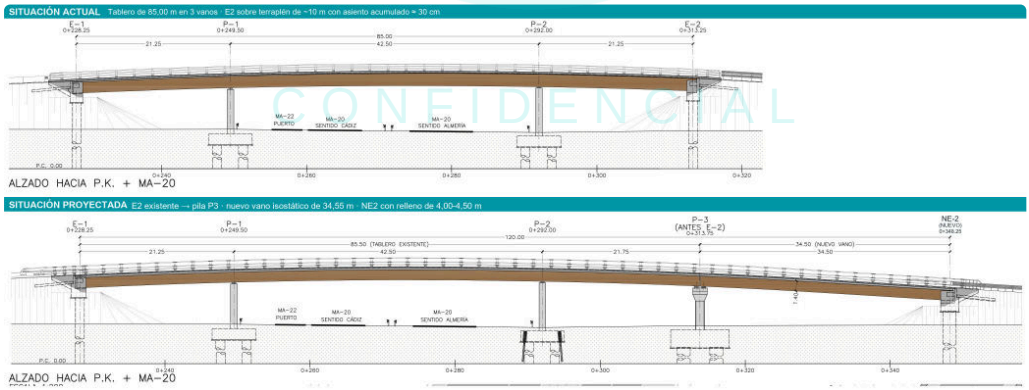


Figura 1.2. Situación actual y situación proyectada. El vano 4 permite retirar el terraplén que carga el antiguo E2 y rebajar el relleno del nuevo estribo NE2 a 4,00-4,50 m; P3 recibe el vano existente y el nuevo sobre el encepado de 12,20 × 8,10 × 2,50 m con ventanas que independizan los pilotes antiguos.

La dificultad está en que **el vano 3 tiene que seguir apoyado todo el tiempo** mientras se le cambia el apoyo: se perfora a través de la losa demolida, se construye un encepado alrededor de pilotes que siguen cargados, se transfiere el tablero a torres de apeo, se demuele el cargadero que lo sostenía y se vuelve a transferir a la pila nueva. Cada una de esas transferencias es irreversible y se ha tratado como un **punto de parada con acta** y medida instrumental, no como una fecha del programa.

Figura 1.3. El puente desde la MA-20 antes y después de la obra. Izquierda: estado actual, con el terraplén del E2 existente cargando sus pilotes. Derecha: obra terminada, con el vano 4 en cajón de acero patinable sobre P3 y NE2 y el terraplén retirado.

1.1.2. Frentes de trabajo y camino crítico

La UTE CONFIDENCIAL CONF. (en adelante, la UTE) organiza la obra en siete frentes físicos con códigos únicos que se mantienen en texto, planos, programa y modelo de apoyo: **E1** (reconstrucción de murete, aletas, losa de transición y apoyos), **P1** y **P2** (sustitución de apoyos; recalce de P2 desde el este, sin ocupar el arcén de la MA-20), **P3** (pilotes, encepado, apeo, demolición del antiguo E2 y nueva pila), **NE2** (pilotes y cargadero del nuevo estribo), **V4** (cajón metálico en dos tramos con cimbra intermedia, prelosas y losa) y **T** (tráfico, desvíos y señalización). La cadena crítica resultante es única y está gobernada por la cimentación (figura siguiente): *autorizaciones → implantación → retirada del terraplén → pilotes NE2 y P3 → encepado P3 → apeo del vano 3 → demolición del antiguo E2 → pila P3 → transferencia → montaje del cajón (grúa de 250 t, izado de los dos tramos, soldadura de la junta de obra y descimbrado) → losa → acabados → prueba de carga*. El cajón se fabrica en taller en paralelo y queda liberado en el **mes 9**, nueve meses antes de su montaje, de modo que la fabricación metálica nunca condiciona el plazo. La cadena no tiene holgura propia: la única reserva son 5 días al final del programa, y el plan de obra asigna a cada riesgo de la cadena su medida de recuperación dentro de la misma fase. Su avance se mide cada semana contra el programa, con un objetivo ≥ 95 % (apartado 1.12).

Figura 1.4. Cadena crítica del programa. En rojo, las tres operaciones irreversibles sobre el tablero, cada una con acta de punto de parada; la fabricación del cajón discurre en paralelo con 595 jornadas de holgura.

Aportación de la UTE	Qué se hace	Causa técnica y efecto en la obra
P2 recalzado antes de descargar	Los 8 micropilotes se ejecutan del 24/05 al 02/06/2027 desde el este, con su propio acceso, y el recalce se recibe el 30/06/2027, antes de retirar el terraplén	P2 se refuerza antes de que cambie el empuje sobre sus pilotes y cada campaña tiene su propia lectura de auscultación
Una sola pilotadora Ø1,80 m, NE2 antes que P3	Los 2 pilotes de NE2 se ejecutan primero, lejos del apoyo existente, y después los 4 de P3 en orden 1-3-2-4	Se calibra lodo, rendimiento y empotramiento en margas con el primer pilote sin riesgo para el tablero; una planta de lodos y un solo pilote abierto
Cajón en dos tramos con cimbra provisional	Taller EXC4 con premontaje en blanco; transporte especial de dos tramos de 18,00 y 16,55 m (≈38 y ≈35 t); cimbra provisional intermedia en el vano 4 y soldadura de la unión en posición en 6 jornadas	El vano 4 salva el antiguo terraplén, no la MA-20: la cimbra apoya en terreno propio de la obra y cada tramo pesa la mitad, lo que reduce el tamaño de grúa y el transporte; el izado de cada tramo cabe en una noche de ramal cortado, sin ocupar la MA-20

Aportación de la UTE	Qué se hace	Causa técnica y efecto en la obra
Izado con una grúa de 250 t en la plataforma interior	Grúa a 10,5 m del eje en el PK 331,5, fuera de la cimbra; radio de gancho ≤ 14,5 m (14,3 m en la posición final) y utilización ≈ 65 %; cada tramo se traslada con SPMT al punto de recogida y se iza en una noche: jueves 3 → viernes 4 y lunes 7 → martes 8/08/2028, con noche de reserva	Sin grúa entre el tablero y la MA-20, sin tándem y **sin ocupación de la MA-20**; solo se cierra de noche el ramal a nivel del este por precaución
Apeo con bloqueo mecánico	Torres sobre el encepado recibido, gatos sincronizados con tuerca de seguridad y células de carga	La carga del vano 3 no se confía a presión hidráulica durante los **102 días** en que el vano descansa sobre el apeo (20/04-31/07/2028)

La lámina siguiente sitúa estos frentes sobre la ortofoto, relaciona cada fase del proyecto con su estado en el modelo de apoyo y resume los datos de la actuación.

1.2. Análisis de los condicionantes externos y climatológicos

El equipo técnico de la UTE visitó la obra el 01/09/2026 (accesos, entorno de P2, terraplén y cargadero del E2 existente, cuneta con su tubo Ø300 y arquetas). La UTE ha elaborado además un **visor 3D georreferenciado** de la obra por fases, accesible con el código QR de la lámina 1 como ayuda para comprender la oferta; no añade contenido a esta memoria. La UTE ha convertido cada condicionante del entorno en una decisión de ejecución con su responsable. La tabla recoge los que modifican el método o el calendario; los de tráfico se desarrollan con detalle en el apartado 6.

Figura 1.5. Visita de 01/09/2026. Tablero curvo del ramal sobre la MA-20 en servicio; pila P2 junto a la bionda de la MA-20 con el terraplén del E2 existente al fondo; cargadero del E2 existente con las chapas de recrecido sobre los apoyos.

La climatología de Málaga (estación 6155A, normales 1991-2020) es favorable a la producción pero concentra la lluvia en **octubre-diciembre**, justo cuando el programa sitúa el pilotaje (septiembre-diciembre de 2027). La UTE ha calculado los días no trabajables por mes y los ha incorporado al programa como coeficiente climático **Ct** de cada rendimiento (0,90 en tierras y rellenos, 0,95 en estructura), además de las medidas específicas de cada estación.

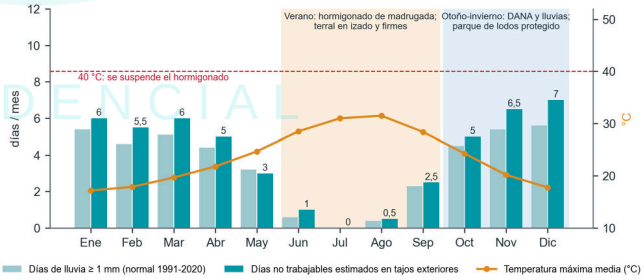


Figura 1.6. Calendario climático de producción. Días de lluvia ≥1 mm, temperatura máxima media y días no trabajables estimados por mes, con las restricciones de hormigonado, izado y firmes que se derivan.

- **Lluvias de otoño y DANA.** El episodio del 13/11/2024 obligó a desalojar las márgenes del Guadalhorce, a 0,92 km. Durante la campaña de pilotes la planta de lodos se sitúa sobre solera elevada con cubeto, hay bomba de reserva y se aplica protocolo de parada con aviso naranja: se rellena o se protege la perforación abierta y se retiran equipos de las cotas bajas.
- **Calor y terral.** Julio y agosto superan los 31 °C de máxima media y el terral ha llevado la temperatura a 44,2 °C. Los hormigonados masivos de verano (encepado, pila P3, losa) se inician a las 6:00 o de noche con autorización, con agua fría o hielo en planta, retardador y curado inmediato; se suspenden por encima de 40 °C.

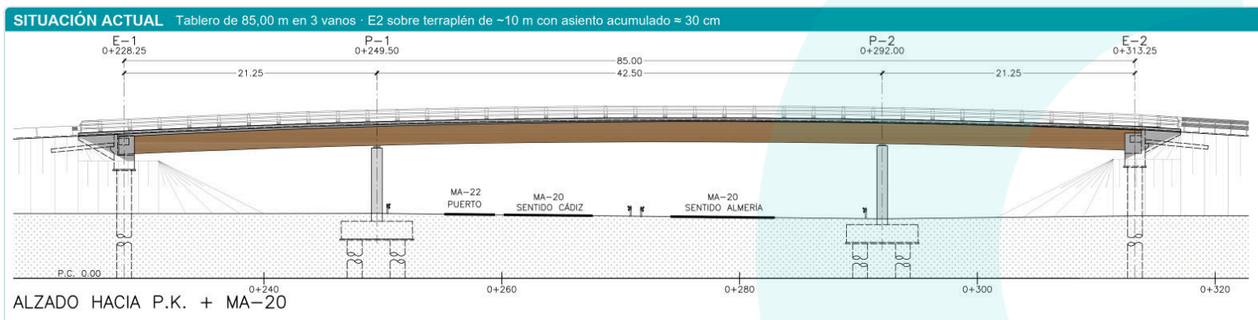
Tablero continuo de 85,00 m (21,25 + 42,50 + 21,25 m) sobre la MA-20. El E2 existente ha asentado ≈ 30 cm y sigue a 10-15 mm/año por el relleno de ≈ 10 m que carga sus pilotes Ø1,25 m; P2, ≈ 10 cm. Tablero izado seis veces con chapas de recrecido.

El E2 existente, convertido en pila P3 sobre 4 pilotes Ø1,80 de 47,50 m; NE2 34,50 m más allá sobre 2 pilotes de 50,00 m; vano 4 isostático en cajón mixto con continuidad de losa sobre P3. Relleno de NE2 de 4,00-4,50 m.

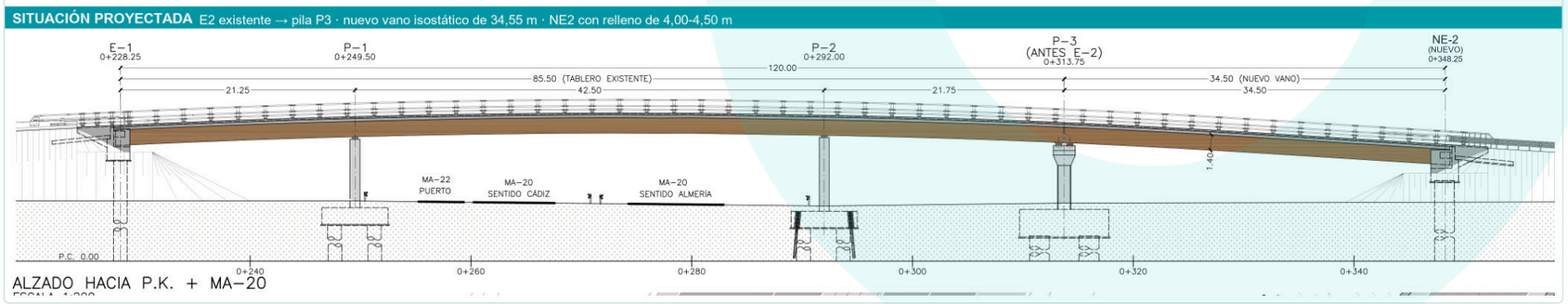
120,10 m puente final (85,00 + 34,50)	**6 × Ø1,80** pilotes 47,50 y 50,00 m con lodos	**8 × Ø225** micropilotes IR de 30 m en P2, desde el este	**5.517 m³** terraplén retirado del E2 existente
18,00 + 16,55 m dos tramos de ≈ 38 y ≈ 35 t, soldados en obra	**102 días** vano 3 sobre el apeo mecánico	**0 noches** de ocupación de la MA-20 en el recalce y el izado	**24 meses** 01/03/2027 → 28/02/2029

ALZADO DE LA ESTRUCTURA: SITUACIÓN ACTUAL Y PROYECTADA

SITUACIÓN ACTUAL Tablero de 85,00 m en 3 vanos · E2 sobre terraplén de ~10 m con asiento acumulado ≈ 30 cm



SITUACIÓN PROYECTADA E2 existente → pila P3 · nuevo vano isostático de 34,55 m · NE2 con relleno de 4,00-4,50 m



DATOS DE LA ACTUACIÓN

Elemento	Situación y actuación de proyecto
Tablero existente	Cajón trapezoidal autopatinable de 1,40 m (fondo 3,80, cabeza 5,60 m); losa 0,25 × 10,80 m
Terreno	Relleno ≈ 10 m sobre ≈ 38 m de aluviales y deltaicos; margas pliocenas; freático a 4,2 m (P2) y 12,0 m (NE2); yesos, XA3
Pila P3 (E2 existente)	4 pilotes Ø1,80 de 47,50 m (+2,15 / −45,30); encepado de 247 m³; fuste 2,80 × 1,20 m y dintel de 7,10 m (32 m³)
NE2 · nuevo estribo (0+348,25)	2 pilotes Ø1,80 de 50,00 m (+7,15 / −43,00); cargadero de 57 m³; relleno granular de 92 m³ tras el montaje
Recalce de P2	8 micropilotes IR Ø225 × 30 m, tubo Ø139,7 × 11 mm, a través de 8 taladros Ø500 del encepado de 6,00 × 6,00 × 1,50 m; acceso por el este, sin ocupar el arcén
Vano 4	34,55 m isostático; eje curvo R 101,50 m, peralte 7 %; dos tramos transversales de 18,00 y 16,55 m (≈ 38 y ≈ 35 t), unidos con una junta a tope de penetración total sobre cimbra intermedia; 1.586 conectores soldados sobre cunas
Apoyos	Neoprenos 350 × 450 × 132 (E1 y P3 vano existente), 600 × 700 × 182 (P1, P2) y 600 × 700 × 203 mm (vano nuevo)
Losa y acabados	418 m² de prelosas; 81 m³ de losa; 1.306 m² de impermeabilización; 434 t de mezcla; 264 m de pretil H3-W3
Tráfico	MA-20: 163.269 veh/día, el tramo más cargado de la vía; ramal: 16.186 veh/día (2019), 2,2 % pesados
Programa R10	232 filas en 19 capítulos y 379 vínculos; duración = medición / (rendimiento × Ct × Ca × Ce × equipos)
Personal	Punta de 25 personas en jun., sep. y nov. de 2027; 22 o menos el 95 % de los días; bienestar para 24 usuarios (30 en sep.-nov. de 2027)
Subcontratación	Pilotes, micropilotes, cajón, grúa de 250 t, hidrodemolición, apeos y gateo, entre otras, con procedimiento aprobado

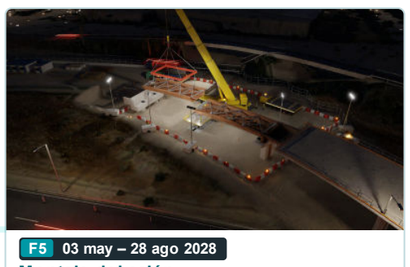
SECUENCIA DE LA OBRA POR FASES

F1 abr – sep 2027
Implantación y descarga
ZIA de 1.500 m² y frente de micropilotes de P2 por el este; terraplén del E2 existente, 5.517 m³ en dos bancos, tras el recalce de P2.

F2 may 2027 · sep – nov 2027
Micropilotes y pilotes
P2 recalzado desde el este en mayo-junio de 2027; después NE2-1, NE2-2 y P3-1→3→2→4 con una pilotadora; 886 m³ con tremie.

F3 dic 2027 – may 2028
Encepado y apeo
Encepado de 247 m³ el 01/03/2028 con ventanas; torres con gatos y células; acta 1 el 20/04; corte del cargadero.

F4 may – ago 2028
Pila P3 y transferencia
Fuste y dintel (32 m³) el 19-20/06; neoprenos sobre el levantamiento real; transferencia y desapeo el 31/07/2028.

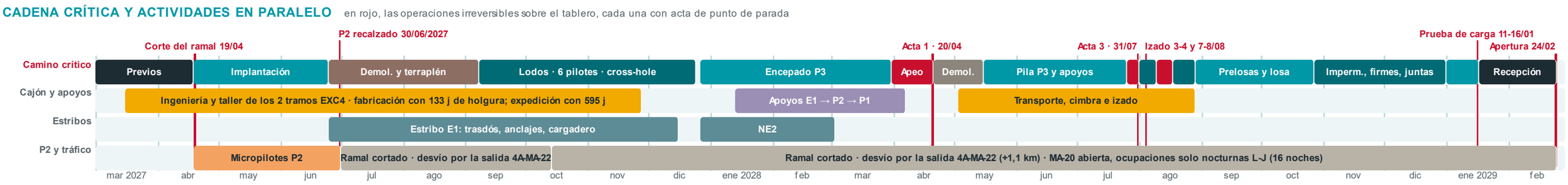


F5 03 may – 28 ago 2028
Montaje del cajón
Dos tramos de 18,00 y 16,55 m en cunas desde mayo, cimbra intermedia y grúa única de 250 t (izados 3-4 y 7-8/08); soldadura de la junta y descimbrado.

F6 ago 2028 – feb 2029
Losa y terminaciones
418 m² de prelosas, losa de 81 m³ el 26/10; pretil H3-W3, firmes, prueba de carga y apertura el 24/02/2029.

CADENA CRÍTICA Y ACTIVIDADES EN PARALELO

en rojo, las operaciones irreversibles sobre el tablero, cada una con acta de punto de parada



DECISIONES DE EJECUCIÓN DE LA UTE

Decisión	Qué se hace	Causa técnica y efecto en la obra
Micropilotes de P2 antes de descargar	8 taladros Ø500 con diamante y 1 micropilote por jornada, desde el este (mayo-junio de 2027); recalce recibido el 30/06/2027	P2 se refuerza antes de que cambie el empuje sobre sus pilotes; sin ocupar el arcén y con una lectura de auscultación por campaña
Una pilotadora, NE2 antes que P3	NE2-1 y NE2-2 lejos del tablero (16/09-08/10/2027); después P3-1 → 3 → 2 → 4	Se calibran lodo y empotramiento sin riesgo para el tablero; nunca dos perforaciones abiertas
Apeo con bloqueo mecánico	Dos torres sobre el encepado recibido; 4 gatos con tuerca de seguridad y células	La carga del vano 3 no depende de la presión hidráulica durante los 102 días de apeo; tres actas con firma de la D. O.
Dos tramos de ≈ 18 m con cimbra intermedia	Tramos de 18,00 y 16,55 m (≈ 38 y ≈ 35 t); cimbra intermedia en el PK 331,7; una junta a tope en 6 jornadas	La cimbra apoya en terreno propio; cada pieza pesa la mitad, lo que reduce la grúa y el transporte; la junta se suelda desde el interior del cajón abierto
Izado con una grúa de 250 t	A 10,5 m al este del eje, fuera de la cimbra; tramos en SPMT desde las cunas; radio ≤ 14,5 m, utilización ≈ 65 %	Sin grúa entre el tablero y la MA-20: **ninguna ocupación de la MA-20**; el ramal este se cierra de 00:30 a 04:30
Ramal cortado, MA-20 abierta	Desvío por la salida 4A-MA-22 (+1,1 km); MA-20 solo de noche, lunes a jueves, 16 noches	Sin ocupación en fines de semana, Semana Santa, Feria ni operaciones especiales; ni recalce ni izado ocupan la MA-20

CONDICIONANTES DEL EMPLAZAMIENTO Y RESPUESTA

Condicionante	Dato y decisión de obra
Asientos activos	E2 existente a 10-15 mm/año y P2 a 4 mm/año. Auscultación desde el mes 1, línea base de 60 días y umbrales de aviso, alerta y parada
Terreno y freático	Freático a 4,2 m en P2 y 12,0 m en NE2; yesos (XA3). Lodo ≥ 1,50 m sobre el freático; HA-35 XA3 con cemento SR; entibación y bombeo en el encepado
Aeropuerto	A 1,82 km del umbral 30. Solicitud a AESA en el mes 1; punta de pluma a ≈ +36 m frente a ≈ 57 m; plumas balizadas
Servicios	Fibra DGT, Telefónica/Orange y alumbrado. Georradar y catas; losa de 30 cm en 189 m; apeo del alumbrado y la fibra sin corte
Clima	Lluvia de octubre a diciembre en la campaña de pilotes: Ct 0,90-0,95; protocolos de DANA, calor (> 40 °C) y terral
Ruido	Sin viviendas a menos de 300 m; hospital a 440 m. Obra diurna 8:00-22:00; de noche, corte con hilo y autorización municipal
Eventos	Implantación tras Semana Santa (29/03/2027); sin cortes en Feria ni en eventos del Carpena

MEDIOS PRINCIPALES Y PERIODO DE USO

Equipo	Características exigidas	Frente y periodo
Pilotadora rotativa con kelly	Clase BG 36 H: 385 kNm, Ø 2,50 m a 68 m, ≈ 118 t	NE2 y P3 · 16/09-19/11/2027
Planta de lodos	4 depósitos de 60-80 m³ y agua 80 m³; desarenador ≥ 60 m³/h	ZIA · meses 7-10
Micropilotadora y sonda de diamante	≈ 15 t, 2,30 m de ancho; corona Ø500; central IR de 15 bar	P2 · 10/05-15/06/2027
Torres de apeo y gatos	2 torres, 4 gatos con bloqueo y 4 células; PLC multipunto	P3 · 31/03-10/08/2028
Grúa de izado	Todoterreno de 250 t; ≥ 60 t en tablas a 14,5 m	01-08/08/2028
Cimbra intermedia	4 torres bajo la junta, 4 gatos y plataforma de soldadura	11/05-28/08/2028

Visor 3D de la oferta. Modelo georreferenciado de la obra por fases sobre la malla fotorrealista del terreno, con medios, accesos y zonas de cada estado. La UTE lo ha elaborado para estudiar el entorno y sus condicionantes, y se facilita al lector para comprender mejor la oferta.

No introduce ningún contenido que no esté en la memoria y sus láminas. Es de solo lectura y no puede modificarse.

escanee el código

- **Viento para el izado.** El terral sopla con rachas de 20-40 nudos. La maniobra se aprueba con previsión aeronáutica a 72, 24 y 6 horas y se ejecuta solo por debajo del límite de viento de las tablas de la grúa para la configuración real; queda reservada una tercera noche. Durante el giro, el anemómetro de punta de pluma registra la racha y el jefe de maniobra detiene la carga en la posición segura más próxima si se supera el límite.

Condicionante	Dato del emplazamiento	Decisión de obra
Estructura con asientos activos	E2 existente: 30 cm acumulados y 10-15 mm/año; P2: 10 cm y 4 mm/año; relleno de ~10 m sobre aluviales y deltaicos de ~38 m hasta margas pliocenas	Auscultación desde el mes 1 con línea base de 60 días antes de excavar; lectura antes y después de cada subfase de descarga, cada pilote y cada transferencia; umbrales de aviso y parada aprobados por la Dirección de Obra
Terreno y freático	Nivel freático a 4,2 m en P2 y 12,0 m en NE2; agresividad por yesos (clase XA3)	Lodo bentonítico con nivel positivo ≥1,50 m sobre el freático; hormigón HA-35/F/20/XC2+XA3 con cemento SR (consistencia líquida L propuesta a la Dirección de Obra para el tremie, UNE-EN 1536); entibación y bombeo controlado con tratamiento en el encepado de P3
Tráfico	MA-20: **163.269 veh/día** en el PK 5,1-8,0, el tramo más cargado de la vía; ramal: 16.186 veh/día en 2019, 2,2 % pesados	Corte del ramal durante la obra con los itinerarios del proyecto; ocupaciones de la MA-20 solo nocturnas de lunes a jueves; ninguna en fin de semana, Semana Santa, Feria ni operaciones especiales
Aeropuerto de Málaga	Obra a 1,82 km del umbral 30, dentro de la superficie horizontal interna	Solicitud de servidumbres aeronáuticas a AESA en el **mes 1** para la grúa de izado y la pilotadora (plazo máximo 6 meses); plumas balizadas en las noches de izado
Ruido y receptores	Sin viviendas a menos de 300 m; Hospital Quirón a 440 m, CEIP Clara Campoamor a 480 m e IES Mare Nostrum a 610 m	Obra diurna 8:00-22:00; los trabajos nocturnos con autorización municipal expresa; equipos ruidosos en el lado oeste; corte con hilo en lugar de martillo por la noche
Servicios en el ámbito	Troncales de fibra DGT (24, 16 y 12 fibras), Telefónica/Orange, alumbrado antiguo y nuevo, cuneta con tubo Ø300 bajo el ramal	Detección con georradar y catas manuales antes de cada perforación, entibación o estabilizador; losa de protección de 30 cm sobre Telefónica en 189 m; fibra DGT sin pérdida de servicio
Calendario y eventos	Semana Santa 21-28/03/2027 en el mes 1; Feria de agosto; Martín Carpena a 420 m; puerto con ≈ 330 escalas de cruceros previstas en 2025	Implantación tras el 29/03/2027; ningún corte en semana de Feria; calendario de eventos del Carpena y de escalas del puerto antes de fijar noches

1.2.1. Estudios específicos de la oferta

Además de la documentación del proyecto, la UTE ha elaborado los estudios siguientes, cuyo resultado se ha incorporado al método y al programa:

Estudio	Qué se ha hecho	Resultado aplicado
Emplazamiento de la grúa de izado	MDT de 0,5 m del IGN tras retirar el terraplén, trazado de la MA-20 (OSM) y radios reales a los dos tramos	Grúa de 250 t a 10,5 m del eje en la plataforma interior; radios de 11,4-12,1 m (recogida) a 14,3 m (final); la MA-20 queda a 24-38 m del eje del vano y la pluma no la alcanza
Barrido del convoy de ≈25 m con carga de 18 × 6,30 m	Tractriz sobre OSM del itinerario y de la maniobra de entrada	Enlaces de R ≥ 66 m con ejes pilotados (7,2 m); glorietas R1 y R2 por la corona sin ocupar la isleta (10,4 m frente a 11,5-12 m), con cierre total momentáneo; corredor libre de 12 m en la obra
Servidumbres aeronáuticas	Posición de la obra respecto al umbral 30 y a la superficie horizontal interna del aeropuerto	Punta de pluma a +36 m frente a unos 57 m de la superficie; solicitud a AESA en el mes 1
Calendario climático de producción	Normales 1991-2020 de la estación 6155A, días no trabajables por mes	Coeficiente Ct de cada rendimiento; protocolos de lluvia, calor y viento
Gálibos bajo el tablero	Paso del útil de 1,80 m entre almas del cajón y de la micropilotadora junto a P2 (≈5,5 m bajo el vano 3)	Franja de losa de 4,85 m; micropilotadora compacta de 2,30 m y mástil corto

Estudio	Qué se ha hecho	Resultado aplicado
Capacidad de los itinerarios de desvío	Capacidad de la salida 4A, glorietas y reincorporación con hipótesis explícitas; plan de aforos propios (apartado 6)	Itinerario principal y de refuerzo señalizados desde el primer día
Logística de pilotes	Volúmenes de hormigón con sobreconsumo, lodo movilizado, detritos y flota de cubas	145-153 m³ por pilote; 4 depósitos de 60-80 m³ + agua 80 m³; 3 contenedores; 5 cubas en ciclo
Revisión del proyecto	Mediciones, anejos de cálculo, planos y pliego contrastados entre sí	Siete incidencias con propuesta de resolución para el mes 1 (apartado de errores materiales)
Modelo 3D por fases	168 estados de obra con medios, accesos y afección al tráfico	Interferencias entre tajos comprobadas antes de fijar el programa; visor de la lámina 1

1.3. Organización de la obra y medios personales

1.3.1. Equipo de dirección y dedicación

La UTE adscribe a la obra un equipo con experiencia específica en estructuras en servicio, cimentaciones profundas y montaje metálico. Los perfiles superan el mínimo habitual para una obra de este importe porque las operaciones de transferencia y el izado exigen técnicos con capacidad de decisión presentes en el tajo, incluidas las noches.

La página siguiente recoge el organigrama completo de la obra: Administración, servicios centrales de la UTE, dirección de obra, equipo técnico, líneas de producción por frente con sus cuadrillas y subcontratas especializadas.

UTE ha obtenido el número de personas en obra día a día sumando las cuadrillas asignadas a cada actividad del programa, más la estructura fija de cinco personas (jefe de obra, dos encargados, topógrafo y técnico de prevención). La punta es de **25 personas** en días concretos de junio, septiembre y noviembre de 2027; el 95 % de los días laborables hay **22 personas o menos**. El bienestar se dimensiona para **24 usuarios**, cuatro veces la previsión inicial de seis trabajadores, y se amplía con un módulo más a **30 plazas** de septiembre a noviembre de 2027; el frente de micropilotes de P2 (mayo-junio de 2027) lleva su propio módulo de bienestar en su plataforma.

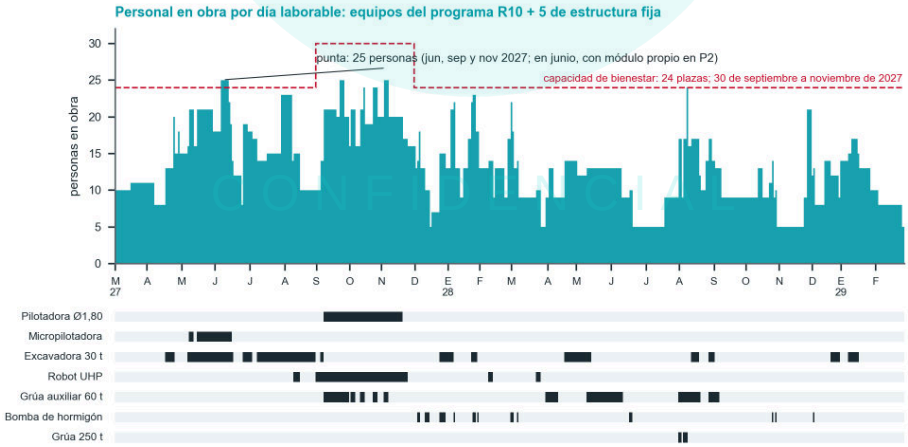


Figura 1.7. Personal en obra por día laborable y periodos de uso de los equipos principales, calculados con las actividades y fechas del programa de trabajos.

Puesto	Perfil propuesto	Función en esta obra	Dedicación
Delegado de obra	Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos; más de 20 años en obra civil y al menos 3 obras de estructuras con tráfico en servicio para administraciones de carreteras	Interlocución con la Dirección de Obra, Demarcación, Ayuntamiento, DGT y AESA; firma de actas de transferencia e izado	50 %; 100 % en meses 11-18
Jefe de obra	Ingeniero de Caminos; más de 15 años; experiencia en recalces, apeos y tableros mixtos	Planificación semanal, coordinación de frentes, liberación de fases	100 %

ADMINISTRACIÓN · PROMOTOR

- **Dirección de Obra · Dirección General de Carreteras** — Demarcación de Carreteras del Estado en Andalucía Oriental
- **Coordinador de SyS** — designado por la Administración
- **Organismos afectados** — Ayuntamiento · DGT · AESA

coordinación

DELEGADO DE OBRA
ICCP · más de 20 años · ≥ 3 estructuras con tráfico en servicio
50 % · 100 % meses 11-18

dependencia

UTE CONF. CONF. · **SERVICIOS CENTRALES**

- **Dirección técnica** — ingeniería y procedimientos
- **Dir. de Calidad, MA y PRL** — ISO 9001 · 14001 · 45001
- **Departamento de compras** — suministros y subcontratas
- **Parque de maquinaria** — equipos propios y mantenimiento

JEFE DE OBRA
ICCP · más de 15 años · recalces, apeos y tableros mixtos
100 %

apoyo de compras y maquinaria

dependencia funcional del sistema

PERSONAL EN OBRA

25 punta · jun, sep y nov 2027	**≤ 22** el 95 % de los días
5 estructura fija diaria	**24→30** plazas de bienestar

- **Jefe de oficina técnica** — ICCP · > 8 años · programa, mediciones, modelo 4D · 100 %
  - Apoyo externo: estructuras, geotecnia, maniobra
- **Topógrafo jefe** — ITT · nivelación de precisión · replanteo y control geométrico · 100 %
  - Auscultación en continuo
- **Resp. de calidad (RACC)** — ITOP · > 8 años · auditor ISO 9001 · línea directa con la DO · 100 %
  - Laboratorio acreditado · Entidad de control EXC4
- **Técnico de medio ambiente** — CC. Ambientales · > 5 años · residuos, lodos, ruido · 50 % · 100 % pilotaje
  - Gestores autorizados de residuos y lodos
- **Técnico de prevención** — TS PRL tres especialidades · recurso preventivo · 100 %
  - Recursos preventivos en los 9 tajos de riesgo especial

PRODUCCIÓN POR FRENTES

Encargado de estructuras
> 15 años · también encepado, P3 y NE2 · 100 %

E1 — Estribo E1
anclajes y gateo · meses 4-14

CUADRILLAS PROPIAS

Ferralla	4
Encofrado	4
Hormigonado con bomba	4
Anclajes y andamios	3
Gateo y sustitución de apoyos	3

- Hidrodemolición UHP · robot + 4
- Gateo y apoyos · INDAICO

Jefe de producción de cimentaciones
ICCP / ITOP · > 10 años en pilotes con lodos y micropilotes · 100 % meses 3-4 y 7-12

P1-P2 — Pilas P1 y P2
P2 desde el este · m 3-4

CUADRILLAS PROPIAS

Taladros Ø500 · sonda de diamante	2
Micropilotes IR Ø225 (8 ud)	5
Inyección IR repetitiva	4
Hidrodemolición de pedestales	4
Andamios y plataformas	3
Gateo P1-P2	3

- Micropilotes IR · EXPOA
- Hidrodemolición UHP
- Gateo sincronizado · INDAICO

P3 · NE2 — Pila P3 y estribo NE2
cimentación profunda · m 2-18

CUADRILLAS PROPIAS

Pilotes Ø1,80 · pilotadora y lodos	6
Jaulas · ferrallistas y soldador	5
Hormigón con tremie	5
Encepado, pila y NE2 · ferralla	4
Encofrado	4
Hormigonado	4
Demolición y corte con hilo	3

- Pilotes Ø1,80 · EXPOA
- Torres de apeo y gatos · INDAICO
- Laboratorio · CEMOSA

Resp. estructura metálica (IWE)
taller EXC4 · WPS/WPQR · unión y END · 50 % m 3-9 · 100 % m 14-18

V4 — Vano 4 · cajón 34,55 m
taller m 1-9 · izado m 18

CUADRILLAS PROPIAS

Soldadura de la junta + END	esp.
Cimbra intermedia y descimbrado	4
Prelosas · grúa y montadores	5
Losa · ferralla	4
Losa · hormigonado	4
Impermeabilización	3
Juntas	3

- Taller EXC4 · 2 tramos
- Grúa de 250 t, SPMT y convoy
- Prelosas · Prenava
- Apoyos y juntas

Encargado general
> 15 años · tierras, demoliciones, firmes · 100 %

T — Tráfico y terminaciones
todo el plazo · firmes m 21-23

CUADRILLAS PROPIAS

Desvíos y señalización	3
Firmes · extendedora y rodillos	7
Pretiles y barreras	4
Drenaje	3
Restauración e hidrosiembra	3
Limpieza final	3

- Mezclas bituminosas
- Pretiles y barreras
- Gestores de residuos

CONFIDENCIAL

LEYENDA — Dependencia jerárquica · Dependencia funcional · Coordinación y subcontratas · Administración · Servicios centrales · Dirección de obra · Técnico y control · Producción · Subcontrata especializada · n · personas por cuadrilla

Dedicaciones referidas al plazo de 24 meses (mes 1 = marzo de 2027). Cada subcontratista entra con procedimiento aprobado, personal acreditado y evaluación de riesgos integrada en el plan de seguridad. El jefe de obra o el delegado están presentes en las transferencias de carga y en el izado nocturno del cajón.

Perfiles no nominales, superiores al mínimo del pliego. Personal en obra calculado día a día con las cuadrillas del programa de trabajos R10.

Puesto	Perfil propuesto	Función en esta obra	Dedicación
Jefe de producción de cimentaciones	ICCP o Ingeniero Técnico de Obras Públicas; más de 10 años en pilotes con lodos y micropilotes	Pilotaje NE2/P3, lodos, micropilotes P2, encepado	100 % meses 3-4 y 7-12
Responsable de estructura metálica	Ingeniero con cualificación IWE (Ingeniero Internacional de Soldadura)	Control del taller EXC4, WPS/WPQR, premontaje en blanco, unión en obra, END	50 % meses 3-9; 100 % meses 14-18
Jefe de oficina técnica	ICCP; más de 8 años; modelado 4D y control de mediciones	Programa, mediciones, planos de taller y de obra ejecutada, gestión documental	100 %
Responsable de calidad	Ingeniero Técnico de Obras Públicas; más de 8 años; auditor ISO 9001	Plan de aseguramiento, PPI, laboratorio, puntos de parada	100 %
Técnico de prevención	Técnico superior en PRL (tres especialidades)	Plan de seguridad, recurso preventivo en maniobras especiales	100 %
Técnico de medio ambiente	Licenciado o graduado en Ciencias Ambientales; más de 5 años	Vigilancia ambiental, residuos y lodos, ruido nocturno	50 %; 100 % en pilotaje
Topógrafo jefe	Ingeniero Técnico en Topografía; nivelación de precisión y auscultación	Replanteo, auscultación del puente, control geométrico del cajón y apoyos	100 %
Encargados	Encargado general y encargado de estructuras con más de 15 años	Dirección de tajos, turnos nocturnos	100 %

Cuadrillas tipo por frente. Son las que suman el personal diario de la figura anterior; cada una lleva su encargado o jefe de tajo y entra en obra con su formación específica (apartado 4).

Cuadrilla	Composición	Nº	Frente y periodo
Micropilotes	Maquinista, ayudante de perforación, operador de la central IR y 2 peones	5	P2 · 10/05-15/06/2027
Tierras y demoliciones	Maquinista de 30 t, maquinista auxiliar, señalista y 2 peones (más conductores de bañera)	5	Terraplén del E2 existente · 25/06-31/08/2027
Hidrodemolición	Operador del robot UHP, ayudante, 2 operarios de andamio y bandejas y operario de tratamiento de agua	5	Vano 3, E1, P1 y P2 · 10/08/2027-27/03/2028
Pilotes y planta de lodos	Maquinista de pilotadora, ayudante, gruista de 60 t, 2 operarios de planta y peón; 3 más en lodos	6 + 3	NE2 y P3 · 09/09-01/12/2027
Jaulas de pilotes	4 ferrallistas y soldador	5	Z-NE2 y Z-P3 · 09/09-08/11/2027
Ferralla, encofrado y hormigonado	4 ferrallistas; 4 encofradores; bombista y 4 operarios de vertido y vibrado	4 + 4 + 5	Encepado, NE2, pila, losa · 28/10/2027-04/12/2028
Gateo, apeos y transferencias	Técnico de gateo, 2 operarios de gatos y células, topógrafo de control	4	E1, P2, P1 y P3 · 05/01-10/08/2028
Cimbra, conectores y junta	6 montadores de cimbra; 2 soldadores, montador y ayudante; IWE presente	6 + 4	Vano 4 · 11/05-28/08/2028
Izado	Jefe de maniobra, gruista, ayudante, operador de SPMT, 2 montadores y 2 señalistas	8	Noches del 3-4 y 7-8/08/2028
Impermeabilización y firmes	3 aplicadores; extendedora, 2 compactadores, 3 conductores y 2 rastrilleros	3 + 9	Tablero · 28/11-20/12/2028
ión y tráfico	Jefe de brigada, 2 operarios y conductor del TMA; brigada de vigilancia 24 h	3 + 1	Desvío y ocupaciones · 19/04/2027-09/02/2029

CONF.

1.3.2. Maquinaria y medios auxiliares por frente

Equipo	Ud.	Características exigidas	Frente y periodo
Pilotadora rotativa con kelly	1	Clase Bauer BG 36 H o equivalente: par 385 kNm, Ø hasta 2,50 m y 68 m con kelly; ≈ 118 t en orden de trabajo; plataforma proyectada con su presión de orugas	NE2 y P3 · meses 7-10
Planta de lodos	1	4 depósitos de lodo de 60-80 m³ (hasta 320 m³), 1 depósito de agua de 80 m³, desarenador ≥ 60 m³/h, mezclador y bombas con reserva	NE2 y P3 · meses 7-10
Contenedores estancos de detritos	3	12 × 2,50 m, llenado máximo a 2 m (≈150 m³ entre los tres)	NE2 y P3 · meses 7-10

Equipo	Ud.	Características exigidas	Frente y periodo
Grúa auxiliar sobre ruedas	1	60 t; ≥ 8,6 t en radio de 17-20 m para jaulas de 6,8 t y tremie	Pilotes, encepado, pila P3
Micropilotadora de gálibo reducido y sonda de diamante	1 + 1	≈15 t, anchura 2,30 m, mástil corto, camisa recuperable; sonda Ø500 sobre columna	P2 · mayo-junio de 2027 (meses 3-4)
Central de inyección IR	1	Mezclador, bomba de 15 bar con registro de presión, caudal y volumen por válvula	P2
Robot de hidrodemolición UHP	1	Bomba de ultra alta presión con tratamiento de efluente (decantación y corrección de pH)	Pedestales, conexión vano 3, cargaderos
Excavadoras de cadenas 25-35 t	2	Una con martillo o pinza de demolición	Terraplén, encepado, rellenos
Camiones bañera 24 t	6 (7 en agosto de 2027)	Carga útil 15 m³; lona y lavado de ruedas	Retirada de terraplén (21 viajes/día; 25 en el banco inferior)
Torres de apeo con gatos	2 + 4	Gatos sincronizados con tuerca de bloqueo; células de carga	P3, P1, P2 y E1
Grúa de izado	1	Todoterreno de 250 t; ≥ 60 t en tablas a 14,5 m con la pluma (≈30 m) y el contrapeso de la maniobra (carga 41,5 t, utilización ≤ 70 %); estabilizadores ≈9,3 × 8,9 m sobre placas de 2,5 × 2,5 m	Montaje del cajón · 01-08/08/2028
Cimbra intermedia	1	4 torres multidireccionales de carga de ≈4,3 m con 4 gatos de 30 t y plataforma de soldadura	Vano 4 · 11/05-28/08/2028
Transporte modular autopropulsado (SPMT)	1	Para ≈ 40 t y 6,30 m de ancho	Noches de izado · agosto de 2028
Equipos de soldeo FCAW	2	Con carpa cortavientos, precalentamiento y registro de parámetros	Junta de obra · agosto de 2028
Otros medios	-	2 equipos de corte con hilo diamantado; bomba de hormigón de pluma ≥ 36 m; equipo de firmes (extendedora, 2 compactadores, 3 bañeras); estación total motorizada, nivel digital e inclinómetros	Vano 3, antiguo E2, encepado, firmes y auscultación

1.4. Plan de suministros y transporte

La UTE programa cada suministro contra el consumo semanal del programa de trabajos, con pedido, cadencia y stock mínimo fijados de antemano, de modo que ningún tajo se quede sin material y la obra no acumule más acopio del que cabe. Hormigón y mezclas bituminosas no se acopian; la ferralla llega elaborada por elemento y dos talleres con compromiso cubren su suministro; los dos tramos del cajón se reciben en mayo sobre cunas en la plataforma oriental, fuera de la ZIA, y esperan allí hasta el izado, y las prelosas llegan en una sola remesa la víspera de su colocación.

Material y suministrador	Consumo y periodo	Pedido, cadencia y stock mínimo	Espacio y documentación
Hormigón · Hormialia	Pilotes 886 m³ servidos (28/09-19/11/2027), encepado 247 m³ (01-02/03/2028), NE2, pila P3, losa 81 m³ (26/10/2028)	Programa de vertido confirmado 48 h antes; 32 m³/h, una cuba cada 15 min; sin acopio	2 cubas en espera en la plataforma interior; certificado RD 163/2019
Acero B500SD · Siderúrgica Sevillana; ferralla · Ferraxa, Ferroinsa	≈ 100 t: jaulas 16/09-08/11/2027 (39,6 t); NE2 y encepado hasta 02/2028; pila P3 05/2028; losa 09-10/2028	Despiece y pedido 15 jornadas antes; primera remesa 3 antes; 11 remesas de hasta 14 t; ≥ 4 jornadas de consumo	≤ 25 m² en la ZIA; jaulas en Z-NE2 y Z-P3 (≈150 m²); AENOR, ARCER, INTEMAC

Material y suministrador	Consumo y periodo	Pedido, cadencia y stock mínimo	Espacio y documentación
Tramos del cajón (38,0 y 34,7 t) · taller EXC4 Goros	Izado 4/08 y 8/08/2028	Taller liberado 27/11/2027; autorización DGT en 2.11; 2 convoyes (3-4 y 8-9/05/2028)	Cunas en dos filas en la plataforma oriental de mayo a agosto, ≈ 600 m² fuera de la ZIA
Cimbra intermedia (≈6 t) · PERI	Montaje 11-24/05/2028	Una remesa en la semana de montaje; una torre de reserva	En la propia huella del vano 4
Prelosas (418 m², ≈90 t) · Prenava (carta de compromiso)	Colocación 29/08-06/09/2028	Pedido ≥ 3 meses antes; una remesa el 28/08 (4-5 camiones)	≈120 m² en la ZIA; descarga directa con la grúa de 60 t; marcado CE
Apoyos y topes · MK4; juntas · MAURER	E1 01/2028; P2-P1 02-03/2028; NE2 02/2028; P3 07/2028; juntas 12/2028	Fabricación con certificados (16/03-30/05/2027); una entrega por elemento; juego completo antes del gateo	Almacén cerrado de la ZIA (≈12 m²); UNE-EN 1337 y ETA-20/0028
Micropilotes: tubo sin soldadura del grado del proyecto · Tubos Reunidos vía distribuidor (9,5 t); cemento · Votorantim (≈20 t)	24/05-07/06/2027	Certificado 3.1 por partida; tubo completo antes del primer micropilote; silo de 30 t ≥ ½	Plataforma de P2, fuera de la ZIA
Bentonita · Tolsa (≈25-30 t), agua y tubos sónicos (1.450 m)	09/09-01/12/2027	Big-bags de 1 t en 2-3 entregas; ≥ 1 pilote de reposición (≈5 t); tubos con cada jaula	Planta de lodos (360 m²) y bastidor de 20 m²
Drenaje: GLS Prefabricados (bajantes, bordillos); fundición dúctil · Saint-Gobain PAM (5 sumideros, tubo)	29/04-04/05/2027 y 04-07/09/2028	Pedido 4 semanas antes; 1 entrega por campaña; partida completa 1 semana antes	≈30 m² del acopio de 90 m²; ISO 9001 y 14001
Áridos y zahorra · Aripisa	Pista de P2 y plataforma ≈200 m³, cimbra ≈80 m³, rellenos 862 m³, zahorra 29 m³	Por tajo, directo en bañera; 30 m³ de reposición	≈40 m² en la ZIA; DdP con marcado CE, DAP sectorial
Mezclas bituminosas (434 t) · PAMASA	15-20/12/2028	Fórmula y tramo de prueba aprobados antes del 01/12/2028; sin acopio	Marcado CE (UNE-EN 13108)
Pretil H3-W3 (264 m) y barreras · METALESA (META16)	02/01-02/02/2029	Pedido ≥ 4 meses antes con el ensayo UNE-EN 1317	≈ 60 m² en la ZIA; marcado CE

Plantas de producción y transporte. La UTE ha medido sobre la red viaria cada recorrido de suministro y de retirada y ha dimensionado con él la flota y el ciclo de cada planta. La plataforma interior admite **dos hormigoneras en espera más la que descarga**, de modo que ninguna espera sobre la calzada.

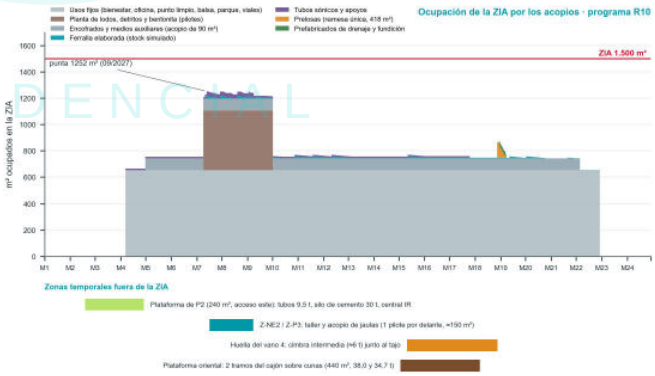


Figura 1.8. Plan de acopios con el programa de trabajos: ocupación de la ZIA por material y por campaña frente a sus 1.500 m², y zonas temporales fuera de la ZIA.

Planta	Recorrido ida / vuelta	Ciclo y flota	Garantía de suministro
Central de hormigón Hormialia con control de producción (RD 163/2019)	8,3 km · 14 min / 8,4 km · 13 min, por la MA-22	Cuba de 8 m³ en ciclo de **75 min** (carga 10 + ida 14 + espera 20 + descarga 15 + vuelta 13 + lavado 3): **5 cubas en ciclo y 1 de reserva** para 32 m³/h; el transporte consume el 7 % de las 7 h de trabajabilidad ensayada	Segunda central homologada del 16/03 al 14/04/2027 con la misma dosificación; ningún pilote se abre sin la reserva de producción confirmada

Planta	Recorrido ida / vuelta	Ciclo y flota	Garantía de suministro
Planta de mezclas bituminosas PAMASA con marcado CE (UNE-EN 13108)	7,9 km · 10 min / 13,5 km · 16 min	Bañera de 24 t en ciclo de **90 min** (carga 15 + ida 10 + espera y descarga 40 + vuelta 16 + margen 9): **3 bañeras** para 257 t/día; caja con lona térmica	Alternativas: **San Julián** (5,4 km) y **Gaditana de Asfalto** (20,7 km); bañera fuera de fórmula, devuelta
Cantera de áridos y zahorra Aripisa con marcado CE	16,6 km · 24 min / 22,3 km · 28 min	Bañera de 15 m³ en ciclo de ≈ 70 min, directa al tajo	30 m³ de reposición en la ZIA
Valorización de tierras y RCD (Los Ruices, AAI/MA/018)	8,4 km · 10 min / 10,2 km · 12 min	**6 bañeras** en ciclo de 120 min con espera en báscula: **21 viajes/día**	Aceptación previa por escrito antes del 16/07/2027; segunda planta autorizada, **Recicla Andalucía** (Cártama), con el mismo ciclo

1.5. Acopios e instalaciones auxiliares

La zona de instalaciones auxiliares (ZIA) de **1.500 m²** tiene unos **650 m²** de usos fijos (bienestar, oficina y almacén, punto limpio, balsa de lavado, parque de maquinaria y viales) y unos **850 m²** que se ocupan y liberan por campaña. La figura del plan de suministros cruza el stock de cada material con el programa de trabajos: la punta, de **1.250 m²** en septiembre de 2027, coincide con la planta de lodos y los contenedores de detritos y deja **250 m²** libres. Los acopios de gran volumen se sacan a zonas temporales junto a su tajo: la plataforma de P2, las zonas de NE2 y P3 para el taller de jaulas y la huella del vano 4 para la cimbra intermedia. La recepción de los dos tramos se hace en la plataforma oriental, fuera de la ZIA.

Figura 1.9. Implantación y retirada del terraplén del E2 existente (fase 3 del modelo). ZIA con bienestar, punto limpio y balsa de lavado junto al ramal oriental; excavación por bancos del terraplén con carga directa a camión.

La lámina 2 desarrolla la implantación por fases con superficies, accesos y circulaciones.

1.6. Procesos constructivos de las actividades importantes y complejas

La UTE describe cada proceso con el mismo orden: condicionantes que lo gobiernan, secuencia de operaciones simples, equipos, rendimiento que justifica su duración en el programa y controles que liberan el paso siguiente.

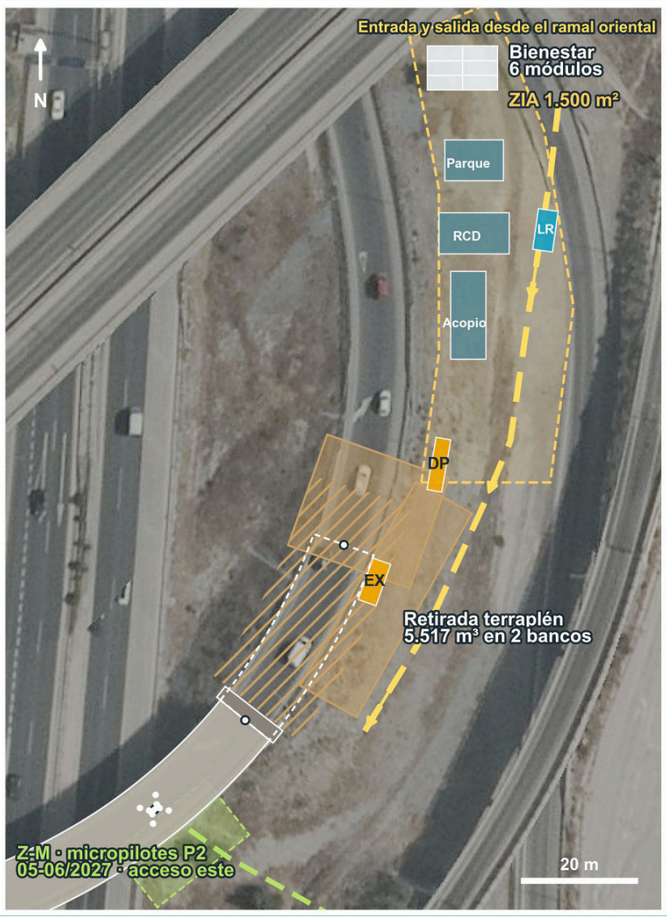
1.6.1. Trabajos previos (meses 1-4)

Antes de tocar la estructura, la UTE levanta su estado real. El proyecto se apoyó en una nivelación de 2021 y el E2 existente ha seguido asentando desde entonces, por lo que **ninguna cota de apoyos, cuñas o bancadas se fija con los valores de proyecto**: se fijan con el levantamiento del mes 1 (02-15/03/2027).

1. **Red de bases y levantamiento 3D.** Tres bases materializadas fuera del cono de influencia de las excavaciones, observadas por GNSS y enlazadas por nivelación geométrica de precisión (error de cierre ≤ 1 mm·√km). Nube de puntos con escáner láser del tablero, pilas, estribos, gálibos sobre la MA-20 y terraplén del E2 existente; sobre ella se comprueban las cotas de apoyo, las contraflechas de taller del cajón y los gálibos de la pilotadora bajo el vano 3.
2. **Línea base de auscultación.** 24 prismas en tablero, pretiles y alas; clavos de nivelación en los encepados de P1 y P2; inclinómetros biaxiales en los fustes de P2 y P3; fisurómetros en juntas; estación total motorizada con lectura automática cada 30 min. Durante 60 días antes de excavar se registra el ciclo térmico del tablero para separarlo de

F1 Implantación, micropilotes de P2 y descarga del E2 existente

abr – sep 2027



FECHAS R10

- Corte del ramal: 19/04/2027. Pista este y plataforma de P2: 19-26/04; canal junto al E2 existente: 26/04-06/05.
- P2: taladros Ø500 17-21/05, micropilotes 24/05-02/06, inyección 25/05-07/06, conexión 08-15/06; **recalce recibido el 30/06/2027**.
- Banco superior 16/07-09/08 y banco inferior 10/08-31/08/2027; franja de losa del vano 3: 06-07/09 (el 08/09, festivo local, sin trabajo); plataforma de pilotes liberada: 07/09/2027.

TAJOS ACTIVOS

- Z-M: recalce de P2 **desde el este, sin ocupar el arcén de la MA-20**: pista de ≈ 110 m desde Carretera de Cádiz y plataforma de 20 × 12 m; gálibo ≈ 5,5 m.
- Terraplén de 5.517 m³ en dos bancos, en tongadas equilibradas a ambos lados del cargadero, con P2 ya recalzado.
- Hidrodemolición UHP (64 m³) con bandejas estancas.

MAQUINARIA Y HUELLA EN PLANTA

- EX excavadora de 30 t (3,2 × 7,5 m); DP camión bañera de 24 t (2,55 × 9 m), 6 en ciclo de 120 min.
- Micropilotadora de gálibo reducido (2,30 m), sonda de diamante, central IR y silo en la plataforma de P2.

ACCESOS Y ZIA

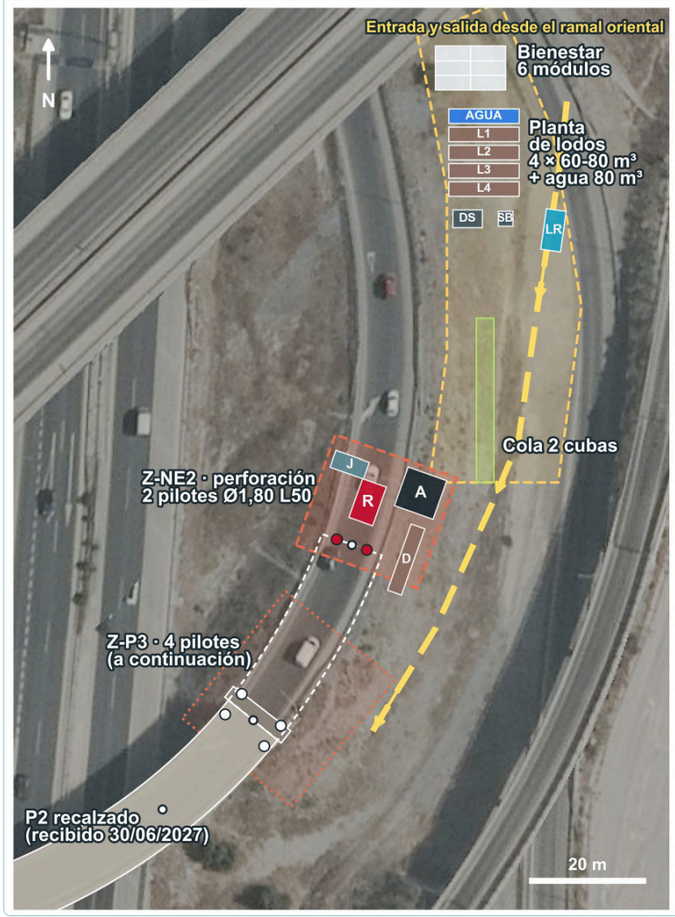
- Acceso de obra por el ramal oriental, vial interior y lavarruedas (LR). **Pista este a P2** independiente, autorizada con el Ayuntamiento y la DGC.
- ZIA de 1.500 m²: bienestar de 6 módulos, acopio 90 m², punto limpio 84 m², parque 70 m²; P2 lleva su módulo de bienestar.

CONTROL

- Auscultación con línea base de 60 días (desde el 15/03/2027); P2: aviso 3, alerta 5, parada 8 mm.
- Cada campaña con su lectura de P2: micropilotes, descarga y pilotes.

F2 Pilotes Ø1,80 de NE2 y P3, con P2 ya recalzado

sep – dic 2027



FECHAS R10

- NE2-1 y NE2-2: perforación 21/09-08/10/2027 (jaulas desde el 16/09); P3-1 → P3-3 → P3-2 → P3-4: perforación 11/10-19/11/2027 (jaulas desde el 04/10).
- Limpieza de la planta de lodos: 22/11-01/12; cross-hole de los 6 pilotes: 20-24/12/2027.
- Micropilotes de P2 ya recibidos (30/06/2027): no hay tajo en la plataforma de P2 ni en el arcén.

TAJOS ACTIVOS

- Z-NE2 y después Z-P3 con la misma pilotadora: 10,8 m/día, 5 días de perforación y 2 de jaula y hormigonado por pilote.
- Tremie: 145 m³ por pilote de P3 (19 cubas) y 153 m³ en NE2 (20 cubas); 886 m³ en total, vertido de 4,5-4,8 h.
- Taller de jaulas en Z-NE2 y Z-P3 (≈ 150 m², 1 pilote por delante).

MAQUINARIA Y HUELLA EN PLANTA

- R pilotadora clase BG 36 H, ≈ 118 t (4,3 × 7 m); A grúa auxiliar de 60 t (7 × 7 m); J jaulas de 6,5-6,8 t (3 × 6 m); D contenedor de detritos de 12 × 2,5 m.
- Sin micropilotadora en esta fase: la punta de personal baja a 25 y los accesos interiores no se cruzan.

PLANTA DE LODOS EN LA ZIA (360 M²)

- 4 depósitos de lodo de 60-80 m³ y 1 de agua de 80 m³; desarenador DS ≥ 60 m³/h y silo SB.
- ≈ 170 m³ de lodo y ≈ 160 m³ de detritos esponjados por pilote; 3 contenedores llenados hasta 2 m.
- Cola interior de 2 cubas más la que descarga; 5 cubas en ciclo de 75 min, llegada cada 15 min.

CONTROL

- Lodo de 1,02-1,10, nivel ≥ 1,50 m sobre el freático, registro cada 30 min; parada si baja más de 0,50 m.
- Verticalidad ≤ 2 % (aviso interno 1 %); vecino a menos de 6,30 m ya resistente; lectura de P2 atribuible solo al pilotaje.

> Punto crítico: los pilotes NE2-1, NE2-2 y P3-1 a P3-4 (21/09-19/11/2027) están en la cadena crítica; P2 ya está recalzado y el arcén de la MA-20 permanece libre.

F3 Encepado de P3 y apeo del vano 3

dic 2027 – may 2028

FECHAS R10

- Excavación y entibación (656 m³): 27-30/12/2027; descabezado: 31/12/2027-07/01/2028.
- Ferralla (15.640 kg) 18/01-29/02; encofrado con ventanas 15-22/02; hormigonado el 01/03/2028.
- Torres 31/03-11/04 (13-14/04 festivos); precarga y prueba 17-19/04; acta 1 el 20/04; cargadero (19,9 m³) 25/04-03/05; pilotes antiguos 04-15/05.
- Apoyos en paralelo: E1 gateo 05-10/01 y transferencia 21-24/01; P2 03-07/03 y P1 04-06/04/2028.

TAJOS ACTIVOS

- Encepado de 12,20 × 8,10 × 2,50 m con ventanas alrededor de los pilotes antiguos; 247 m³ HA-30 en 7 h.
- Dos torres sobre el encepado con 4 gatos sincronizados, tuerca de seguridad y células de carga.
- NE2: cargadero, murete y aletas (27/12/2027-02/03/2028).

MAQUINARIA Y HUELLA EN PLANTA

- B bomba de pluma de 36 m, ≥ 35 m³/h (8 × 8 m); A grúa de 60 t (7 × 7 m); H cuba en bahía (2,55 × 11 m); 5 cubas en ciclo.
- Dos equipos de hilo diamantado, grúa y pinza para cortar el cargadero en piezas sujetas.

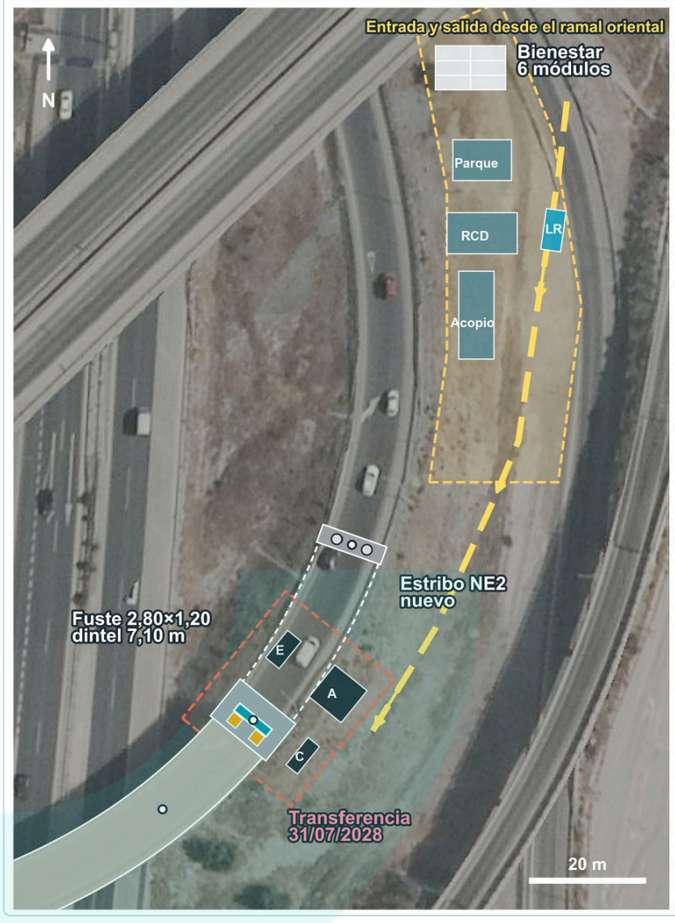
CONTROL

- Termopares en núcleo y superficie del encepado, gradiente ≤ 20 °C.
- Gateo ≤ 5 mm/min y diferencia ≤ 2 mm entre gatos; carga en la banda de 370-440 kN por apoyo.
- Células: aviso ±10 %, alerta ±15 %, parada ±20 %; asiento de P2: aviso 3 mm, parada 8 mm.

> Punto de parada: sin la carga medida en las células dentro de lo previsto, las lecturas de P2 dentro de umbral y la firma de la Dirección de Obra no se retiran neoprenos ni se corta el cargadero.

F4 Pila P3, NE2 y transferencia

may – ago 2028



FECHAS R10

- Ferralla del fuste 16-31/05; cimbra 01-12/06; encofrado 13-16/06; hormigonado 19-20/06/2028.
- Neoprenos, cuñas y nivelación: 19-25/07; transferencia y desapeo: 26-31/07/2028.
- Retirada de torres del apeo y andamios: 01-10/08; relleno del encepado 11-18/08/2028.

TAJOS ACTIVOS

- Fuste de 2,80 × 1,20 m y dintel de 7,10 m (32 m³ HA-30/XS1, 5.972 kg) con encofrado independiente del apeo activo.
- NE2 sobre sus 2 pilotes: cargadero de 57 m³ (hormigonado 26-27/01/2028) y apoyos de 600 × 700 × 203 mm.
- Z-I (≈ 600 m²): plataforma de recepción y cimiento de la cimbra intermedia 20/04-02/05; tramos sobre cunas desde el 04/05; cimbra intermedia 11-24/05.

MAQUINARIA Y HUELLA EN PLANTA

- A grúa auxiliar de 60 t; E equipo de elevación y torre de acceso; C contenedor junto al acceso.
- Cimbra intermedia de 4 torres multidireccionales bajo la junta (PK 331,7, 4,3 m de altura) sobre la plataforma del antiguo terraplén.

SUPERFICIE Y CONTROL

- Z-P3 reutilizada (672 m² + 36 m²).
- 28 días de curado antes de cargar; cotas de apoyo con el levantamiento real del tablero, no con las de proyecto.
- Ensayo de placa (Ev2 ≥ 60 MPa) y solera de HM-20 bajo la cimbra intermedia.

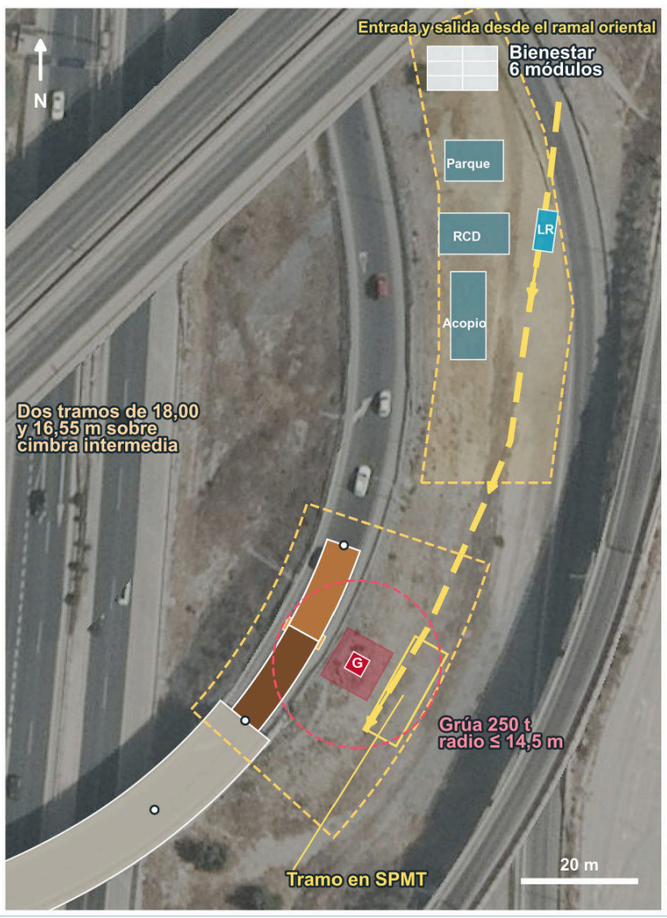
ACCESOS Y ZIA

- Acceso y lavarruedas sin cambios; la planta de lodos, retirada (22/11-01/12/2027), deja libre la plataforma oriental para las cunas de los tramos y la grúa.
- Los dos tramos del cajón se reciben en mayo sobre cunas en la plataforma oriental (fuera de la ZIA) y esperan allí hasta el izado.

> Acta 3 · 31/07/2028: carga pasada a los neoprenos de P3 con la auscultación dentro de umbral y la firma de la Dirección de Obra.

F5 Montaje del cajón en dos tramos

03 may – 28 ago 2028



FECHAS R10

- Transporte 3-4 y 8-9/05; cimbra intermedia 11-24/05; conectores sobre cunas 25/05-09/06; grúa de 250 t: montaje 01-02/08, retirada 08/08; reunión de maniobra 03/08.
- Noche 1: jueves 3 → viernes 4/08 (tramo 1, lado P3). Noche 2: lunes 7 → martes 8/08 (tramo 2, lado NE2). Reserva: martes 8 → miércoles 9/08.
- Presentación 08-10/08; junta transversal a tope 11-21/08 (6 jornadas, 2 soldadores por turno); END 22-24/08; descimbrado 25-28/08.

MANIOBRA CON UNA GRÚA ÚNICA

- Grúa todoterreno de 250 t en la plataforma interior, a **10,5 m al este del eje** y fuera de la cimbra; radios de recogida 12,1 m (tramo 1, PK 325) y 11,4 m (tramo 2, PK 337), posición final 14,3 m; cálculo a 14,5 m; giro ≈ 100°-105° por el lado de cada tramo.
- Carga en gancho 41,5 t (tramo 1, 37,6 t) y 38,2 t (tramo 2); balancín de 4 puntos; utilización ≈ 65 % y 60 % (límite 70 %); 4 placas de 2,5 × 2,5 m (≤ 160 kPa).
- **Convoy de ≈ 25 m** en mayo por una apertura provisional del ramal este hasta las cunas; la noche del izado cada tramo va en SPMT al punto de recogida (20 m del eje), se iza, gira y baja a P3 o NE2 y a la cimbra intermedia.

CIERRES Y HORARIO (N1 Y N2)

- 00:30 cierre del ramal a nivel del este y apertura de la barrera; 23:30 traslado en SPMT; 01:00 prueba de despegue; 01:15-02:45 izado; 03:00-04:00 nivelación; **04:30 apertura del ramal**.
- Corredor libre de 12 m y área de exclusión (carga + 5 m = 8,2 m del eje) balizada.

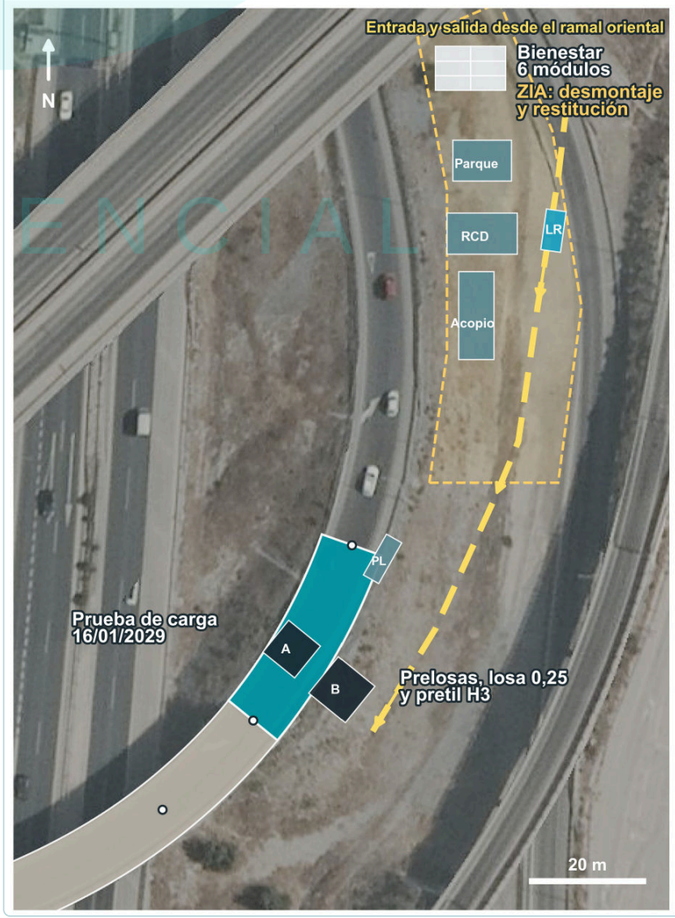
CONTROL

- Previsión a 72, 24 y 6 h; prueba de despegue de 20 cm durante 10 min con lectura del limitador; viento por debajo del límite de tablas.

> **La MA-20 no se ocupa**: la carga nunca pasa sobre ella, la pluma no la alcanza y no hay corte de arcén ni de carril. Solo se cierra de noche el ramal a nivel del este (00:30-04:30). Punta de pluma a ≈ +36 m, bajo la superficie del aeropuerto (≈ 57 m).

F6 Losa, terminaciones y apertura

ago 2028 – feb 2029



FECHAS R10

- Prelosas (418 m²) 29/08-06/09 con la grúa auxiliar de 60 t; servicios restituidos del 09/08 al 30/08/2028.
- Losa y conexión con el vano 3 (81 m³ HA-35/XS1) en continuo el 26/10/2028; losa de transición de NE2 tras el relleno del trasdós.
- Pedestales 24/11-04/12; impermeabilización (1.306 m²) 28/11-14/12; firmes (434 t) 15-20/12; juntas 21-28/12.
- Pretil H3-W3 (264 m) 02-10/01/2029; prueba de carga 11-16/01/2029; apertura 24/02/2029.

MAQUINARIA Y HUELLA EN PLANTA

- PL prelosas, en una sola remesa la víspera de su colocación; B bomba y A grúa auxiliar en la plataforma de NE2.
- Firmes: extendedora, 2 compactadores y 3 bañeras en ciclo de 90 min.

CONTROL

- 28 días de curado antes de impermeabilizar; registro de flechas durante el hormigonado.
- Prueba de carga con dos estados (8 y 4 camiones), con proyecto aprobado desde el 26/12/2028.

ACCESOS Y SERVICIOS

- Bomba y grúa llegan a la plataforma de NE2 por el acceso de obra; punto limpio y balsa hasta el mes 22 y bienestar hasta el mes 24.
- Reposición del alumbrado del ramal en su posición final con pruebas antes de la apertura.

RETIRADA

- Desmontaje de la ZIA, reposición de 220 m de cuneta, hidrosiembra de 3.288 m² y revegetación del lazo.
- Recepción y apertura el 24/02/2029, con 5 días de reserva hasta el plazo contractual.

LEYENDA Tablero existente · Huella del vano 4 · Vano 4 terminado · ZIA principal · Zona de tajo · Exclusión, grúa o corte de carril · Lodos y detritos · Maquinaria · Torres de apeo, excavadora y dúmper · Acceso de obra y sentido · LR lavarruedas · ● Pilote Ø1,80 · ○ apoyo · Cabecera en rojo: fase con actividades en el camino crítico · Z-M · P2 desde el este (pista y plataforma) · Convoy de ≈ 25 m y entrada por el ramal este

USOS DE LA ZIA Y RESERVAS POR CAMPAÑA

Uso	Superficie	Dimensionamiento	Permanencia
Bienestar y oficina	132 m²	6 módulos de 6 × 2,5 m para 24 usuarios; 1 módulo más (30 plazas) de sep. a nov. de 2027	Meses 3-24
Circulación y espera de cubas	360 + 120 m²	Carril de 4,50 m y dos plazas de 13 × 3,2 m	Meses 3-24
Punto limpio	84 m²	Solera estanca con cubeto; 6 contenedores segregados	Meses 3-22
Balsa de lavado de cubas	19 m³	Impermeabilizada; alarma al 75 %	Meses 4-22
Planta de lodos	360 m²	4 depósitos de 60-80 m³, agua 80 m³, desarenador y 3 contenedores de detritos	Meses 7-10
Cunas de los tramos, cimbra intermedia y grúa	≈ 600 m²	2 tramos sobre cunas; cimbra de 4 torres; corredor de 12 m para el convoy y el SPMT	Meses 14-18
Plataforma de la grúa de 250 t	≈ 9,3 × 8,9 m	4 placas de 2,5 × 2,5 m (≤ 160 kPa) a 10,5 m del eje, fuera de la cimbra intermedia	01-08/08/2028

FLUJOS DE TRANSPORTE EN OBRA

Operación	Flota, ciclo y regla
Terraplén del E2 existente	6 bañeras de 24 t, ciclo de 120 min, 21 viajes/día; lona y lavado de ruedas
Hormigón de pilotes	32 m³/h, cuba de 8 m³, ciclo de 75 min: 5 cubas y 1 de reserva, llegada cada 15 min
Arranque del vertido	2 cubas en espera y colchón de 16 m³; no se empieza si la flota o el hormigón reservado no permiten terminar
Encepado de P3	247 m³ en 7 h con bomba de 36 m, 5 cubas y planta secundaria ensayada
Lodos y detritos	Lodo en circuito cerrado; excedente en cisterna estanca y detritos a gestor autorizado
Tramos del cajón	2 convoyes nocturnos de ≈ 25 m (3-4 y 8-9/05/2028) con autorización de la DGT; descarga sobre cunas, SPMT hasta la grúa el día del izado
Micropilotes de P2	Pista este propia de 4 m; sin cruce con el vial interior ni con la MA-20; ningún vehículo espera en calzada

BALANCE DE TIERRAS Y RESIDUOS

Concepto	Cantidad y destino
Terraplén retirado del E2 existente	5.517 m³
Reutilizado en el relleno de E1	371 m³
Reutilizado en el encepado de P3	399 m³
Tierra vegetal extendida	582 m³
Granular del trasdós de NE2	92 m³ de cantera CE
Sobrantes a planta de RCD	≈ 9.700 t
Lodos de perforación	gestor autorizado
Préstamos	ninguno
Detritos por pilote (esponjados)	≈ 160 m³
Hidrosiembra final	3.288 m²

CONFIDENCIAL

la tendencia de asiento.

3. **Cálculo y aprobación del apeo, del gateo y de las transferencias** (16/03-05/05/2027): proyecto de las torres de P3 y de las de P1, P2 y E1 con las reacciones de proyecto, carrera de gateo, secuencia de carga y bloqueo mecánico, firmado por técnico competente.
4. **Drenaje del canal junto al E2 existente** (26/04-06/05/2027): desvío provisional del caudal, tubo de continuidad bajo el acceso y la ZIA, protección de bocas y prueba de continuidad antes de ocupar la plataforma oriental.
5. **Plataformas de trabajo** (20/05-04/06/2027). La pilotadora de clase 118 t (Bauer BG 36 H o equivalente) transmite la mayor presión de la obra: la plataforma se proyecta con la presión de orugas del fabricante en la posición más desfavorable (UNE-EN 16228; método BRE 470), con base granular compactada, placa de carga de recepción y acta con espesor y capacidad reales. Ninguna máquina se usa como prueba de carga del terreno.

Plan de auscultación: magnitudes y umbrales. Los umbrales se miden respecto a la línea base, con la corrección térmica obtenida en los 60 días previos. El E2 existente asienta por sí solo 10-15 mm/año, es decir, unos 0,25 mm/semana: por eso cada magnitud tiene un umbral absoluto y otro de velocidad, que detecta el efecto de la obra aunque el acumulado sea pequeño. Los valores absolutos se han fijado con la distorsión angular admisible del tablero continuo (1/1000 entre apoyos consecutivos, ≈ 21 mm en el vano de 21,25 m) y con la capacidad de distorsión de los neoprenos. Son la propuesta del contratista; el plan de auscultación los somete a validación del proyectista y de la Dirección de Obra en el mes 1.

Magnitud y punto	Aviso	Alerta	Parada	Frecuencia
Asiento del E2 existente y de P3 (prismas y nivelación)	10 mm o 1 mm/semana	15 mm o 2 mm/semana	20 mm o 3 mm/semana	30 min automática; nivelación semanal y en cada hito
Asiento de P2	3 mm	5 mm	8 mm	30 min; diaria durante micropilotes
Inclinación del fuste de P2 (inclinómetro biaxial)	0,50 mm/m	0,75 mm/m	1,00 mm/m	Continua (10 min)
Distorsión angular entre apoyos consecutivos	1/2000	1/1500	1/1000	Calculada en cada ciclo
Desplazamiento horizontal del tablero en E2 existente/P3	5 mm	10 mm	15 mm	30 min
Carga en células de las torres de apeo	±10 % de la reacción de cálculo	±15 %	±20 % o diferencia de carrera > 2 mm entre gatos	Continua durante gateo; horaria con apeo activo
Apertura de fisuras y juntas (fisurómetros)	0,20 mm o fisura nueva	0,30 mm	0,40 mm	Semanal; diaria en demoliciones

CONFIDENCIAL

Protocolo. En **aviso** se duplica la frecuencia de lectura, se confirma con una segunda medida y el jefe de obra revisa el tajo que lo induce. En **alerta** se detiene ese tajo, se informa a la Dirección de Obra en 24 h y se aplican las medidas previstas (relleno de compensación, recarga de gatos, ajuste del orden de pilotes). En **parada** se paraliza toda actividad sobre la estructura, se aplica el plan de emergencia estructural y solo se reanuda con informe del proyectista y autorización de la Dirección de Obra.

1.6.2. Demoliciones y retirada del terraplén del E2 existente (meses 4-7)

Condicionantes. El vano 3 tiene reacciones mínimas negativas en algunas combinaciones de cálculo y el E2 existente se apoya en pilotes Ø1,25 m con la capacidad agotada. La UTE fija el orden de desmontaje por el equilibrio del tablero, no por la comodidad del acceso: antes de retirar pretiles, losa de transición y relleno instala la restricción provisional frente al levantamiento del vano 3 y se comprueba en cada subfase. La descarga empieza con P2 ya recalzado (30/06/2027).

- **Pretiles, juntas y pavimento** (25/06-06/08/2027). Retirada de 311 m de pretil con protección continua de borde provisional; fresado de 13.920 m²·cm y demolición de 699 m² de pavimento de accesos; retirada de juntas de E1 y del E2 existente.

- **Losa de transición, murete, tapes y aletas del E2 existente** (08-15/07/2027; 35 m³) por corte con hilo diamantado y retirada de piezas izadas, sin martillo contra el tablero.
- **Terraplén** (5.517 m³ en banco) en **dos bancos de 2.759 m³**: superior del 16/07 al 09/08/2027 e inferior del 10/08 al 31/08/2027 (sin trabajo el 16 ni el 19/08, festivos), en tongadas y sectores equilibrados a ambos lados del cargadero para no crear empujes asimétricos sobre los pilotes antiguos. Rendimiento adoptado **167 m³/día** (300 m³/día base × Ct 0,90 × Ca 0,95 × Ce 0,65) con excavadora de 30 t, 6 bañeras en ciclo de 120 min y señalista; en el banco inferior, 200 m³/día con una séptima bañera; nivelación del E2 existente y de P2 al terminar cada banco.
- **Hidrodemolición** de 64 m³ en pedestales del nuevo pretil H3, conexión con el vano 3 y cargaderos, con robot de ultra alta presión (UHP), andamios con bandejas estancas bajo el tablero y tratamiento del agua por decantación y corrección de pH; ningún efluente llega al drenaje de la MA-20. Las armaduras existentes se conservan limpias para la conexión.
- **Franja de losa del vano 3** (hidrodemolición de 1,50 m de la conexión del 01 al 03/09/2027 y demolición de 4,85 m el 06-07/09/2027, sin trabajo el 08/09, festivo local) para dar paso a la perforación de los pilotes frontales de P3. Antes del corte se comprueba en campo que el útil de 1,80 m, la camisa y la oscilación del mástil pasan con margen entre las almas del cajón. El hito "plataforma de pilotes liberada" (07/09/2027) cierra la fase.

1.6.3. Recalce de la pila P2 (meses 3-4)

Condicionantes. P2 acumula unos 10 cm de asiento y cabeceo y se trabaja bajo un tablero en servicio de gálibo limitado (≈5,5 m bajo el vano 3). Los micropilotes de **Ø225 mm y 30 m**, con tubo **Ø139,7 × 11 mm** e inyección repetitiva selectiva (IR), atraviesan el encepado existente de 6,00 × 6,00 × 1,50 m. **Acceso por el este:** pista de ≈110 m y 4 m de ancho (zahorra de 30 cm sobre geotextil) desde el viario de Carretera de Cádiz, por la cuña libre entre ramales y bajo el ramal, hasta una plataforma de **20 × 12 m** al este del fuste; la UTE tramita su autorización con el Ayuntamiento y la DGC del 02/03 al 07/04/2027. La barrera de la MA-20 se mantiene y se dobla con barrera de hormigón anclada por fuera del arcén: **arcén y calzada quedan libres**. **Equipo:** micropilotadora compacta de 15 t y 2,30 m (Klemm KR 805-3G o equivalente), sonda de corona de diamante, central de mezcla e inyección con registro digital y silo de 30 t.

1. **Pista, plataforma e implantación** (19-26/04 y 10-12/05/2027), con la línea base de auscultación de 60 días, iniciada el 15/03/2027, cumplida antes del primer taladro.
2. **Taladros del encepado** (17-21/05/2027). Tras localizar las barras con pachómetro se abren con corona de diamante los **8 taladros Ø500 × 1,50 m** (el diámetro definitivo se fija en el mes 1) a **2 por jornada** (3,0 m/jornada, con testigos de ≈245 kg retirados con minigrúa) y pared rugosa por hidrodemolición; ninguna barra se corta sin autorización.
3. **Micropilotes** (24/05-02/06/2027). Perforación a rotación con camisa recuperable adelantada, sin barrido con aire; tubo en tramos de 2 m con manguitos roscados y vaina. Con 30,8 m/jornada (40 m base × 0,95 × 0,90 × 0,90) se ejecuta **1 micropilote por jornada** (≈8 h de una jornada de 9-10 h). El tope estructural (114,6 t) supera en solo un 2 % las 112 t exigidas: el espesor del tubo se mide en cada partida.
4. **Inyección IR** (25/05-07/06/2027), desfasada una jornada y ≥ 24 h tras la vaina: presión máxima 15 bar, 90 l por válvula y pasada, mínimo 3 pasadas; se para si el encepado se mueve en la lectura de control.
5. **Conexión** (08-15/06/2027) con 12 barras GEWI Ø20 por micropilote, hidrodemolición del contorno con lanza UHP portátil y mortero de reparación; 14 días de fraguado y ensayos.

La UTE ejecuta primero los ocho taladros y después un micropilote por jornada en el orden **1-5-3-7-2-6-4-8**, nunca dos contiguos en jornadas seguidas y con al menos **48 h** entre adyacentes. La **recepción del recalce (30/06/2027)** exige los partes de las ocho unidades, la lectura de P2 estable y los ensayos del mortero; hasta entonces no se descarga el terraplén ni se gatea P2.

Por qué los micropilotes van antes que los pilotes y no en paralelo.

Criterio	En paralelo con los pilotes	Primero los micropilotes (mayo-junio de 2027)
Espacio y accesos	P2 está a ≈29 m de P3; la plataforma interior ya alberga Z-P3 y la planta de lodos, y la micropilotadora entraría por el arcén y se cruzaría con 5 hormigoneras en ciclo	Acceso propio por el este y plataforma de 240 m², sin cruces con la pilotadora, la grúa auxiliar ni la ZIA; la punta baja a 25 personas
Lectura de P2	Micropilotes, descarga del terraplén y pilotaje próximo mezclarían tres causas en una lectura y una alarma no se podría atribuir	Cada campaña con su lectura: micropilotes (mayo-junio), descarga (julio-septiembre), pilotes (septiembre-noviembre)
Seguridad de P2	La descarga cambia el empuje sobre los pilotes de P2 antes de recalzarlos	P2 recalzado antes de descargar
Plazo	Sin efecto: los micropilotes no son críticos	Sin efecto: apertura 24/02/2029; 12 jornadas de holgura hasta la descarga (16/07/2027)

Figura 1.10. Recalce de P2 desde el este. Izquierda: micropilotadora de gálibo reducido en la plataforma este, bajo el tablero existente, con el arcén de la MA-20 libre. Derecha: pista de acceso y plataforma sobre ortofoto, planta del encepado con los 8 micropilotes y su orden de ejecución, y secuencia del programa.

1.6.4. Pilotes Ø1,80 m de P3 y NE2 (meses 7-9)

Son seis pilotes: cuatro en P3 de **47,50 m** (cabeza +2,15; punta −45,30) y dos en NE2 de **50,00 m** (cabeza +7,15; punta −43,00), empotrados seis diámetros en las margas pliocenas bajo unos 38 m de aluviales y depósitos deltaicos blandos. Desde la plataforma a +5,50 la perforación real en P3 alcanza unos **50,8 m**. **Condicionantes:** freático a 4,2 m en P2, pilotes antiguos cargados a menos de 2 m de los nuevos y tablero en servicio encima de los pilotes frontales.

Interacción con la estructura en servicio. Antes de perforar cada pilote de P3 se comprueban la lectura de auscultación del vano 3 y del antiguo E2, la resistencia del pilote vecino y el lodo (densidad, viscosidad Marsh y contenido de arena). Durante la perforación se registra el nivel del lodo cada 30 min y el asiento del E2 existente con lectura automática: si el nivel baja más de 0,50 m sin causa operativa o la auscultación llega al umbral de aviso, se detiene el avance y se estabiliza con lodo de reserva. La verticalidad se controla con el inclinómetro del mástil (UNE-EN 1536, desviación ≤ 2 %; aviso interno al 1 %).

Figura 1.11. Campaña de pilotes Ø1,80 m en P3 con la planta de lodos y el taller de jaulas; P2 ya recalzado.

Operación simple	Método y medios	Control que libera el paso siguiente
Replanteo y camisa guía	Estación total; camisa de 1,90 m hincada 3-4 m con la propia pilotadora	Posición ±10 % D; verticalidad de camisa
Perforación bajo lodo	Pilotadora de clase BG 36 H con kelly de bloqueo; lodo bentonítico densidad 1,02-1,10; nivel ≥1,50 m sobre el freático	Parte por estrato; contacto con margas identificado en el útil

Operación simple	Método y medios	Control que libera el paso siguiente
Empotramiento y limpieza	6 D (10,8 m) contados desde el techo de margas identificado en el útil, que se compara con la cota de proyecto (−34,50 en P3; −32,25 en NE2); cazo de limpieza y desarenado	Profundidad por sonda; lodo de fondo: arena ≤3 %, Marsh ≤45 s; si el techo real está más bajo, parada y consulta a la Dirección de Obra
Jaula y tubos	Jaula de 6,5-6,8 t en tramos de 6 m premontados en la ZIA; 4 tubos de auscultación; separadores de 75 mm; grúa auxiliar de 60 t	Recubrimiento, empalmes, estanqueidad de tubos; jaula suspendida en cabeza
Hormigonado continuo	Tremie de 250 mm estanco con tapón; HA-35/F/20/XC2+XA3 SR del proyecto, con consistencia L (asiento 200 ± 30 mm) si la aprueba la Dirección de Obra a 32 m³/h; inmersión ≥3 m	Curva volumen-profundidad por cuba; 19-20 cubas sin interrupción
Retirada y protección	Extracción de camisa con hormigón fresco; relleno y balizado de la cabeza	Cota de hormigón sano; registro final del pilote

- **Orden y separaciones.** La UTE ejecuta primero **NE2-1 y NE2-2** (perforación 21/09-08/10/2027, jaulas desde el 16/09), lejos del tablero, para calibrar lodo, rendimiento y empotramiento; después **P3-1 → P3-3 → P3-2 → P3-4** (perforación 11/10-19/11/2027, jaulas desde el 04/10), perforando solo cuando el pilote vecino a menos de 6,30 m (3,5 D) ha alcanzado resistencia. Nunca hay dos perforaciones abiertas a la vez.
- **Rendimiento.** Perforación **10,8 m/día** efectivos (18 m/día base × 0,95 × 0,90 × 0,70; 5 días por pilote) y bajada de jaula con hormigonado en **2 días**. La jaula del pilote siguiente se premonta en 3 días mientras se perfora el anterior.
- **Hormigón.** Con el sobreconsumo del **20 %** se reservan **145 m³ por pilote de P3 (19 cubas) y 153 m³ por pilote de NE2 (20 cubas)**, **886 m³** en total, con un vertido de 4,5-4,8 h. Arranque con dos cubas en espera, **colchón de 16 m³** y reserva de producción confirmada por la central; no se inicia un vertido si el tiempo, la flota o el hormigón reservado no permiten terminarlo.
- **Ensayos.** Cross-hole en los **6 pilotes** (20-24/12/2027) tras la maduración; ningún encepado se ferralla sobre un pilote sin informe favorable.
- **Lodos y detritos.** Con un exceso del **30 %** sobre el volumen perforado (≈130 m³), cada pilote moviliza unos **170 m³ de lodo**. La planta dispone de **4 depósitos de 60-80 m³** (hasta 320 m³) para trabajar con un pilote abierto, más **1 depósito de 80 m³ de agua**. Los detritos (≈160 m³ esponjados por pilote) van a **3 contenedores estancos de 12 × 2,50 m** llenados hasta 2 m, con retirada rotativa a gestor autorizado. Al terminar (22/11-01/12/2027) se deshidratan los lodos y se libera la plataforma.

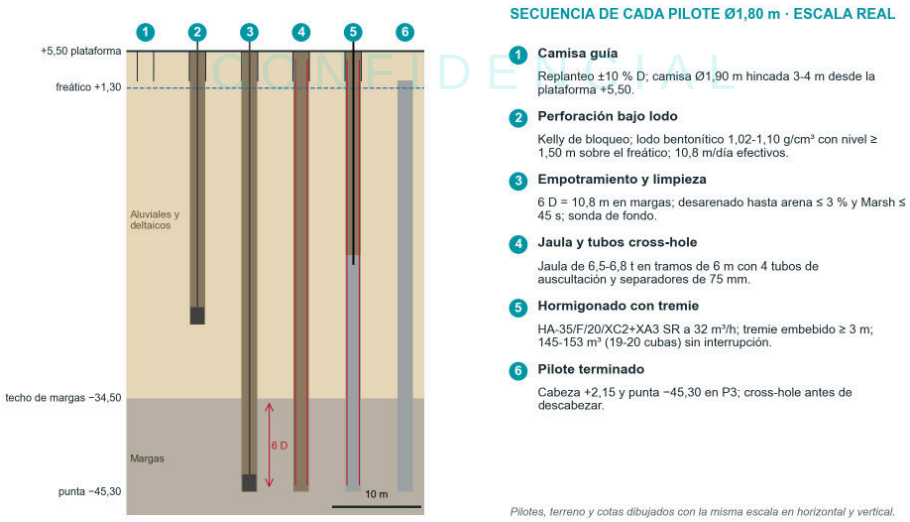


Figura 1.12. Secuencia de cada pilote Ø1,80 m: camisa guía, perforación bajo lodo, control de fondo, jaula con tubos cross-hole, tremie y retirada, con el control de cada paso.

1.6.5. Encepado, apeo y pila P3 (meses 10-18)

La UTE la trata como la actividad condicionante de la obra: el vano 3 pasa por tres estados de

SOBRE ELECTRÓNICO 2 · DOCUMENTACIÓN TÉCNICA · CRITERIOS VALORABLES MEDIANTE JUICIO DE VALOR

apoyo (cargadero antiguo → torres de apeo → pila P3) y cada cambio exige cálculo, medida y acta. La lámina 3 desarrolla la secuencia sobre los planos de proceso constructivo del proyecto.

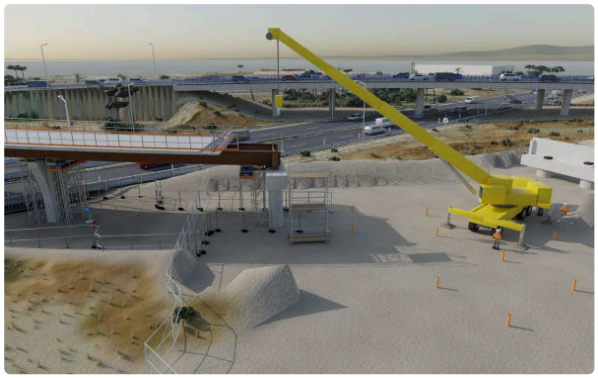


Figura 1.13. Encepado de P3 terminado y torres de apeo cargando el vano 3 antes de demoler el cargadero antiguo.

Paso	Operación y fechas	Equipo y medios	Control y punto de parada
1	Excavación y entibación del encepado con drenaje de fondo (27-30/12/2027; 656 m³)	Excavadora de 30 t, entibación de paneles, bombeo con decantación	Cota de fondo; asiento de P2 y del E2 existente en lectura diaria
2	Descabezado de los 4 pilotes y saneo de esperas (31/12/2027-07/01/2028)	Cortadora hidráulica de pilotes, martillo ligero	Hormigón sano en cabeza; longitud de esperas
3	Ferralla del encepado de 12,20 × 8,10 × 2,50 m (18/01-29/02/2028; 15.640 kg) y encofrado con ventanas (15-22/02)	4 ferrallistas, grúa auxiliar; ventanas encofradas alrededor de los pilotes antiguos	Inspección de armaduras y separación de las ventanas: sin contacto con pilotes antiguos
4	Hormigonado continuo de 247 m³ HA-30/B/20/XC2+XA1 (01/03/2028; 7 h)	Bomba de pluma de 36 m, 5 cubas en ciclo, reserva de producción	Plan térmico por el espesor de 2,50 m: termopares en núcleo y superficie, gradiente ≤ 20 °C
5	Montaje de las dos torres sobre el encepado recibido, con dos equipos (31/03-11/04/2028; sin trabajo el Jueves y el Viernes Santo)	Torres con gatos sincronizados, tuerca de seguridad y células de carga	Resistencia del encepado comprobada; verticalidad de torres
6	Instrumentación (12/04), precarga por escalones y prueba del apeo (17-19/04/2028)	Central PLC multipunto, 4 gatos, 4 células	Elevación ≤ 5 mm/min y diferencia ≤ 2 mm entre gatos; carga en la banda de la reacción de cálculo (370-440 kN por apoyo)
7	**Acta de transferencia al apeo (20/04/2028)** y retirada de neoprenos y chapas del E2 existente (20-24/04)	Gatos bloqueados mecánicamente	Punto de parada con firma de la Dirección de Obra
8	Corte y demolición del cargadero antiguo por piezas controladas (25/04-03/05/2028; 19,9 m³) y de los pilotes antiguos hasta la cota de proyecto (04-15/05)	Hilo diamantado, grúa, pinza de demolición	Piezas de masa conocida, sujetas antes de separarlas; sin impactos sobre torres ni tablero
9	Fuste y dintel de P3 (ferralla 16-31/05; cimbra 01-12/06; encofrado 13-16/06; hormigonado 19-20/06/2028; 32 m³ HA-30/XS1, 5.972 kg)	Encofrado y cimbra independientes del apeo activo	28 días de curado y resistencia antes de cargar
10	Neoprenos (350 × 450 × 132 mm vano existente; 600 × 700 × 203 mm vano nuevo), cuñas y nivelación (19-25/07/2028)	Nivel digital sobre el levantamiento real	Cotas de apoyo con el tablero real, no con las de proyecto
11	**Transferencia a P3 y desapeo (26-31/07/2028)**; retirada de torres (01-10/08) y relleno del encepado (11-18/08/2028)	Descenso controlado de gatos	Punto de parada con acta de desapeo; 102 días de vano sobre el apeo; torres retiradas el 10/08

Tres actas irreversibles sobre el tablero

Apeo (20/04/2028), demolición del cargadero y desapeo a P3 (31/07/2028): carga medida, auscultación en umbral y firma de la Dirección de Obra.

1.6.6. Estribos y sustitución de apoyos (meses 4-14)

- **E1** (25/06/2027-05/04/2028). Excavación del trasdós (400 m³, 370 m³ reutilizables) y retirada de losa, murete y aletas; hidrodemolición de recrecidos (06-14/10/2027); 72 anclajes postinstalados con resina y ensayo de arrancamiento (15-27/10); ferralla, encofrado y hormigón de cargadero, murete, aletas y topes sísmicos (28/10-07/12/2027); impermeabilización, dren y relleno compactado del trasdós; nueva losa de transición (15 m³, 07/03/2028).
- **Nuevo estribo NE2** (27/12/2027-02/03/2028). Descabezado de los dos pilotes, cargadero de 57 m³ HA-30 con dados, murete y aletas (hormigonado 26-27/01/2028), apoyos de 600 × 700 × 203 mm y topes nivelados; impermeabilización y dren del trasdós. El relleno granular de 92 m³ se coloca **después** del descimbrado (29/08-01/09/2028), en tongadas, para no empujar un murete aislado.
- **Sustitución de apoyos.** La UTE la ejecuta en el orden **E1 → P2 → P1**, nunca más de un apoyo a la vez y P2 solo con el recalce recibido: E1 (gateo 05-10/01/2028, transferencia 21-24/01), P2 (torres 25/01-03/02, gateo 04-08/02, transferencia 03-07/03) y P1 (torres 08-17/03, gateo 20-22/03, transferencia 04-06/04/2028). En cada apoyo: torres junto al fuste con barrera de contención frente a la MA-20, gateo sincronizado con el mismo control que en P3, retirada de apoyos y chapas de recrecido de las seis izadas anteriores, hidrodemolición de camas, neoprenos nuevos (350 × 450 × 132 en E1; 600 × 700 × 182 en P1 y P2) sobre mortero de nivelación con 7 días de curado y transferencia con lectura de asiento.

1.6.7. Cajón metálico del vano 4 (meses 1-18)

- **Ingeniería y taller (16/03-27/11/2027).** Planos de taller con eje curvo de radio 101,50 m, peralte del 7 % y contraflechas por borde (127/149/171 mm en centro de vano), aprobados antes del pedido de chapa (29/04/2027). Acero **S355J2W+N** (68.628 kg de chapa y 4.902 kg de perfiles), clase de ejecución **EXC4** según UNE-EN 1090-2, procedimientos de soldeo cualificados (UNE-EN ISO 15614-1) y soldadores homologados (UNE-EN ISO 9606-1). El cajón se fabrica en **dos tramos transversales**: **tramo 1 de 18,00 m** (lado P3, 37,6 t) y **tramo 2 de 16,55 m** (lado NE2, 34,3 t), con la junta de obra en el **PK 331,725**, en la zona central de chapa de espesor constante, sin diafragma y accesible desde el interior del cajón abierto. Fabricación en tres fases de 29 días: tramo 1 (23/06-02/08/2027); tramo 2 y rigidizadores (03/08-15/09); diafragmas, **premontaje en blanco del cajón completo** con medición de las once secciones de replanteo y preparación de la junta (16/09-27/10). END con inspección independiente (100 % visual, 100 % ultrasonidos en uniones a tope) y reparación de zonas soldadas. Los conectores no se sueldan en taller. **Cajón liberado para expedición el 27/11/2027.**
- **Plan de izado y transporte (abril-junio de 2027).** Radios, reacciones, aparejos y estabilización calculados con el levantamiento real; itinerario con barrido geométrico del convoy de ≈25 m y de los dos tramos de 18,00 y 16,55 m (38,0 y 34,7 t) y solicitud de autorización de transporte especial a la DGT (actividad 2.11, 29/04-13/06/2027). Cualificación del soldeo a tope en obra en chapas de 12, 30 y 40 mm (29/04-26/05/2027).
- **Recepción, transporte y cimbra (20/04-21/06/2028).** Plataforma de recepción y cimiento de la cimbra (20/04-02/05) en la plataforma oriental, ≈ 600 m² fuera de la ZIA. **Transporte especial en dos noches laborables de mayo**: tramo 1 la del miércoles 3 al jueves 4/05/2028 y tramo 2 la del lunes 8 al martes 9/05, con reserva del 9 al 10/05. Cada tramo (6,30 m de anchura con la flecha del arco) viaja en un semirremolque extensible de

Figura 1.14. Montaje nocturno del vano 4: tramo 1 ya apoyado en P3 y en la cimbra intermedia; el tramo 2, izado por la grúa de 250 t de la plataforma interior; área de exclusión balizada y MA-20 en servicio.

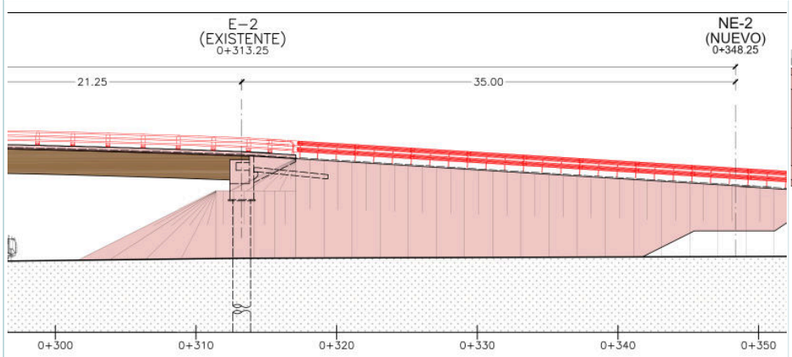
CONFIDENCIAL

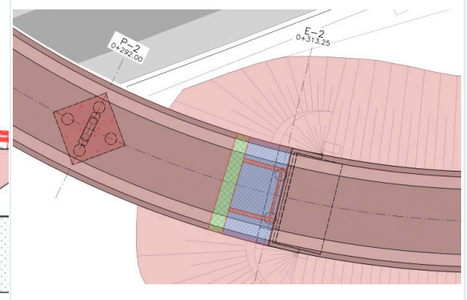
FASES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO

en rojo, lo ejecutado o demolido en cada fase

1 Descarga del estribo existente

jun – sep 2027





OPERACIONES Y FECHAS R10

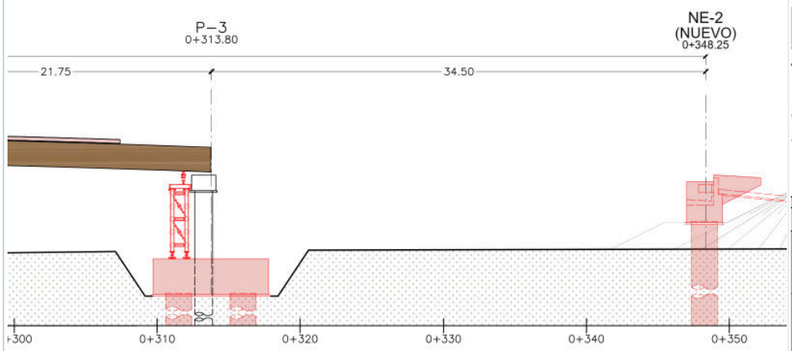
- Antes de retirar pretiles, losa de transición y relleno se instala la **restricción provisional frente al levantamiento del vano 3** (reacciones mínimas negativas) y se comprueba en cada subfase.
- Pretiles, juntas y pavimento 25/06-06/08/2027; losa de transición, murete, tapes y aletas del E2 existente (35 m³) 08-15/07 con hilo diamantado, sin martillo contra el tablero.
- Terraplén de 5.517 m³ en dos bancos de 2.759 m³ (16/07-09/08 y 10/08-31/08/2027), con **P2 ya recalzado (30/06/2027)**, en tongadas simétricas a ambos lados del cargadero para no empujar los pilotes antiguos; 167 m³/día.
- Hidrodemolición de 64 m³ con robot UHP y agua tratada; franja de losa del vano 3 (4,85 m + 1,50 m) el 06-07/09 (08/09 festivo), tras comprobar el paso del útil de 1,80 m entre almas.

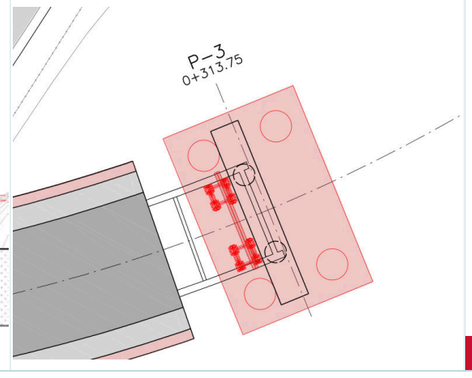
MEDIOS Y CONTROL

- Excavadora de 30 t con 6 bañeras de 24 t en ciclo de 120 min; 2 equipos de hilo diamantado; fresadora y barredora.
- Robot UHP con andamios y bandejas estancas bajo el tablero; agua tratada por decantación y corrección de pH, sin vertido al drenaje de la MA-20.
- Auscultación: 24 prismas con lectura cada 30 min e inclinómetros en P2 y P3 desde la línea base de 60 días.
- Nivelación del E2 existente y de P2 al terminar cada banco. E2 existente: aviso 10 mm o 1 mm/semana, parada 20 mm o 3 mm/semana; P2: aviso 3 mm, parada 8 mm.

2 Pilotes, encepado y apeo

sep 2027 – abr 2028





OPERACIONES Y FECHAS R10

- 4 pilotes Ø1,80 de 47,50 m (cabeza +2,15, punta −45,30; ≈ 50,8 m perforados desde +5,50) en orden P3-1 → P3-3 → P3-2 → P3-4 (11/10-19/11/2027), a menos de 2 m de los pilotes antiguos cargados; verticalidad ≤ 2 % para pasar entre ellos; cross-hole 20-24/12.
- Encepado de 12,20 × 8,10 × 2,50 m: excavación de 656 m³ (27-30/12), ferralla de 15.640 kg y ventanas encofradas sin contacto con los pilotes antiguos; 247 m³ HA-30/B/20/XC2+XA1 el 01/03/2028 en 7 h, termopares con gradiente ≤ 20 °C.
- Dos torres sobre el encepado recibido, con dos equipos (31/03-11/04, sin trabajo el 13 y 14/04); instrumentación (12/04) y precarga por escalones con PLC multipunto, 4 gatos y 4 células (17-19/04).

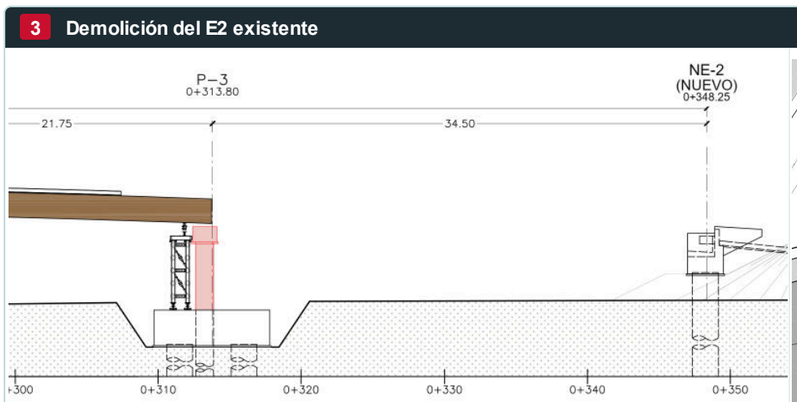
MEDIOS Y CONTROL

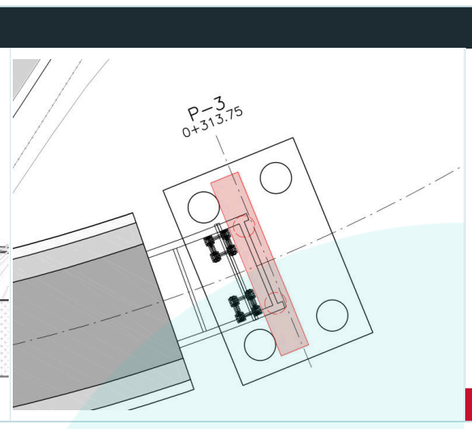
- Pilotadora clase BG 36 H (385 kNm) con planta de lodos; grúa de 60 t para jaulas de 6,5-6,8 t; tremie de 250 mm, 19 cubas por pilote.
- Lodo de 1,02-1,10, nivel registrado cada 30 min y parada si baja más de 0,50 m; lodo de fondo con arena ≤ 3 % y Marsh ≤ 45 s.
- Encepado con bomba de 36 m y 5 cubas; ningún encepado se ferralla sin informe favorable del cross-hole.
- Gateo ≤ 5 mm/min y diferencia ≤ 2 mm; transferencia válida con la carga en la banda de 370-440 kN por apoyo.

ACTA 1 · Transferencia al apeo · 20/04/2028

3 Demolición del E2 existente

abr – may 2028





OPERACIONES Y FECHAS R10

- Retirada de neoprenos y chapas de recrecido del E2 existente (20-24/04/2028) con los gatos bloqueados mecánicamente.
- Corte con hilo del cargadero (19,9 m³) del 25/04 al 03/05 en piezas de masa conocida, sujetas antes de separarlas; 4,4 m³/día.
- Pilotes antiguos demolidos hasta la cota de proyecto (04-15/05/2028). Ningún impacto sobre las torres ni sobre el tablero.
- Durante toda la fase el vano 3 descansa solo en las torres, con la carga medida en continuo.

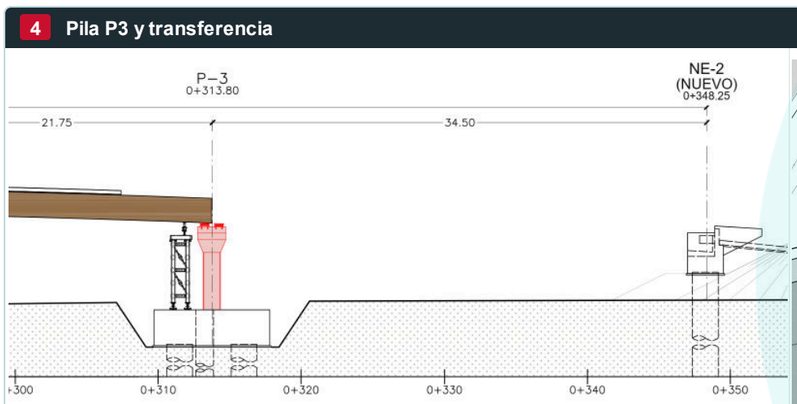
MEDIOS Y CONTROL

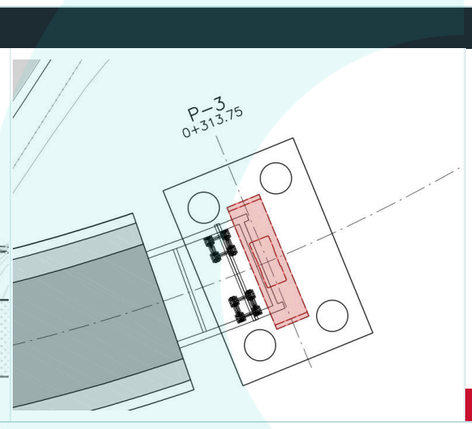
- Dos equipos de hilo diamantado, grúa y pinza de demolición; corte nocturno con hilo en lugar de martillo.
- Gatos con tuerca de bloqueo mecánico: la carga no depende de la presión hidráulica.
- Células en continuo: aviso ±10 %, alerta ±15 %, parada ±20 % o diferencia de carrera > 2 mm.
- Fisurómetros con lectura diaria en demoliciones (aviso 0,20 mm o fisura nueva, parada 0,40 mm); desplazamiento del tablero: aviso 5 mm, parada 15 mm.

ACTA 2 · Demolición del cargadero antiguo

4 Pila P3 y transferencia

may – ago 2028





OPERACIONES Y FECHAS R10

- Ferralla 16-31/05, cimbra 01-12/06 y encofrado 13-16/06, independientes del apeo activo; hormigonado 19-20/06/2028: 32 m³ HA-30/XS1 y 5.972 kg de acero; 28 días de curado antes de cargar.
- Neoprenos de 350 × 450 × 132 mm (vano existente) y 600 × 700 × 203 mm (vano nuevo), cuñas y nivelación (19-25/07) con nivel digital sobre el levantamiento real del tablero.
- Transferencia por descenso controlado de los gatos (26-31/07); retirada de torres y andamios 01-10/08 y relleno del encepado (11-18/08/2028).

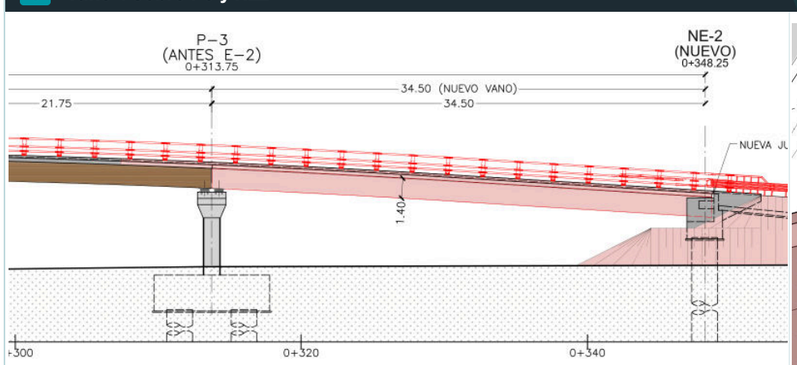
MEDIOS Y CONTROL

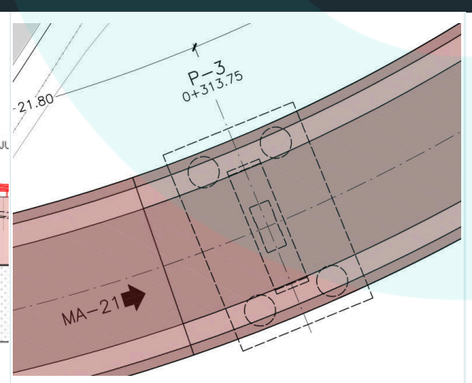
- Encofrado y cimbra del fuste y el dintel apoyados fuera de las torres; bomba de pluma y grúa de 60 t.
- Hormigonado de verano desde las 6:00, con agua fría, retardador y curado inmediato; suspensión por encima de 40 °C.
- Cotas de apoyo con nivel digital sobre el levantamiento real; resistencia comprobada antes de cargar.
- Descenso de los gatos con lectura de las células y de la auscultación antes, durante y después; acta de desapeo.

ACTA 3 · Transferencia a P3 y desapeo · 31/07/2028

5 Vano 4 sobre P3 y NE2

jun 2028 – ene 2029





OPERACIONES Y FECHAS R10

- Tramos de 18,00 y 16,55 m sobre cunas desde mayo y cimbra intermedia (11-24/05); grúa única de 250 t a 10,5 m del eje: tramo 1 la noche del 3 al 4/08/2028 y tramo 2 del 7 al 8/08, sin ocupar la MA-20.
- Soldadura a tope de la junta transversal en 6 jornadas (11-21/08); END al 100 % (22-24/08); descimbrado 25-28/08: el cajón de 1,40 m pasa a vano isostático sobre P3 y NE2.
- Relleno del trasdós de NE2 (92 m³) después del montaje; prelosas simétricas con la grúa de 60 t (29/08-06/09); losa y conexión con el vano 3 (81 m³) el 26/10/2028; prueba de carga 11-16/01/2029.

MEDIOS Y CONTROL

- Grúa de 250 t (≥ 60 t a 14,5 m; utilización ≈ 65 %), SPMT, cimbra intermedia con gatos y plataforma de soldadura; carpa cortavientos.
- Nivelación de los tramos a las cotas del levantamiento; control dimensional y de contraflechas (127/149/171 mm en centro de vano).
- END al 100 % de la junta y acta de aceptación antes de descimbrar; avance simétrico de prelosas para no torsionar el cajón.
- Losa con secuencia de vertido acordada con el calculista y registro de flechas; prueba de carga con 8 y 4 camiones.
- Cuerdas guía de 30 m y topes laterales en P3 y NE2 durante el giro; contrapeso a ≥ 2,6 m de la cimbra; prueba de despegue de 20 cm antes de cada izado.

MODELO 3D A ESCALA

CONFIDENCIAL

ESTADOS DE APOYO DEL VANO 3

Cargadero antiguo sobre pilotes Ø1,25
Estado actual, con ≈ 30 cm de asiento acumulado y capacidad agotada. Se descarga retirando el terraplén.

▼ Acta 1 · 20/04/2028: carga medida en las torres

Torres de apeo sobre el encepado · 102 días
Gatos sincronizados con tuerca de bloqueo: la carga no depende de la presión hidráulica.

▼ Acta 3 · 31/07/2028: carga pasada a los neoprenos de P3

Pila P3 definitiva
Apoyos nuevos nivelados con el levantamiento real del tablero; vano existente y vano nuevo sobre el mismo encepado.

Apoyo	Neoprenos nuevos (mm)	Transferencia R10
E1	350 × 450 × 132	21-24/01/2028
P2 (recalzada 30/06/2027)	600 × 700 × 182	03-07/03/2028
P1	600 × 700 × 182	04-06/04/2028
P3	350 × 450 × 132 y 600 × 700 × 203	26-31/07/2028
NE2	600 × 700 × 203	izado 3-4 y 7-8/08

CONTROL DEL GATEO Y DE LAS TRANSFERENCIAS

Control	Regla de la maniobra
Gateo	Elevación a 5 mm/min como máximo y diferencia de 2 mm o menos entre gatos (PPTP); central PLC multipunto con 4 gatos y 4 células.
Carga	La transferencia vale cuando la carga entra en la banda de la reacción de cálculo (370-440 kN por apoyo); aviso ±10 %, alerta ±15 %, parada ±20 % o diferencia de carrera > 2 mm.
Movimiento	Nivelación del tablero y de P2 antes, durante y después de cada acta; estación total con lectura automática cada 30 min e inclinómetros en P2 y P3.
Cotas	Ninguna cota de apoyo, cuña o bancada se fija con los valores de proyecto: se fijan con el levantamiento del mes 1 y la nivelación previa a cada transferencia.
Punto de parada	Sin lecturas dentro de umbral y sin firma de la Dirección de Obra no se retiran neoprenos, no se corta el cargadero y no se desmontan las torres.

UMBRALES DE AUSCULTACIÓN

desde la línea base

Magnitud	Aviso	Alerta	Parada
Asiento E2 exist. y P3	10 mm o 1 mm/sem	15 mm o 2 mm/sem	20 mm o 3 mm/sem
Asiento de P2	3 mm	5 mm	8 mm
Inclinación fuste P2	0,50 mm/m	0,75 mm/m	1,00 mm/m
Distorsión angular	1/2000	1/1500	1/1000
Desplaz. tablero E2 exist.	5 mm	10 mm	15 mm
Células de las torres	±10 %	±15 %	±20 %
Fisuras y juntas	0,20 mm	0,30 mm	0,40 mm

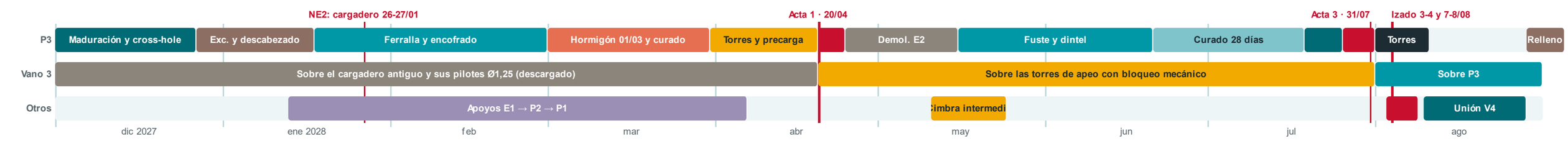
Aviso
Se duplica la frecuencia de lectura, se confirma con una segunda medida y el jefe de obra revisa el tajo que lo induce.

Alerta
Se detiene ese tajo, se informa a la Dirección de Obra en 24 h y se aplican las medidas previstas: relleno de compensación, recarga de gatos, ajuste del orden de pilotes.

Parada
Se paraliza toda actividad sobre la estructura (apeo de reserva, bloqueo de gatos, restricción de cargas); solo se reanuda con informe del proyectista y autorización de la D. O.

SECUENCIA EN P3 Y ESTADO DE APOYO DEL VANO 3

diciembre de 2027 a agosto de 2028



suspensión hidráulica con ejes pilotados (convoy de ≈25 m), con autorización complementaria de la DGT, dos vehículos piloto y escolta de la Agrupación de Tráfico, por la MA-20 sur, la MA-22, el giro en U de la glorieta R1 y la glorieta R2 hasta el ramal a nivel del este. El barrido da **10,4 m** en R1 y R2 frente a coronas de 12 y 11,5 m: el convoy pasa por la corona **sin ocupar la isleta**, con cierre total momentáneo de cada glorieta (≈10 min) con la Guardia Civil; respaldo, transbordo a SPMT antes de R1. Entra por una apertura provisional de ≈20 m en la barrera del ramal (cerrado de 00:30 a 04:30) y la suspensión deposita el tramo sobre **cunas niveladas** en dos filas, sin grúa y sin circular por el tablero: tramo 1 en la fila interior, a 20 m al este del eje y centrado en el PK ≈ 350; tramo 2 en la fila exterior, a 28,5 m y centrado en el PK ≈ 343. **Cimbra intermedia** (11-24/05): 4 torres multidireccionales bajo la junta (PK 331,7), cabezal con 4 gatos de 30 t y plataforma de soldadura a 1,90 m bajo el intradós, sobre solera de HM-20 con ensayo de placa (reacción ≈34 t). **Soldadura de los 1.586 conectores sobre cunas**, a nivel de suelo y no en altura (25/05-09/06); control dimensional y preparación de biseles (12-21/06/2028).

- **Grúa e izado (01-08/08/2028).** Una **grúa todoterreno de 250 t** en la plataforma interior, a 10,5 m al este del eje en el **PK 331,5**, fuera de la cimbra, sobre 4 placas de 2,5 × 2,5 m (≤ 160 kPa); se exige **≥ 60 t en tablas a 14,5 m**. Cada tramo se lleva en **SPMT** desde su cuna a su punto de recogida, a 20 m del eje (tramo 1 en el PK 325, radio 12,1 m; tramo 2 en el PK 337, radio 11,4 m), y se iza con balancín de 4 puntos: el **tramo 1 la noche del jueves 3 al viernes 4/08/2028** (41,5 t en gancho, radio final 14,3 m, utilización 54 % en la recogida y 65 % en el radio de cálculo de 14,5 m), que queda sobre P3 y la cimbra, y el **tramo 2 la del lunes 7 al martes 8/08** (38,2 t, 60 %), sobre la cimbra y NE2 con la cara de la junta a 6-8 mm; noche de reserva del 8 al 9/08 con la grúa montada. El giro, de ≈ 100° (tramo 1, por el lado de P3) y ≈ 105° (tramo 2, por el lado de NE2), se hace siempre por el lado del propio tramo, nunca sobre el vano 3 ni hacia la MA-20. **La MA-20 no se ocupa**: la carga queda a ≥ 19 m del eje de su calzada y la pluma no la alcanza.

Hora	Maniobra de cada noche (N1 tramo 1, N2 tramo 2)	Responsable
21:00	Última previsión (72/24/6 h); viento bajo el límite de tablas; revisión de estabilizadores, placas, balancín y área de exclusión	Jefe de maniobra
23:30	Traslado del tramo con SPMT desde su cuna (tramo 1: PK ≈ 350, 20 m del eje; tramo 2: PK ≈ 343, 28,5 m) a su punto de recogida a 20 m del eje (tramo 1: PK 325; tramo 2: PK 337)	Jefe de maniobra
00:30	Cierre del ramal a nivel del este	Señalización y recurso preventivo
00:45	Enganche del balancín a los 4 cáncamos; retirada de trincajes	Montadores
01:00	Prueba de despegue de 20 cm durante 10 min con lectura del limitador	Gruista
01:15-02:45	Elevación, giro y descenso sobre los apoyos (N1: P3 y cimbra; N2: cimbra y NE2)	Jefe de maniobra
02:45-04:00	Nivelación con los gatos, calces y topes laterales; liberación de aparejos	Encargado de montaje
04:30	Apertura del ramal	Señalización

- **Unión en posición y descimbrado (08-28/08/2028).** Presentación y nivelación de los tramos con los gatos de la cimbra a las cotas del levantamiento y punteo de la junta (08-10/08); **soldadura a tope con penetración total de la junta transversal** (fondo 30 mm, alas 40 mm, almas 12 mm; ≈46 kg depositados) en 6 jornadas (11-21/08) bajo carpa cortavientos, FCAW desde el interior sobre respaldo cerámico, con consumibles para acero patinable con Ni-Cu, precalentamiento según UNE-EN 1011-2 y secuencia alternada simétrica respecto al eje; **END al 100 %** (visual, ultrasonidos PAUT/TOFD a tope con nivel B de ISO 5817, partículas magnéticas en ángulo, espera ≥ 24 h) y control dimensional y de contraflechas (22-24/08); **descimbrado** en 3 escalones (25-28/08/2028): el cajón queda isostático sobre P3 y NE2 y se acepta el 28/08/2028. No se suelda con la chapa húmeda o por debajo de 5 °C ni con viento de más de 8 m/s en la carpa; cada cordón queda registrado (intensidad, tensión, velocidad y temperatura entre pasadas) en el dossier de la junta. Los gatos de la cimbra no se aflojan hasta tener los END favorables y las contraflechas medidas dentro de la tolerancia del plano de taller.

CONFIDENCIAL

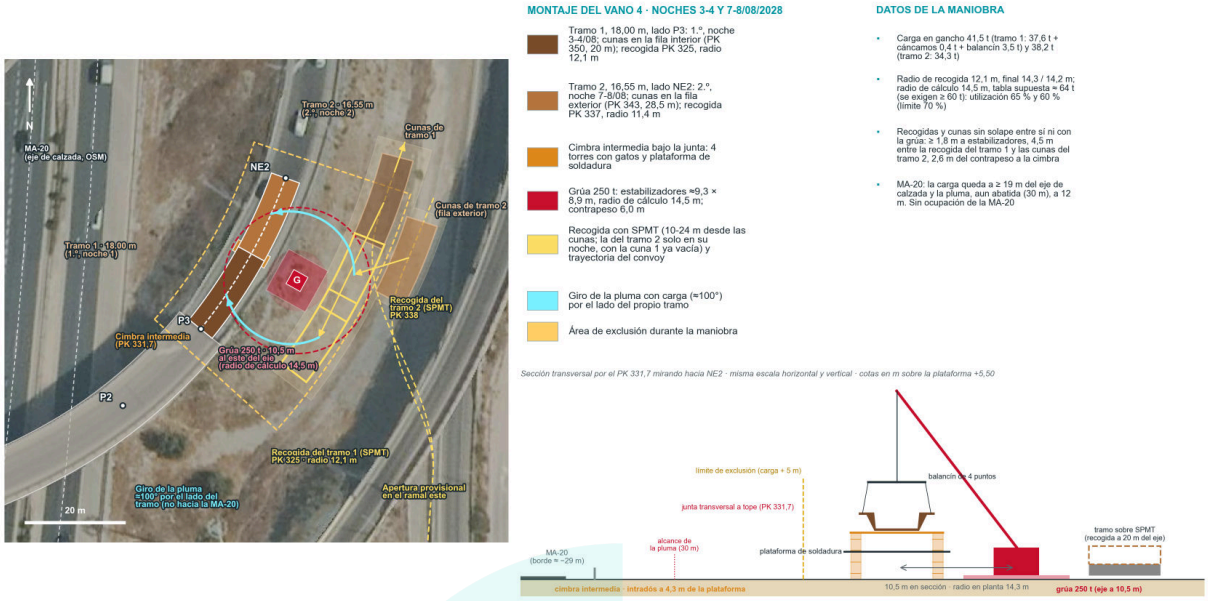


Figura 1.15. Montaje del cajón en dos tramos. Planta sobre ortofoto con las dos filas de cunas (PK ≈ 350 y ≈ 343), las recogidas con SPMT (PK 325 y 337), el giro de la pluma (≈ 100°-105°), la cimbra intermedia en el PK 331,7, la grúa de 250 t con su radio de 14,5 m y el área de exclusión; sección por la cimbra. El itinerario del convoy figura en la lámina 5.

1.6.8. Losa y acabados (meses 18-24)

La UTE coloca **418 m²** de prelosas con la grúa auxiliar de 60 t en 7 jornadas (29/08-06/09/2028), recibidas en una sola remesa y con avance simétrico respecto al eje para no torsionar el cajón sin losa. La ferralla de losa, vano 3 y riostras (17.110 kg) se monta en 31 jornadas con cinco ferrallistas, sin trabajo el 08/09 (festivo local). Tras la inspección de armaduras, recubrimientos y cotas (24-25/10), la losa y la conexión con el tablero existente (81 m³ HA-35/XS1) se hormigonan **de forma continua el 26/10/2028**, con secuencia de vertido acordada con el calculista y registro de flechas.

Con **28 días** de curado exigidos antes de impermeabilizar se ejecutan: pedestales del nuevo vano (24/11-04/12/2028), losa de transición de NE2 (30/10), impermeabilización del tablero (1.306 m², 28/11-14/12), firmes AC32/AC22/AC16 (434 t, 15-20/12), juntas de dilatación enrasadas con el firme (21-28/12), **pretil H3-W3** (264 m, 02-10/01/2029), barreras, señalización definitiva y restitución de canal, taludes e hidrosiembra (3.288 m²). La **prueba de carga** con dos estados (8 y 4 camiones), con proyecto aprobado desde el 26/12/2028, se realiza del 11 al 16/01/2029 y precede a la recepción y apertura al tráfico del **24/02/2029**; quedan 5 días de reserva hasta el plazo contractual.

Figura 1.16. Vano 4 terminado: cajón de acero patinable, losa de 10,80 m y pretil H3; NE2 con relleno de 4,00-4,50 m.

1.6.9. Alternativas de ejecución estudiadas y descartadas

Método adoptado	Alternativa estudiada	Motivo del descarte
Cajón en dos tramos con cimbra intermedia	Dos semicajones longitudinales; cajón de 34,55 m en una pieza	Los semicajones obligaban a una cimbra cuajada de 34 × 8 m y a soldar 35 m de junta; la pieza entera (≈72 t, 5,9 m de ancho) exige grúas de más de 400 t. Con dos tramos de ≈18 m se suelda una junta de ≈9 m y el transporte baja a un convoy de ≈25 m
Grúa única de 250 t en la plataforma interior	Tándem de dos grúas de 100 t con una entre el tablero y la MA-20	Evita el cierre de arcén y carril derecho de la MA-20 y el reparto incierto del tándem

Método adoptado	Alternativa estudiada	Motivo del descarte
Conectores soldados sobre cunas	Conectores tras el izado	12 jornadas en altura entrarían en la cadena crítica; sobre cunas tienen 28 jornadas de holgura
Una pilotadora, NE2 antes que P3	Dos pilotadoras en paralelo	Ahorra unas 4 semanas, pero pide dos plantas de lodos en una ZIA de 1.500 m², dos perforaciones abiertas junto a pilotes antiguos cargados y 10 cubas en ciclo con espera para 2
Micropilotes antes de descargar el terraplén	Micropilotes en paralelo con los pilotes	Mismo plazo; sin cruces de accesos ni de equipos y con lecturas de P2 atribuibles a una sola causa
Encepado de 247 m³ en un vertido	Dos tongadas	Junta fría en un encepado de 2,50 m que reparte la carga de cuatro pilotes y segunda campaña de cubas

1.6.10. Operaciones simples por actividad

Operaciones simples con medición, medios y rendimiento efectivo; duraciones del programa de trabajos.

Actividad · operaciones simples	Medición	Medios	Rendimiento efectivo	Días
Desbroce, tierra vegetal y nivelación de ZIA	1.500 m²	Excavadora, compactador, brigada	321 m²/día	5-12
Retirada de defensas y pretil; protección provisional	930 m	Camión grúa + 4 montadores	41 m/día	24
Demolición de losa de transición, murete y aletas del E2 existente	35 m³	Hilo diamantado + retro con pinza	6,2 m³/día	6
Terraplén del E2 existente: banco superior / inferior	2 × 2.759 m³	Excavadora 30 t + 6 bañeras	167 m³/día	17 + 17
Hidrodemolición de pedestales y conexiones	64 m³	Robot UHP + 4 especialistas + tratamiento	1,11 m³/día	3-28 por tajo
Taladros Ø500 del encepado de P2	8 × 1,50 m	Sonda de diamante + 2	2 taladros/jornada	5 (con pachómetro)
Micropilotes P2: perforación, tubo y vaina	8 × 30 m	Micropilotadora + central IR + 5	1 micropilote/jornada	8
Jaulas de pilotes con tubos de auscultación	39.600 kg	Grúa auxiliar + 4 ferrallistas + soldador	2.394 kg/día	3 por jaula
Perforación de pilotes Ø1,80 m	290 m	Pilotadora + planta de lodos + 6	10,8 m/día	5 por pilote
Hormigonado con tremie	886 m³ servidos	Tremie + 5 cubas en ciclo	170 m³/día	2 por pilote
Excavación y entibación del encepado P3	656 m³	Excavadora + entibación	167 m³/día	4
Ferralla (encepado, estribos, pila, losa)	≈ 60.300 kg	4 ferrallistas + grúa	537 kg/día	4-32 por elemento
Encofrado (estribos, pila, bordes)	780 m²	4 encofradores + grúa ligera	19 m²/día	2-20 por elemento
Hormigón convencional por elemento	380 m³	Bomba + 4 operarios	61 m³/día	1-2 por vertido
Apeo, gateo y transferencia por apoyo	6 apoyos	Torres, gatos, células de carga	1 operación / 3-4 días	3-4
Corte y demolición del cargadero antiguo	19,9 m³	Hilo diamantado + grúa	4,4 m³/día	6
Fabricación del cajón en taller (2 tramos + premontaje)	71.718 kg	Taller EXC4	836 kg/día	29 por fase
Cimbra intermedia	1 ud (4 torres)	4 montadores + manipulador	1 cimbra / 10 días	10
Conectores sobre cunas	1.586 ud	2 soldadores con pistola de arco	132 ud/día	12
Soldadura de la junta transversal	≈9 m (≈46 kg)	2 soldadores por turno	1,5 m/jornada	6
Prelosas	418 m²	Grúa + 4 montadores	63 m²/día	7
Impermeabilización del tablero	1.306 m²	3 aplicadores	123 m²/día	11

CONFIDENCIAL

Actividad · operaciones simples	Medición	Medios	Rendimiento efectivo	Días
Mezclas bituminosas	434 t	Extendedora + 2 rodillos + bañeras	257 t/día	4
Pretil H3 y barreras	958 m	Camión grúa + 4 montadores	41 m/día	24

1.7. Desvíos provisionales y reposición de servicios afectados

1.7.1. Desvíos de tráfico

El ramal MA-21→MA-20 sentido Barcelona queda cortado desde la implantación de la señalización (19/04/2027) hasta la apertura (24/02/2029). El tráfico se desvía por el **itinerario principal** (salida 4A de la MA-21 hacia MA-22, glorieta y reincorporación a la MA-20; +1,1 km) y se mantiene señalizado el **itinerario de refuerzo** por la avenida de Velázquez (+0,7 km, con glorieta semaforizada), que se potencia en incidencias y en las dos noches del convoy. La MA-20 no se desvía: se ocupan carriles o arcén **solo de noche y de lunes a jueves** para los apeos de P1 y P2 y la franja de losa. Ni el recalce de P2 (desde el este) ni el montaje del cajón la ocupan; en las noches del convoy se cierran las glorietas de la MA-22 unos 10 min cada una (R1 00:20-00:30; R2 00:35-00:45) y el ramal a nivel del este de 00:30 a 04:30. El ramal se cierra con barrera TD-1 y señal TR-101, con preaviso TP-18 a 2 km y 1 km. Cada ocupación nocturna de la MA-20 lleva cuña de conos, panel de flecha y camión con atenuador de impactos; junto a las torres de apeo, barrera rígida portátil. El apartado 6 desarrolla los esquemas por fase, la señalización según la Norma 8.3-IC y la alta intensidad.

1.7.2. Servicios afectados

La cartografía de las compañías es anterior al ramal (2007), por lo que la UTE no da ninguna posición por buena sin confirmarla en campo. Del 16/03 al 07/04/2027 se hace el inventario: georradar en malla de 1 m sobre cada punto de perforación, estabilizador, entibación y acceso, catas manuales en los cruces, apertura de arquetas y reunión con cada titular. Las actuaciones de protección y desvío se ejecutan del 26/04 al 28/05/2027, antes de cualquier demolición, y la restitución final del 09/08 al 30/08/2028.

Servicio	Titular	Afección y actuación	Control y coordinación
Canalización y cámara principal de Telefónica (central del polígono de La Azucarera, uso compartido por Orange)	Telefónica / Orange	No se desvía. Losa de reparto de HA de 30 cm en 189 m bajo el paso de maquinaria; exclusión de estabilizadores y acopios sobre la traza	Localización con el titular antes de excavar el terraplén y el NE2; supervisión de la compañía en las catas
Alumbrado antiguo de la MA-20 (2 tubos Ø110, alimenta las torres de gran altura)	Ministerio	Apeo provisional de hasta 25 m junto a P2 durante los apeos, manteniendo el servicio porque la MA-20 sigue abierta	Prueba de aislamiento y encendido antes y después; trabajos sin tensión con el mantenedor
Fibra óptica DGT (24, 16 y 12 fibras) y conductores SOS en desuso, en la misma zanja	DGT	Apeo junto al alumbrado en la zona de P2 sin corte de fibra; arqueta compartida protegida	Medida de continuidad (OTDR) antes y después con el CGT Sureste (Málaga) de la DGT; ventana acordada
Alumbrado del ramal (2 tubos Ø110 por el tablero) y del ramal contiguo a Av. Velázquez	Ministerio	Retirada de 90 m al inicio y reposición al final; tendido aéreo provisional de hasta 81 m para mantener encendido el contiguo	Pruebas de puesta en servicio antes de la apertura; gálibo fuera del radio de grúas
Cuneta y tubo Ø300 bajo el ramal hacia el Martín Carpena	Ministerio	Desvío provisional del caudal y tubo de continuidad bajo acceso y ZIA; reposición de 220 m de cuneta al final	Inspección tras cada lluvia; barrera de sedimentos aguas abajo
Abastecimiento y riego	EMASA	Confirmación con georradar en la ZIA y catas	Consulta a EMASA en el mes 1

CONFIDENCIAL

Servicio	Titular	Afección y actuación	Control y coordinación
Red de distribución eléctrica y gas (Endesa, Nedgia)	Compañías	Sin afección según la información del proyecto; confirmación con georradar en toda la ZIA	Consulta actualizada a la plataforma de compañías en el mes 1
Tres arquetas con tubos PE Ø60 y Decaplast Ø50 sin uso bajo el terraplén	Sin titular identificado	Se comprueba que no llevan servicio antes de retirar el terraplén; se documentan y se retiran con él	Acta con el Sector de Conservación

1.8. Préstamos, vertederos y balance de tierras

La obra es excedentaria. De los **5.517 m³** del terraplén, el material apto según PG-3 se reutiliza en los rellenos de E1 (371 m³), del encepado de P3 (399 m³) y del trasdós del NE2; la capa superficial se reserva como tierra vegetal para la restauración (582 m³ extendidos). No se abren préstamos; los **92 m³** de material granular del trasdós del NE2 proceden de cantera autorizada con marcado CE. Sobrantes y lodos van a valorización y gestor autorizado según la tabla.

Material	Destino previsto	Distancia	Alternativa y restauración
Tierras y RCD sobrantes (≈ 9.700 t)	Planta de RCD del Centro Ambiental "Los Ruices" (AAI/MA/018), con aceptación previa	8,4 km	Recicla Andalucía (Cártama), con aceptación previa por escrito antes del 16/07/2027; tierras aptas ofrecidas antes a otras obras de la Demarcación
Lodos y detritos de perforación	Gestor autorizado, con caracterización previa	-	Deshidratación en obra para reducir volumen
Granular del trasdós de NE2 (92 m³)	Cantera autorizada con marcado CE	-	Sin préstamos que restaurar
ZIA, plataformas y taludes	Restauración al final de la obra	-	Descompactación, tierra vegetal propia e hidrosiembra (enero de 2029)

1.9. Unidades que se ejecutarán mediante subcontratación

La UTE ejecuta con medios propios la dirección y la oficina técnica, la producción de estructura, las demoliciones, los movimientos de tierras, los encofrados y hormigonados, la señalización, el balizamiento y los cortes de carril (con los equipos de [redacted] del apartado 5), la gestión ambiental y la coordinación de seguridad. Se subcontra[redacted]presas especializadas las cimentaciones especiales, los gateos, ensayos y prueba de carga, la ferralla montada, las resinas y anclajes, el laboratorio de control, la fabricación, transporte y montaje del cajón metálico, las grúas de izado, la hidrodemolición, los apoyos y juntas, los pretiles y barreras, las mezclas bituminosas, la auscultación y la gestión de residuos. Medidas sobre el presupuesto del proyecto, esas unidades suponen del orden del **60 %** de la ejecución material: estructura metálica (≈ 22 %), pilotes y micropilotes (≈ 14 %), pretiles y barreras (≈ 8 %), hidrodemolición (≈ 7 %), apeos y gateo (≈ 4 %) y el resto por debajo del 3 % cada una. Cada subcontratista entra con su procedimiento de trabajo aprobado, su personal acreditado y su evaluación de riesgos integrada en el plan de seguridad; su certificación ISO 45001 o su integración en el sistema de la UTE se detalla en el apartado 4.

Empresa	Alcance en esta obra	Compromiso y documentación
EXPOA, S.L.	Cimentaciones especiales: 6 pilotes Ø1,80 m con lodos (NE2 y P3) y 8 micropilotes IR de P2	Carta de 24/09/2026 según su oferta de la misma fecha; ISO 9001 e ISO 14001 (AENOR)
INDAICO Innovative Solutions, S.L.	Gateos y transferencias de carga, ensayos en pilotes y prueba de carga	Carta de 30/09/2026
PERI, S.A.U.	Encofrados y andamios de encepado, pila, estribos y losa	Carta de 30/09/2026
Prefabricados Nava, S.A. (Prenava)	Prelosas del vano 4 (418 m²) y prefabricados de hormigón de su producción	Carta de 01/10/2026; prefabricados de hormigón armado para obra pública, prelosas incluidas; ISO 9001

Empresa	Alcance en esta obra	Compromiso y documentación
Hormialia 2007, S.L.	Hormigón, áridos y bombeo	Certificado de capacidad de suministro (21/09/2026); control de producción RD 163/2019 nº RD163/HOR-0024.002
Ferroinsa Fortes, S.L. · Ferralla y Armados Xauen, S.L. (Ferraxa)	Ferralla elaborada y montada (Ferroinsa); ferralla elaborada (Ferraxa): dos orígenes	Cartas de compromiso de ambas
Resinas Epoxi para la Construcción, S.L. (Reepox)	Resinas, anclajes y taladros en hormigón	Carta de compromiso (oferta CC/LB/CE/366)
CEMOSA	Laboratorio de control de calidad	Carta de 23/09/2026, con la reserva de incompatibilidad que ella misma fija
Saint-Gobain PAM España, S.A. · GLS Consorcio del Hormigón, S.L.U.	Fundición dúctil para drenaje; prefabricados de drenaje y urbanización	Cartas de compromiso; ISO 9001 e ISO 14001 (Saint-Gobain)
Áridos El Pinar, S.A. (Aripisa) · Siderúrgica Sevillana, S.A.	Áridos y zahorra; acero B500SD	Marcado CE y DAP sectorial (Aripisa); AENOR 017/000746, ARCER e INTEMAC (Sevillana)
Goros, S. Coop. (alternativa Luvimetal) · Grúas Alhambra · Rocesan · Aguado	Cajón en taller (hueco del 23/06 al 27/11/2027); grúa de 250 t; transporte especial y SPMT	EN 1090-1 EXC4 e ISO 3834-2, inspección acreditada por ENAC (UNE-EN ISO/IEC 17020); autorización de la DGT (2.11)
MK4 · MAURER · METALESA (alternativa HIASA) · PAMASA · Hidrodem	Apoyos y juntas; pretil H3 y barreras; mezclas; hidrodemolición UHP	UNE-EN 1337 y ETA-20/0028; UNE-EN 1317 (META16, H3 W3); UNE-EN 13108; efluente según la IT-MA-02
Kinesia Ingeniería · Recicla Andalucía · Los Ruices	Auscultación del puente; valorización de tierras y RCD	Monitorización de puentes en servicio; gestores autorizados con aceptación previa

Cartas de compromiso (cada miniatura abre la carta completa):

1.10. Medios para minimizar errores materiales en mediciones y presupuesto

CONFIDENCIAL

La UTE aplica cuatro controles independientes:

- **Modelo de mediciones único** con los 142 registros del proyecto enlazados a las actividades del programa: cada cantidad se asigna una sola vez y el reparto se comprueba contra el total del capítulo (diferencia admitida: cero).
- **Doble medición** de las unidades que quedan ocultas (pilotes, micropilotes, armaduras, excavaciones): parte firmado por encargado y técnico de calidad con fotografía georreferenciada y levantamiento antes de cubrir.
- **Conciliación mensual** medición-producción-consumo: hormigón servido frente a volumen teórico (sobreconsumo de pilotes ≤ 20 %), acero recibido frente a despiece, toneladas a vertedero frente a volumen excavado.
- **Revisión cruzada** de cada certificación por la oficina técnica, con lista de comprobación de unidades, precios y coeficientes.

1.10.1. Incidencias detectadas en la revisión del proyecto

Contraste de memoria, anejos, mediciones y pliego: las diferencias no alteran la solución y su resolución se presenta en el mes 1.

Incidencia	Qué dicen los documentos	Propuesta de la UTE
Techo del empotramiento de los pilotes de P3	El anejo geotécnico sitúa el nivel competente en la cota −34,50, pero el sondeo SR-1 describe arcillas margosas alteradas hasta la −37,50	Identificar el contacto en el útil; si aparece la capa alterada, consultar si los 6 D se cuentan desde su base
Diámetro del taladro en el encepado de P2	El anejo de cálculo define Ø450 mm; la medición de la hidrodemolición de la pared usa Ø500 mm	Fijar corona y espesor con los planos; probar la rugosidad en el primer taladro
Perforación en vacío de los pilotes	Los pilotes de P3 tienen la cabeza a +2,15 y se perforan desde +5,50: unos 3,35 m por pilote sin hormigón que la medición no distingue	Parte firmado por pilote con cotas de plataforma, cabeza y punta; criterio de medición acordado antes del primer pilote
Cotas de apoyo	El proyecto se apoya en la nivelación de 2021; el E2 existente asienta 10-15 mm/año, lo que supone 70-105 mm más en julio de 2028	Cotas de neoprenos, cuñas y bancadas con el levantamiento del mes 1 y comprobación antes de cada transferencia
Consistencia del hormigón de pilotes	El proyecto asigna consistencia S3 al hormigón de pilotes; para tremie la UNE-EN 1536 fija un asiento de 200 ± 30 mm	Asiento de 200 ± 30 mm con superplastificante, sin cambiar resistencia ni cemento SR; ensayo de mantenimiento de 7 h
Sobreconsumo de hormigón en pilotes	La medición prevé un 10 % sobre el volumen teórico (811 m³)	Planta, flota y reserva con un 20 % (886 m³); curva volumen-profundidad de cada pilote
Longitud del vano 4	La memoria del proyecto indica 34,55 m; los planos de planta y alzado y el eje dan 34,50 m entre ejes de P3 (0+313,75) y NE2 (0+348,25)	Replanteo y planos de taller con 34,50 m entre ejes de apoyo, contrastado con el levantamiento del mes 1; se confirma con el proyectista

1.11. Contingencias identificadas y respuesta prevista

Contingencia	Señal de aviso	Respuesta prevista
Movimiento del tablero o de P2 durante la descarga	Lectura de auscultación sobre umbral de aviso	Parada del frente, lectura de confirmación, análisis con la Dirección de Obra; relleno parcial de compensación si se supera el umbral de parada
Pérdida de lodo o inestabilidad de la perforación	Descenso brusco del nivel en el pilote	Aporte inmediato de lodo desde los depósitos y de agua desde el depósito de 80 m³; relleno con hormigón pobre y reperforación
Interrupción del suministro de hormigón en un pilote	Retraso de cuba superior a 30 min	Reserva de producción de la central activada; si se supera la trabajabilidad demostrada, no conformidad y comprobación de integridad
Terral o tormenta en una noche de izado	Previsión de racha superior al límite de tablas	Aplazamiento a la noche de reserva del martes 8 al miércoles 9/08/2028 sin desmontar la grúa; el tramo ya colocado queda estable sobre P3 y la cimbra intermedia con sus calces y topes; la jornada se recupera acortando la presentación con un tercer soldador
Lluvia intensa en campaña de pilotes (otoño)	Aviso naranja de AEMET	Protocolo de parada, protección de la perforación abierta y del parque de lodos, bombeo de reserva

CONFIDENCIAL

1.12. Plan de obra

1.12.1. Actividades y duraciones

La UTE ha construido el plan de obra con **232 filas** en 19 capítulos, jornada de 8 h con el calendario laboral de Málaga capital (Decreto 84/2026 y fiestas locales del 19/08 y el 08/09) y **plazo de 24 meses** desde el inicio de referencia de **marzo de 2027** (01/03/2027-28/02/2029). La red tiene **379 vínculos** de tipo fin-comienzo, comienzo-comienzo y fin-fin con desfases justificados (curados, esperas de resistencia, ventanas de tráfico), y la duración de cada actividad de producción se ha calculado a partir de la medición del proyecto y del rendimiento efectivo del equipo asignado:

Duración = Medición / (Rendimiento base × Ct × Ca × Ce × nº de equipos), donde **Ct** es el coeficiente climático (0,90-1,00), **Ca** la disponibilidad del equipo (0,90-0,95) y **Ce** la eficiencia por entorno e interferencias (0,60-0,85; menor en tajos junto a tráfico o bajo tablero). Los curad-

os y esperas de resistencia (7 días en morteros de apoyo, 14 en inyecciones, 28 en hormigones estructurales y antes de impermeabilizar) figuran como actividades propias y no se comprimen.

Unidad	Medición	Base/día	Ct	Ca	Ce	Efectivo/día	Equipo
Excavación de terraplén	5.517 m³	300 m³	0,90	0,95	0,65	167 m³	Excavadora + 6 bañeras (7 y 200 m³ en el banco inferior)
Perforación de pilotes Ø1,80	290 m	18 m	0,95	0,90	0,70	10,8 m	Pilotadora + lodos + 6
Hormigón con tremie	811 m³	200 m³	1,00	1,00	0,85	170 m³	Tremie + 5 cubas
Micropilotes IR	240 m	40 m	0,95	0,90	0,90	30,8 m	Micropilotadora + 5
Taladros Ø500 (diamante)	12 m	4,4 m	0,95	0,90	0,80	3,0 m	Sonda + 2
Hidrodemolición	64 m³	2 m³	0,95	0,90	0,65	1,11 m³	Robot UHP + 4
Ferralla	99.923 kg	850 kg	0,95	0,95	0,70	537 kg	4 ferrallistas + grúa (5 y 569 kg en la losa)
Encofrado	780 m²	30 m²	0,95	0,95	0,70	19 m²	4 encofradores
Fabricación del cajón	71.718 kg	1.100 kg	1,00	0,95	0,80	836 kg	Taller EXC4
Prelosas	418 m²	100 m²	0,95	0,95	0,70	63 m²	Grúa + 4
Soldadura de la junta transversal	9 m	2,0 m	0,95	0,90	0,90	1,5 m	2 soldadores por turno
Mezcla bituminosa	434 t	400 t	0,90	0,95	0,75	257 t	Extendedora + 7

Hitos de control del programa. Cada hito es una entrega con su condición de aceptación; ninguno se da por cumplido por fecha.

Hito (actividad del programa)	Fecha	Crítico	Condición de aceptación
Inicio de referencia del PCAP (1.1)	01/03/2027	Sí	Comprobación del replanteo; PAC y plan de auscultación en el mes 1
Implantación y accesos liberados (1.12)	17/04/2027	Sí	Desvíos autorizados; servicios inventariados y protegidos
Recalce de P2 recibido (5.15)	30/06/2027	No	8 partes de micropilote, P2 estable en la lectura y mortero ensayado
ZIA operativa y accesos recibidos (3.15)	25/06/2027	Sí	Lavarruedas, balsa, punto limpio y vallado en servicio
Plataforma de pilotes liberada (4.15)	07/09/2027	Sí	Placa de carga de la plataforma y gálibo del útil bajo el vano 3 comprobado
Cajón liberado para expedición (2.13)	27/11/2027	No	Premontaje en blanco, END e inspección independiente aceptados; dossier
Pilotes con integridad comprobada	24/12/2027	Sí	Cross-hole favorable en los 6 pilotes
Acta de transferencia al apeo (9.10)	20/04/2028	Sí	Carga en células en la banda de 370-440 kN por apoyo
Transferencia a P3 y desapeo	31/07/2028	Sí	Acta de desapeo con carga transferida medida
Izado de los dos tramos (13.7-13.8)	03-08/08/2028	Sí	Plan de izado firmado y viento bajo el límite de tablas
Cajón soldado y descimbrado (13.15)	28/08/2028	Sí	END al 100 % de la junta y contraflechas en tolerancia
Losa hormigonada	26/10/2028	Sí	Inspección de armaduras y cotas (24-25/10)
Prueba de carga	11-16/01/2029	Sí	Flechas y recuperación dentro de lo previsto en su proyecto
Recepción y apertura al tráfico (16.10)	24/02/2029	Sí	Señalización definitiva y recorrido con la Dirección de Obra
Fin del plazo contractual (16.12)	28/02/2029	-	24 meses; 5 días de reserva

1.12.2. Holguras y camino crítico

Holguras en jornadas de 8 h: la **total** no retrasa el final de la obra y la **libre** no retrasa ninguna sucesora. El **camino crítico** (holgura total nula) es: autorizaciones de desvíos → señalización y desvío del ramal → drenaje del canal → ZIA y plataformas → demoliciones del E2 existente → terraplén → franja de losa → planta de lodos → 6 pilotes → cross-hole → encepado de P3 → apeo → demolición del antiguo E2 → pila P3 → transferencia → grúa de 250 t → izado de los dos tramos → soldadura de la junta de obra → descimbrado → prelosas → losa → pedestales → pretil y barreras → señalización → limpieza → apertura. Las actividades con mayor holgura

son la fabricación del cajón (**595 jornadas**), las prelosas y los apoyos (más de 700 jornadas).

1.12.3. Riesgos del camino crítico y recuperación

Las actividades críticas tienen holgura nula y la reserva de 5 días (24-28/02/2029) no se consume por el izado: la noche de reserva se recupera en la soldadura. Cada riesgo de la cadena lleva una medida que recupera el retraso dentro de su fase.

Riesgo	Actividad y holgura	Retraso posible	Recuperación sin tocar la reserva
Autorización de desvíos tardía	1.4 y 3.1, críticas	1 semana	Segunda excavadora y compactador en ZIA y plataformas (3.7): de 12 a 7 jornadas
Reperforación, pérdida de lodo o margas más bajas	8.3-8.4, críticas; 7 jornadas por pilote	1-3 jornadas	Perforación hasta las 20:00, dentro del horario de la ordenanza: +25 %, 1 jornada por pilote. Cada metro más de empotramiento cuesta 0,1 jornada
Micropilote no conforme	5.4-5.11, holgura 12-13	1-2 jornadas	Absorbido por la holgura; turno de tarde de inyección
Ferralla del encepado de P3	9.4, crítica; 30 jornadas	3-5 jornadas	Segunda cuadrilla de 4 ferrallistas en el lado opuesto del encepado
Alerta en apeo o transferencia	9.9-9.13 y 11.7, críticas	2-5 jornadas	Gatos en bloqueo mecánico e informe en 24 h; la ferralla del fuste de P3 (11.1) se adelanta en la ZIA
Viento en una noche de izado	13.8, crítica	1 jornada	Presentación de 3 a 2 jornadas con un tercer soldador por turno

Control semanal del programa e interfaces. Cada lunes el jefe de obra revisa un **plan a 6 semanas**: una actividad solo entra con sus restricciones liberadas (planos, material, ventana de tráfico, acta previa, equipo). De él sale el **plan semanal** por cuadrilla (cumplimiento ≥ 80 %); una actividad crítica por debajo del 95 % dos semanas seguidas activa su recuperación. El programa se actualiza cada mes con la Dirección de Obra. Las entregas entre frentes son hitos con condición de aceptación: recalce de P2 (30/06/2027, antes de descargar el terraplén), plataforma de pilotes (07/09/2027), pilotes (24/12/2027, cross-hole favorable), plataforma oriental libre de lodos (01/12/2027), encepado para torres (31/03/2028), NE2 y P3 para el vano 4 (02/03 y 31/07/2028) y cada ventana nocturna (propuesta aprobada por el CGT 7 días antes).

Indicador semanal del plazo	Cálculo	Umbral	Respuesta
Cumplimiento del plan semanal	Tareas terminadas / comprometidas por cuadrilla	≥ 80 %	Causa de cada incumplimiento en la reunión del lunes
Avance de las actividades críticas	Avance real / previsto en el programa	≥ 95 %	Dos semanas por debajo: medida de recuperación de la tabla de riesgos
Restricciones liberadas	Actividades del plan a 6 semanas con planos, material, ventana y acta previa	100 % a 2 semanas	Escalado al jefe de obra y a la Dirección de Obra
Reserva final	Días de reserva no consumidos (24-28/02/2029)	5 días	Ningún día se consume sin acuerdo con la Dirección de Obra
Producción mensual	Producción real frente a la curva de inversión (figura de inversiones)	± 10 %	Revisión del programa con la Dirección de Obra en la actualización mensual

1.12.4. Reserva de equipos críticos y autorizaciones

Los equipos únicos y los permisos externos se reservan con margen sobre la fecha del programa y figuran en el plan a 6 semanas como restricción de su actividad.

Equipo o permiso	Uso en el programa	Reserva o solicitud	Si falla
Servidumbres aeronáuticas (AESA)	Pilotadora desde septiembre de 2027; grúa de izado el 04/08/2028	Solicitud en marzo de 2027 (mes 1), plazo máximo de 6 meses	Reiteración en el mes 5 con configuración de pluma reducida
Transporte especial de los dos tramos (DGT, DGC y titular de las glorietas)	Noches del 3-4 y 8-9/05/2028	Itinerario y barrido del 29/04 al 13/06/2027 (2.11), 11 meses antes	Renovación antes del vencimiento; área de apartado en el itinerario
Pilotadora Ø1,80 m y planta de lodos	Del 09/09 al 01/12/2027 (8.1-8.7)	Contrato cerrado en mayo de 2027 con fecha de movilización	Máquina de la misma clase del parque del subcontratista, en 10 días o menos

Equipo o permiso	Uso en el programa	Reserva o solicitud	Si falla
Torres de apeo y gatos sincronizados	P2 y P1 del 25/01 al 06/04/2028; P3 del 31/03 al 10/08/2028	Cálculo aprobado el 05/05/2027 (1.8); gatos y células calibrados antes de enero de 2028	Gatos de reserva en obra; tuerca de bloqueo en cada gato
Taller del cajón	Fabricación del 23/06 al 26/11/2027	Planos de taller aprobados el 28/04/2027; taller con EN 1090-1 EXC4 e ISO 3834-2 y hueco reservado del 23/06 al 27/11/2027 en el pedido	595 jornadas de holgura e inspector en taller
Grúa de 250 t	01-08/08/2028 (13.5-14.2)	Contrato tras el plan de izado (09/06/2027)	Permanece montada la noche de reserva del 8 al 9/08/2028

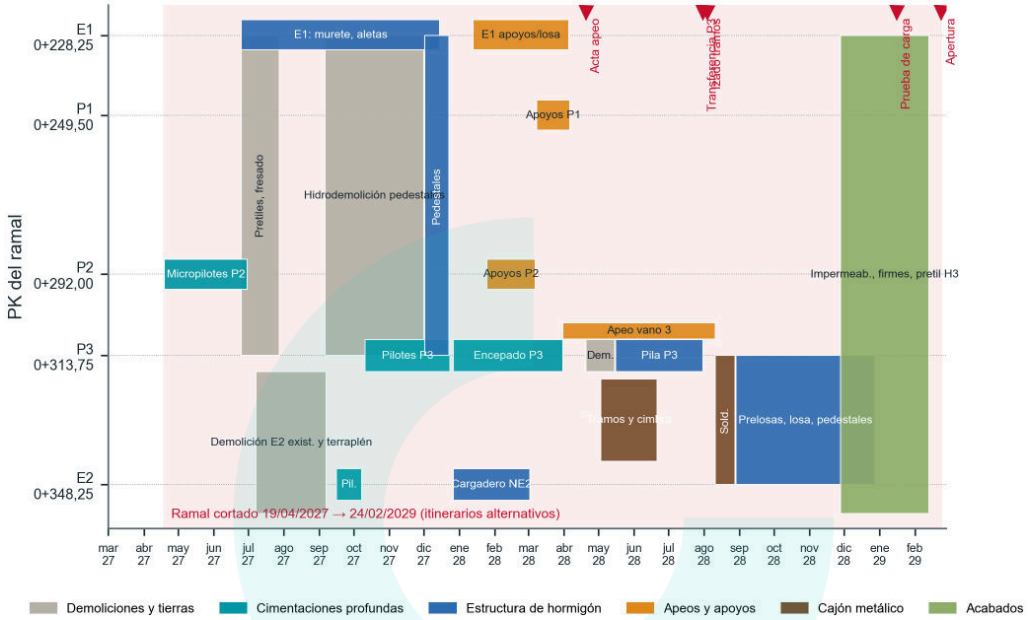


Figura 1.17. Diagrama espacios-tiempo. Frentes E1-P1-P2-P3-NE2 por PK frente a los 24 meses de obra, con las actividades principales, los hitos de transferencia y el periodo de corte del ramal.

1.12.5. Inversiones mensuales previstas

La inversión mensual, sobre el presupuesto base de licitación sin IVA (**2.102.198,50 €**), tiene su máximo entre los meses 9 y 13 (cimentación profunda, encepado y apeos). La mitad de la inversión se alcanza en el **mes 11** y el 91 % en el **mes 18**. Por años, la producción es el **43,6 %** en 2027, el **55,9 %** en 2028 y el **0,6 %** en 2029, frente a anualidades del 50, 25 y 25 %: los dos meses de 2029 son de terminación y prueba de carga, y la UTE entrega este reparto al inicio para el reajuste de anualidades.

CONFIDENCIAL

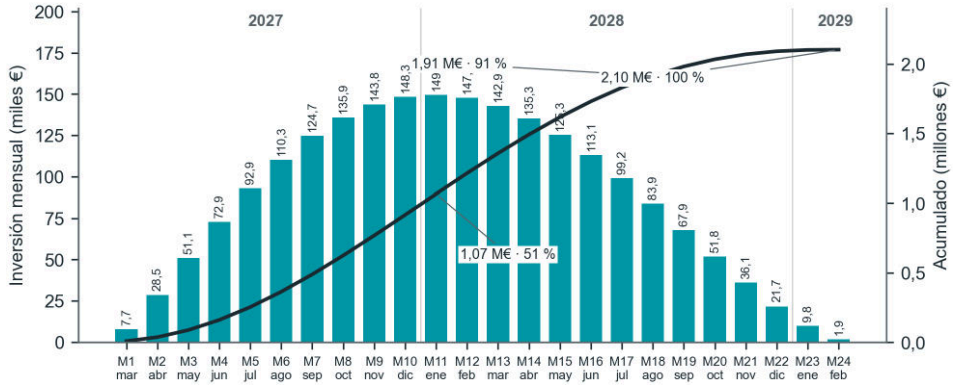


Figura 1.18. Inversión mensual y acumulada sin IVA sobre el presupuesto base de licitación.

Compromisos técnicos de la UTE. Auscultación automática desde el mes 1; P2 recalzado antes de descargar; ninguna transferencia sin acta firmada; izado sin ocupar la MA-20; 16 noches de ocupación L-J; 24 meses con 5 días de reserva y programa de trabajos actualizado cada mes.

CONFIDENCIAL

CONFIDENCIAL

PROGRAMA DE TRABAJOS

PROYECTO DE AMPLIACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL RAMAL DE ENLACE MA-21 CON MA-20 EN SENTIDO BARCELONA QUE CRUZA LA MA-20 A LA ALTURA DEL P.K. 5+560 · MÁLAGA · CLAVE OC-MA-26004

L4 LÁMINA

PROGRAMA DE TRABAJOS R10
Diagrama de Gantt con red de precedencias y CPM

24 MESES
01/03/2027 - 28/02/2029

Formato A2 vertical
420 x 594 mm · 1 hoja

Escala temporal
meses M1-M24 y semanas S1-S105

UTE CONF. CONF.
Oferta técnica · Sobre 2

ID	EDT	ACTIVIDAD / TAJO	Medición	Ud.	R base	Ct	Ca	Ce	Nº eq.	R efect.	D calc.	D adop.	Inicio	Fin	Predecesoras	Sucesoras	EQUIPO ASIGNADO	H CPM
1	1	01 Preparación y autorizaciones											01/03/27	05/05/27				
2	1.1	Inicio de referencia PCAP · marzo de 2027	0	hito								0n	01/03/27	01/03/27		3;4;5;6;7;12;230;231;232	Jefe de obra / dirección facultativa	0
3	1.2	Plan de seguridad y salud: redacción, coordinación y aprobación	1	documento	1	1	1	1	1	1		20l	02/03/27	31/03/27	2	13	Técnico de seguridad y salud	12
4	1.3	Programa, logística y plan de calidad: redacción y aprobación	1	documento	1	1	1	1	1	1		20l	02/03/27	31/03/27	2	11; 13	Oficina técnica y jefe de obra	12
5	1.4	Proyecto de señalización, desvíos y autorización de ventanas	1	documento	1	1	1	1	1	1		32l	02/03/27	16/04/27	2	13; 180	Señalización y balizamiento	0
6	1.5	Plan de residuos, caracterización de lodos y contratos de gestión	1	documento	1	1	1	1	1	1		25l	02/03/27	07/04/27	2	13; 109	Técnico de medioambiente	7
7	1.6	Levantamiento, encaje de cotas y control del puente existente	1	documento	1	1	1	1	1	1		10l	02/03/27	15/03/27	2	8; 9; 10; 15; 23; 62; 63	Equipo de topografía	7
8	1.7	Inventario de servicios y catas de confirmación	1	documento	1	1	1	1	1	1		15l	16/03/27	07/04/27	7	13; 42	Servicios afectados	7
9	1.8	Cálculo y aprobación del apeo, gateo y transferencias de carga	1	documento	1	1	1	1	1	1		35l	16/03/27	05/05/27	7	24; 58; 78; 97; 103; 142	Ingeniería de estructuras	64
10	1.9	Dimensionamiento de plataformas y accesos; control de gálibos	1	documento	1	1	1	1	1	1		15l	16/03/27	07/04/27	7	13	Especialista geotécnico	7
11	1.10	Homologar hormigón, acero, áridos y alternativa de suministro	1	documento	1	1	1	1	1	1		20l	16/03/27	14/04/27	4CC+14dn	83; 109	Responsable de suministros	102
12	1.11	Autorizar el acceso este a P2 (Ayuntamiento y DGC)	1	documento	1	1	1	1	1	1	25	25l	02/03/27	07/04/27	2	61	Oficina técnica / jefe de obra	30
13	1.12	Liberación de implantación y accesos	0	hito								0n	17/04/27	17/04/27	(3;5;6;8;10;4)+7h	29; 61	Jefe de obra / dirección facultativa	7
14	2	02 Suministros y fabricación											16/03/27	27/11/27				
15	2.1	Planos de taller, despiece, soldadura y aprobación del cajón	1	documento	1	1	1	1	1	1		30l	16/03/27	28/04/27	7	16; 22; 24; 25; 26	Oficina técnica del taller	135
16	2.2	Pedido y recepción de chapas y perfiles certificados	1	documento	1	1	1	1	1	1		55n	29/04/27	23/06/27	15+7h	17	Suministro de chapa y perfiles	589
17	2.3	Tramo 1 (18,00 m, lado P3) en taller	24.000	kg	1.100	1	0,95	0,8	1	836	29	29l	23/06/27	02/08/27	16	18	Fabricación del cajón en taller	133
18	2.4	Tramo 2 (16,55 m, lado NE2) en taller y rigidizadores	24.000	kg	1.100	1	0,95	0,8	1	836	29	29l	03/08/27	15/09/27	17	19	Fabricación del cajón en taller	133
19	2.5	Diafragmas, premontaje en blanco de los dos tramos y preparación de la junta de obra	23.717,79	kg	1.100	1	0,95	0,8	1	836	29	29l	16/09/27	27/10/27	18	20	Fabricación del cajón en taller	133
20	2.6	Inspección END, geometría y recepción de fabricación	1	documento	1	1	1	1	1	1		15l	28/10/27	18/11/27	19	21	Inspección y ensayos de soldadura	133
21	2.7	Protección de acero y reparación de zonas soldadas en taller	644,17	m²	180	0,9	0,95	0,8	1	123,12	6	6l	19/11/27	26/11/27	20	27	Protección anticorrosiva	133
22	2.8	Fabricar y recibir prelosas con sus certificados	1	documento	1	1	1	1	1	1		60n	29/04/27	28/06/27	15+7h	190	Fabricante de prelosas	1.285
23	2.9	Fabricar apoyos, topes y juntas; certificados y recepción	1	documento	1	1	1	1	1	1		75n	16/03/27	30/05/27	7+7h	85;98;104;155;163;211	Fabricante de apoyos y juntas	709
24	2.10	Plan de izado con grúa única de 250 t	1	documento	1	1	1	1	1	1		25l	06/05/27	09/06/27	15; 9	27	Ingeniería y dirección de maniobra	250
25	2.11	Itinerario del convoy de ≈25 m y autorización DGT	1	documento	1	1	1	1	1	1		45n	29/04/27	13/06/27	15+7h	27	Transporte especial y escoltas	1.096
26	2.12	Cualificar el soldeo a tope de la junta de obra (WPQR) y soldadores	1	procedimiento	1	1	1	1	1	1	20	20l	29/04/27	26/05/27	15	27	Taller EXC4 · ingeniería de soldadura	260
27	2.13	Cajón liberado para expedición y ventana reservada	0	hito								0n	27/11/27	27/11/27	21+7h; 25; 24+7h; 26	175; 180	Jefe de obra / dirección facultativa	595
28	3	03 Implantación, accesos y ZIA											19/04/27	25/06/27				
29	3.1	Implantar señalización previa y desvíos del ramal MA-20 Barcelona	1	config.	2	0,95	0,95	0,75	1	1,35	1	5l	19/04/27	23/04/27	13	30; 37; 42	Señalización y balizamiento	0
30	3.2	Desvío provisional del caudal y preparación del canal E2	1	cruce	2	0,95	0,95	0,75	1	1,35	1	3l	26/04/27	28/04/27	29	31	Drenaje · mini retro y 3 operarios	0
31	3.3	Colocar tubo de continuidad de drenaje bajo acceso/ZIA de NE2	1	cruce	2	0,95	0,95	0,75	1	1,35	1	4l	29/04/27	04/05/27	30	32	Drenaje · mini retro y 3 operarios	0
32	3.4	Protección de bocas y prueba de continuidad del drenaje	1	cruce	2	0,95	0,95	0,75	1	1,35	1	2l	05/05/27	06/05/27	31	33; 89	Drenaje · mini retro y 3 operarios	0
33	3.5	Desbroce y delimitación de ZIA	1.500,4	m²	500	0,9	0,95	0,75	1	320,62	5	5l	07/05/27	13/05/27	32	34	Tierras · excavadora y transporte	0
34	3.6	Retirada selectiva y reserva de tierra vegetal	357,44	m³	160	0,9	0,95	0,75	1	102,6	4	4l	14/05/27	19/05/27	33	35	Tierras · excavadora y transporte	0
35	3.7	Nivelar ZIA y plataformas; taludes y prueba de carga	1.500,4	m²	500	0,9	0,95	0,75	1	320,62	5	12l	20/05/27	04/06/27	34	36; 38; 40; 59	Tierras · excavadora y transporte	0
36	3.8	Preparar accesos inferiores exteriores al ramal, sin restar carril público	2	accesos	2	0,95	0,95	0,75	1	1,35	2	8l	07/06/27	16/06/27	35	41; 77	Tierras · excavadora y transporte	0
37	3.9	Acceso E1 superior: entrada controlada al ramal cerrado	1	acceso	2	0,95	0,95	0,75	1	1,35	1	4l	26/04/27	29/04/27	29	41; 214	Señalización y balizamiento	34
38	3.10	Punto limpio junto a bienestar: solera, contenedores y cubetos	90	m²	30	0,95	0,95	0,7	1	18,95	5	8l	07/06/27	16/06/27	35	39	Obra civil de instalaciones	1
39	3.11	Balsa impermeabilizada fija para lavado de cubas junto a punto limpio	1	instalación	2	0,95	0,95	0,75	1	1,35	1	5l	17/06/27	23/06/27	38	43	Obra civil de instalaciones	1
40	3.12	Módulos de bienestar, oficina, almacén y acometidas provisionales	1	implantación	2	0,95	0,95	0,75	1	1,35	1	6l	07/06/27	14/06/27	35	43	Montaje de casetas y acometidas	8
41	3.13	Vallado, barreras NJ, pasarelas, extintores e iluminación inicial	1	implantación	2	0,95	0,95	0,75	1	1,35	1	6l	17/06/27	24/06/27	36; 37	43	Montaje de protecciones colectivas	0
42	3.14	Protección y desvío de servicios afectados antes de demoler	1	PA	1	1	1	1	1	1	1	25l	26/04/27	28/05/27	8; 29	43; 216	Servicios afectados	19
43	3.15	Recepción de accesos, segregaciones y ZIA operativa	0	hito								0n	25/06/27	25/06/27	39+7h;40+7h;41+7h;42+7h	45; 48; 77	Jefe de obra / dirección facultativa	1
44	4	04 Demoliciones iniciales e hidrodemolición											25/06/27	24/11/27				
45	4.1	Desmontar señales y defensas afectadas con protección alternativa	618,45	m	65	0,95	0,95	0,7	1	41,06	16	16l	25/06/27	16/07/27	43	46	Defensas · camión grúa y 4 montadores	10
46	4.2	Retirar pretil existente y colocar protección continua de borde	311,4	m	65	0,95	0,95	0,7	1	41,06	8	8l	19/07/27	28/07/27	45	47; 50; 212	Defensas · camión grúa y 4 montadores	10
47	4.3	Fresar tablero y encuentros conservando accesibilidad	13.919,04	m²cm	3.500	0,95	0,9	0,7	1	2.094,75	7	7l	29/07/27	06/08/27	46	51; 209	Firmes · fresado y equipo de asfalto	11
48	4.4	Demoler pavimento de accesos y bordillos afectados	698,75	m²	220	0,95	0,9	0,65	1	122,27	6	6l	25/06/27	02/07/27	43	49; 54	Demolición y corte controlado	0
49	4.5	Retirar juntas existentes E1/E2	21,6	m	30	0,9	0,95	0,7	1	17,95	2	3l	05/07/27	07/07/27	48	54; 211	Montaje de juntas	0
50	4.6	Montar andamios, bandejas y confinamiento de hidrodemolición	172,2	m	65	0,95	0,95	0,7	1	41,06	5	8l	29/07/27	09/08/27	46; 78	51; 97	Montadores de andamios y pasarelas	10
51	4.7	Implantar bomba UHP, cisternas y tratamiento de efluentes	1	implantación	2	0,95	0,95	0,75	1	1,35	1	4l	10/08/27	13/08/27	50; 47	57	Hidrodemolición UHP y efluentes	10
52	4.8	Hidrodemoler pedestales del lado alto con recogida de agua	23,18	m³	2	0,95	0,9	0,65	1	1,11	21	21l	06/09/27	05/10/27	57	53; 79	Hidrodemolición UHP y efluentes	6
53	4.9	Hidrodemoler pedestales del lado bajo con recogida de agua	30,59	m³	2	0,95	0,9	0,65	1	1,11	28	28l	15/10/27	24/11/27	52; 79	99; 169	Hidrodemolición UHP y efluentes	6
54	4.10	Demoler losa de transición, murete, tapes y aletas E2 existente	35,01	m³	12	0,95	0,9	0,6	1	6,16	6	6l	08/07/27	15/07/27	49; 48	55; 58	Demolición y corte controlado	0
55	4.11	Retirar terraplén E2 por bancos superiores	2.758,63	m³	300	0,9	0,95	0,65	1	166,72	17	17l	16/07/27	09/08/27	54; 77; 75	56	Tierras · excavadora y transporte	0
56	4.12	Retirar bancos inferiores manteniendo cargadero y pilotes existentes	2.758,63	m³	360	0,9	0,95	0,65	1	200,07	14	14l	10/08/27	31/08/27	55	57; 135	Tierras · excavadora y 7 bañeras	0
57	4.13	Hidrodemolición conexión losa vano 3: conservar armaduras	2,97	m³	2	0,95	0,9	0,65	1	1,11	3	3l	01/09/27	03/09/27	51; 56	52; 58	Hidrodemolición UHP y efluentes	0
58	4.14	Demoler franja de losa 4,85 m manteniendo estabilidad del cajón	11,75	m³	12	0,95	0,9	0,6	1	6,16	2	2l	06/09/27	07/09/27	57; 9; 54	59; 136; 168	Demolición y corte controlado	0
59	4.15	Plataforma de pilotes liberada, gálibos y estabilidad comprobados	0	hito								0n	07/09/27	07/09/27	58; 35+7h	109; 110	Jefe de obra / dirección facultativa	4,88
60	5	05 Recalce de P2 con micropilotes (acceso este, antes de descargar el terraplén)											19/04/27	30/06/27				
61	5.1	Pista de acceso este y plataforma de trabajo en P2	1	pista	2	0,95	0,95	0,75	1	1	6	6l	19/04/27	26/04/27	12; 13	62	Tierras · excavadora y transporte	23
62	5.2	Implantar micropilotadora, central IR y contención	1	equipo	2	0,95	0,95	0,75	1	1,35	3	3l	10/05/27	12/05/27	61; 7+55dn	63	Micropilotes · perforación e inyección	14
63	5.3	Pachómetro y 8 taladros Ø500 con corona de diamante	12	m	4,4	0,95	0,9	0,8	1	3,01	5	5l	17/05/27	21/05/27	62; 7+60dn	64	Micropilotes · taladro con corona de diamante	12
64	5.4	Micropilote P2-1 · perforación, tubo y vaina (30 m)	30	m	6	1	1	1	1	30,78	1*	1l	24/05/27	24/05/27	63	65; 72	Micropilotes · perforación e inyección	12
65	5.5	Micropilote P2-5 · perforación, tubo y vaina (30 m)	30	m	6	1	1	1	1	30,78	1*	1l	25/05/27	25/05/27	64	66	Micropilotes · perforación e inyección	13
66	5.6	Micropilote P2-3 · perforación, tubo y vaina (30 m)	30	m	6	1	1	1	1	30,78	1*	1l	26/05/27	26/05/27	65	67	Micropilotes · perforación e inyección	13
67	5.7	Micropilote P2-7 · perforación, tubo y vaina (30 m)	30	m	6	1	1	1	1	30,78	1*	1l	27/05/27	27/05/27	66	68	Micropilotes · perforación e inyección	13
68	5.8	Micropilote P2-2 · perforación, tubo y vaina (30 m)	30	m	6	1	1	1	1	30,78	1*	1l	28/05/27	28/05/27	67	69	Micropilotes · perforación e inyección	13
69	5.9	Micropilote P2-6 · perforación, tubo y vaina (30 m)	30	m	6	1	1	1	1	30,78	1*	1l	31/05/27	31/05/27	68	70	Micropilotes · perforación e inyección	13
70	5.10	Micropilote P2-4 · perforación, tubo y vaina (30 m)	30	m	6	1	1	1	1	30,78	1*	1l	01/06/27	01/06/27	69	71	Micropilotes · perforación e inyección	13
71	5.11	Micropilote P2-8 · perforación, tubo y vaina (30 m)	30	m	6	1	1	1	1	30,78	1*	1l	02/06/27	02/06/27	70	72	Micropilotes · perforación e inyección	13
72	5.12	Inyección IR de los 8 micropilotes (3 pasadas)	8	micropilote	2	0,95	0,95	0,75	1	0,8	10	10l	25/05/27	07/06/27	64CC+8h; 71FF+16h	73	Micropilotes · perforación e inyección	12
73	5.13	Conectar cabezas, chapas y armaduras al encepado existente	620,76	kg	2.500	1	0,95	0,7	1	1.662,5	1	6l	08/06/27	15/06/27	72	74	Micropilotes · perforación e inyección	12
74	5.14	Fraguado de inyección y ensayos de recepción del recalce	0	d naturales								14n	16/06/27	30/06/27	73+7h	75	Control de calidad	49
75	5.15	Recalce P2 recibido antes de gatear el apoyo	0	hito								0n	30/06/27	30/06/27	74	55; 97	Jefe de obra / dirección facultativa	49
76	6	06 E1: reconstrucción y sustitución de apoyos											25/06/27	05/04/28				
77	6.1	Excavar trasdós E1 y retirar losa, murete y aletas	400,29	m³	300	0,9	0,95	0,65	1	166,72	3	3l	25/06/27	29/06/27	43; 36	55; 78	Tierras · excavadora y transporte	12
78	6.2	Andamio y pasarela inferior E1; plataformas de los gatos	1	conjunto	2	0,95	0,95	0,75	1	1,35	1	6l	30/06/27	07/07/27	77; 9	50; 79	Montadores de andamios y pasarelas	25
79	6.3	Hidrodemoler recrecidos y preparar cargadero conservado E1	5,98	m³	2	0,95	0,9	0,65	1	1,11	6	6l	06/10/27	14/10/27	78; 52	53; 80; 99; 105	Hidrodemolición UHP y efluentes	6
80	6.4	Perforar y colocar barras de anclaje postinstaladas	72	ud	12	0,95	0,95	0,75	1	8,12	9	9l	15/10/27	27/10/27	79	81	Anclajes estructurales E1	7
81	6.5	Ferralla de cargadero, murete, aletas y topes E1	2.310,7	kg	850	0,95	0,95	0,7	1	536,99	5	5l	28/10/27	04/11/27	80	82; 169	Ferralla estructural · 4 ferrallistas	7
82	6.6	Encofrado de cargadero, murete y aletas E1	361,07	m²	30	0,95	0,95	0,7	1	18,95	20	20l	05/11/27	02/12/27	81	83; 170	Encofrado · 4 encofradores	7
83	6.7	Hormigón de recrecidos, murete y aletas E1	20,18	m³	90	0,95	0,95	0,75	1	60,92	1	2l	03/12/27	07/12/27	82; 11	84; 171	Hormigonado · bomba y cuadrilla	9
84	6.8	Curado de reconstrucción E1 y autorización de cargas	0	d naturales								28n	08/12/27	05/01/28	83+7h	85; 89	Control de calidad	49
85	6.9	Gateo sincronizado E1 y retirada de apoyos existentes	1	operación	2	0,95	0,95	0,75	1	1,35	1	3l	05/01/28	10/01/28	84; 23	86	Gateo, apoyos y transferencias	11
86	6.10	Montar nuevos apoyos, mortero y topes sísmicos E1	2	apoyos	2	0,95	0,95	0,75	1	1,35	2	3l	11/01/28	13/01/28	85	87; 88	Gateo, apoyos y transferencias	11
87	6.11	Curado del mortero bajo apoyos E1	0	d naturales								7n	14/01/28	21/01/28	86+7h	88	Control de calidad	52
88	6.12	Transferir carga E1, verificar asiento y retirar gatos	1	operación	2	0,95	0,95	0,75	1	1,35	1	2l	21/01/28	24/01/28	87; 86	90; 97; 98	Gateo, apoyos y transferencias	11
89	6.13	Impermeabilizar trasdós E1, dren y mechinales	16,8	m	30	0,9	0,95	0,7	1	17,95	1	3l	05/01/28	10/01/28	84; 32	90; 156	Drenaje · mini retro y 3 operarios	30
90	6.14	Relleno compactado de trasdós E1	370,83	m³	160	0,9	0,95	0,7	1	95,76	4	4l	25/01/28	28/01/28	89; 88; 135	91; 174	Tierras · excavadora y transporte	20
91	6.15	Hormigón de limpieza bajo losa de transición E1	5,49	m³	90	0,95	0,95	0,75	1	60,92	1	1l	31/01/28	31/01/28	90; 153	92; 140	Hormigonado · bomba y cuadrilla	20
92	6.16	Armar y encofrar losa de transición E1	1.879,92	kg	850	0,95	0,95	0,7	1	536,99	4	4l	01/03/28	06/03/28	91; 138	93; 158	Ferralla estructural · 4 ferrallistas	47
93	6.17	Hormigonar losa de transición E1	14,94	m³	90	0,95	0,95	0,75	1	60,92	1	1l	07/03/28	07/03/28	92; 140	94; 161	Hormigonado · bomba y cuadrilla	70
94	6.18	Curado y liberación de losa E1 para tránsito de obra	0	d naturales								28n	08/03/28	05/04/28	93+7h	208; 209	Control de calidad	760
95	7	07 Sustitución de apoyos P1 / P2											25/01/28	06/04/28				
96	7.1	Pila P2 · sustitución de apoyos											25/01/28	07/03/28				
97	7.1.1	Montar torres, pasarelas y protección del apeo P2	1	conjunto	2	0,95	0,95	0,75	1	1,35	1	8l	25/01/28	03/02/28	75; 9; 88; 50	98; 103	Montadores de andamios y pasarelas	11
98	7.1.2	Gatear y retirar apoyos de P2	1	operación	2	0,95	0,95	0,75	1	1,35	1	3l	04/02/28	08/02/28	97; 88; 23	99; 155	Gateo, apoyos y transferencias	11
99	7.1.3	Hidrodemoler camas y colocar neoprenos de P2	0,22	m³	2	0,95	0,9	0,65	1	1,11	1	3l	09/02/28	11/02/28	98; 79; 53	100; 105	Hidrodemolición UHP y efluentes	11
100	7.1.4	Curado de mortero bajo apoyos P2	0	d naturales								7n	12/02/28	19/02/28	99+7h	101	Control de calidad	55
101	7.1.5	Transferencia controlada P2 y retirada de apeo temporal	1	operación	2	0,95	0,95	0,75	1	1,35	1	3l	03/03/28	07/03/28	100; 155	103; 104; 227	Gateo, apoyos y transferencias	3
102	7.2	Pila P1 · sustitución de apoyos											08/03/28	06/04/28				
103	7.2.1	Montar torres, pasarelas y protección del apeo P1	1	conjunto	2	0,95	0,95	0,75	1	1,35	1	8l	08/03/28	17/03/28	101; 9; 97	104	Montadores de andamios y pasarelas	3
104	7.2.2	Gatear y retirar apoyos de P1	1	operación	2	0,95	0,95	0,75	1	1,35	1	3l	20/03/28	22/03/28	103; 101; 23	105; 107	Gateo, apoyos y transferencias	3
105	7.2.3	Hidrodemoler camas y colocar neoprenos de P1	0,22	m³	2	0,95	0,9	0,65	1	1,11	1	3l	23/03/28	27/03/28	104; 79; 99	106	Hidrodemolición UHP y efluentes	3
106	7.2.4	Curado de mortero bajo apoyos P1	0	d naturales								7n	28/03/28	04/04/28	105+7h	107	Control de calidad	10
107	7.2.5	Transferencia controlada P1 y retirada de apeo temporal	1	operación	2	0,95	0,95	0,75	1	1,35	1	3l	04/04/28	06/04/28	106; 104	143; 227	Gateo, apoyos y transferencias	3
108	8	08 Pilotes Ø1,80 m y gestión de lodos											09/09/27	24/12/27				
109	8.1	Implantar planta de lodos, depósitos, desarenador y cubetos	1	planta	2	0,95	0,95	0,75	1	1,35	1	8l	09/09/27	20/09/27	59; 6; 11	113; 168	Pilotes Ø1,80 · perforadora y lodos	0
110	8.2	Preparar taller de jaulas y recepción de ferralla/tubos sónicos	1	taller	2	0,95	0,95	0,75	1	1,35	1	5l	09/09/27	15/09/27	59	112	Jaulas · grúa y 4 ferrallistas	0
111	8.3	Estribo NE2 · pilotes profundos											16/09/27	08/10/27				
112	8.3.1	NE2-1 · premontar jaula y tubos de auscultación	6.814,52	kg	4.000	0,95	0,9	0,7	1	2.394	3	3l	16/09/27	20/09/27	110	113; 114; 115	Jaulas · grúa y 4 ferrallistas	0
113	8.3.2	NE2-1 · perforar Ø1,80 m hasta 50 m	50	m	18	0,95	0,9	0,7	1	10,77	5	5l	21/09/27	27/09/27	109; 112	114; 115	Pilotes Ø1,80 · perforadora y lodos	0
114	8.3.3	NE2-1 · bajar jaula, tremie y hormigonado continuo	139,88	m³	69,94	1	1	1	1	69,94	2*	2l	28/09/27	29/09/27	113; 112	116	Pilotes Ø1,80 · perforadora y lodos	0
115	8.3.4	NE2-2 · premontar jaula y tubos de auscultación	6.814,52	kg	4.000	0,95	0,9	0,7	1	2.394	3	3l	23/09/27	27/09/27	112; 113CC+2dn	116; 117; 119	Jaulas · grúa y 4 ferrallistas	2
116	8.3.5	NE2-2 · perforar Ø1,80 m hasta 50 m	50	m	18	0,95	0,9	0,7	1	10,77	5	5l	30/09/27	06/10/27	114; 115	117; 119	Pilotes Ø1,80 · perforadora y lodos	0
117	8.3.6	NE2-2 · bajar jaula, tremie y hormigonado continuo	139,88	m³	69,94	1	1	1	1	69,94	2*	2l	07/10/27	08/10/27	116; 115	120	Pilotes Ø1,80 · perforadora y lodos	0
118	8.4	Pila P3 · pilotes profundos											04/10/27	19/11/27				
119	8.4.1	P3-1 · premontar jaula y tubos de auscultación	6.494,71	kg	4.000	0,95	0,9	0,7	1	2.394	3	3l	04/10/27	06/10/27	115; 116CC+2dn	120; 121; 122	Jaulas · grúa y 4 ferrallistas	2
120	8.4.2	P3-1 · perforar Ø1,80 m hasta 47.5 m	47,5	m	18	0,95	0,9	0,7	1	10,77	5	5l	11/10/27	18/10/27	117; 119	121; 122	Pilotes Ø1,80 · perforadora y lodos	0
121	8.4.3	P3-1 · bajar jaula, tremie y hormigonado continuo	132,9	m³	66,45	1	1	1	1	66,45	2*	2l	19/10/27	20/10/27	120; 119	123	Pilotes Ø1,80 · perforadora y lodos	0
122	8.4.4	P3-3 · premontar jaula y tubos de auscultación	6.494,71	kg	4.000	0,95	0,9	0,7	1	2.394	3	3l	13/10/27	15/10/27	119; 120CC+2dn	123; 124; 125	Jaulas · grúa y 4 ferrallistas	3
123	8.4.5	P3-3 · perforar Ø1,80 m hasta 47.5 m	47,5	m	18	0,95	0,9	0,7	1	10,77	5	5l	21/10/27	27/10/27	121; 122	124; 125	Pilotes Ø1,80 · perforadora y lodos	0
124	8.4.6	P3-3 · bajar jaula, tremie y hormigonado continuo	132,9	m³	66,45	1	1	1	1	66,45	2*	2l	28/10/27	29/10/27	123; 122	126	Pilotes Ø1,80 · perforadora y lodos	0
125	8.4.7	P3-2 · premontar jaula y tubos de auscultación	6.494,71	kg	4.000	0,95	0,9	0,7	1	2.394	3	3l	25/10/27	27/10/27	122; 123CC+2dn	126; 127; 128	Jaulas · grúa y 4 ferrallistas	2
126	8.4.8	P3-2 · perforar Ø1,80 m hasta 47.5 m	47,5	m	18	0,95	0,9	0,7	1	10,77	5	5l	02/11/27	08/11/27	124; 125	127; 128	Pilotes Ø1,80 · perforadora y lodos	0
127	8.4.9	P3-2 · bajar jaula, tremie y hormigonado continuo	132,9	m³	66,45	1	1	1	1	66,45	2*	2l	09/11/27	10/11/27	126; 125	129	Pilotes Ø1,80 · perforadora y lodos	0
128	8.4.10	P3-4 · premontar jaula y tubos de auscultación	6.494,71	kg	4.000	0,95	0,9	0,7	1	2.394	3	3l	04/11/27	08/11/27	125

2. PROPUESTA DE PLAN DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

12	27	6 de 6	EXC4	3
programas de puntos de inspección en unidades críticas	puntos de parada con acta firmada	pilotes Ø1,80 m con cross-hole antes de descabezar	cajón con entidad de control independiente	actas de transferencia de carga con medida instrumental

2.1. Sistema de gestión de la calidad y plan de la obra

La oferta la presenta la UTE CONFIDENCIAL CONF. (en adelante, la UTE). El sistema de gestión de la calidad de la UTE integra los dos sistemas certificados conforme a **ISO 9001:2015**: el de CONFIDENCIAL **S.L.**, certificado por OCA Instituto de Certifi º **34/5200/22/1031**), con alcance en obra civil y conservación de carreteras, y el de CONF. **SERVICIOS, S.A.U.**, certificado por Bureau Veritas Iberia, S.L. (nº **ES164730-03**), con alcance en conservación y gestión de infraestructuras viarias y obras lineales en vía pública; ambos en vigor y enlazados completos desde las miniaturas. El Plan de Aseguramiento de la Calidad (PAC) es único para la obra: aplica los procedimientos de los dos sistemas, resuelve cualquier diferencia con el más exigente y se entrega para su aprobación entre el **02/03/2027 y el 31/03/2027**, dentro de los tres meses que fija el PCAP.

CONFIDENCIAL CONFIDENCIAL CONF. CONF.

El PAC incluye lo que decide la calidad sin ser unidad de abono: auscultación, apeos (Orden FOM/3818/2007), taller metálico y subcontratistas. Ante dos exigencias se aplica la más estricta: **EXC4** en todo el cajón.

El PAC reúne los **procedimientos constructivos** (pilotes con lodo; micropilotes IR y recalce de P2; hidrodemolición y conexión; apeo, gateo y transferencias; cimbra intermedia, izado, soldadura a tope en obra y descimbrado), las **instrucciones de trabajo** (lodo, tremie, inyección por válvula, soldadura bajo carpa, mortero de apoyos, impermeabilización), **12 PPI con 27 puntos de parada** y el plan de ensayos con el lote referido al elemento real, y las **pruebas finales**: cross-hole, END de la junta, puesta en carga de cada apoyo y prueba de carga (11-16/01/2029).

2.2. Aspectos concretos de las unidades a controlar y normativa técnica aplicable

Cada unidad se controla en la **recepción** (documentación, marcado CE, trazabilidad), la **ejecución** (PPI y parte por elemento) y la **unidad terminada** (geometría y prueba final). Lo que queda oculto se sigue por colada, lote o número de serie hasta el elemento.

Material	Recepción	Trazabilidad hasta el elemento y acopio
Chapa, perfiles y consumibles Ni-Cu	Certificado 3.1 por colada y lote; CE del taller (UNE-EN 1090-1)	Colada → pieza → tramo → sección de replanteo; lote → WPS → cordón; biseles protegidos
Armaduras B500SD y 1.4362; tubos de micropilote	Certificados de colada y adherencia; DdP; certificado del tubo	Partida → elemento en el parte de ferralla; tubo → P2-1 a P2-8; taladros del encepado: pachómetro previo, sin corte de armaduras no autorizado; inoxidable aparte del acero al carbono
Hormigón y lechada	Albarán con designación, central y hora	Amasada → elemento y tongada; probetas con el código del lote; cuba fuera de consistencia o de tiempo, devuelta
Apoyos, topes y juntas	Marcado CE (UNE-EN 1337; ETAG 032) y certificado	Nº de serie → apoyo de E1, P1, P2, P3 o NE2 y su acta de puesta en carga; a cubierto hasta el montaje
Prelosas, láminas, MBC y pretil H3	CE y DdP; fórmula de trabajo; ensayo de choque (UNE-EN 1317)	Pieza o partida → posición en el plano o tramo de extendido

2.3. Organización y organigrama del control de calidad

El Control de Calidad de Producción (CCP) depende del Jefe de obra y hace las comprobaciones de rutina. El control externo depende del Responsable de Aseguramiento de la Calidad (RACC), independiente de producción, interlocutor con la Dirección de Obra y firmante de cada punto de parada.

El RACC es ingeniero técnico de obras públicas con más de 8 años en estructuras de carreteras y auditor ISO 9001; el IWE coordina el soldeo (UNE-EN ISO 14731) en taller y en la junta de obra; la entidad de control independiente acredita 5 años en estructuras metálicas. Los equipos que deciden una aceptación llevan calibración vigente; gatos y células, antes de enero de 2028.

Figura 2.1. Organigrama del control de calidad. El control de producción depende del Jefe de obra; el control externo, independiente de producción, depende del RACC, con línea directa con la Dirección de Obra.

2.4. Criterios de muestreo técnico y de aceptación y rechazo

Responsable (Resp.): CCP, control de producción; LAB, laboratorio acreditado; TOP, topógrafo jefe; IWE, coordinador de soldeo; ECI, entidad de control independiente; RACC.

Unidad y normativa	Muestreo y lote	Aceptación	Rechazo	Resp.
Pilotes Ø1,80 m con lodo (PG-3 671; Código Estructural)	Lodo por turno y antes de armar; consistencia por amasada; curva volumen-profundidad por cuba	Densidad 1,02-1,10 g/cm³; Marsh ≥ 32 s; antes de armar, Marsh < 45 s y arena < 3 %; posición ±10 % D; aplomado ±2 % L	Lodo fuera de rango: regeneración; volumen desviado o jaula movida: pilote defectuoso	CCP, TOP
Integridad (NF P 94-160-1; ASTM D6760)	Los 6 pilotes; 4 tubos y 6 diagrafías; edad ≥ 7 días; paso ≤ 5 cm	Registro uniforme; avance del informe en 48 h	Sondeo con testigo y propuesta de reparación	LAB
Micropilotes IR Ø225 × 30 m	Registro continuo por válvula y pasada; probetas de lechada por jornada	Cierre de cada pasada a 15 bar o 90 l; lechada ≥ 30 MPa; tubo del grado del proyecto, certificado 3.1 por partida	Válvula sin presión en tres pasadas: no conformidad; movimiento del encepado: parada	CCP, LAB
Armaduras B500SD e inoxidable 1.4362 (CE arts. 34, 49 y 58)	Toda la ferralla elaborada y montada; certificado de colada por partida	Marcado CE y DdP; tolerancias art. 49 y UNE 36831; recubrimiento 75 mm en pilotes	Montaje corregido antes de la parada previa al hormigonado	CCP, RACC

Unidad y normativa	Muestreo y lote	Aceptación	Rechazo	Resp.
Conexión con el hormigón existente (CE, Anejo 19; UNE-EN 1504-10)	Cada tajo hidrodemolido; 72 anclajes de E1 con el ensayo de arrancamiento del proyecto	Rugosidad ≥ 3 mm; armadura existente limpia, sin óxido suelto; superficie saturada y seca al verter	Nueva pasada; pérdida de sección: consulta al proyectista	TOP, RACC
Acero S355J2W+N, J0+N y JR (UNE-EN 1090-2, EXC4; ISO 3834-2); pintura interior C3-VH	Certificado 3.1 por colada; dimensional de todos los principales y 3 de cada 10 secundarios; pintura por áreas de 10 m²	Tolerancias clase 2 (Anejo B); premontaje en blanco con 11 secciones; Sa 2½	La pieza no se expide	IWE, ECI
Soldadura y conectores; junta a tope en obra (ISO 5817, 13588)	Taller: visual en todos los cordones, US en las uniones a tope, PM/LP en 3 de cada 10. Obra: conectores sobre cunas con golpeo en todos y doblado 3/100; WPS/WPQR y temperatura entre pasadas por cordón; 100 % VT, UT (PAUT) y MT en ángulo; espera ≥ 24 h	Nivel B+ en taller; B en obra	Reparación con WPS cualificado y reinspección; contraflecha fuera de tolerancia: parada antes de descimbrar	ECI, IWE
Apoyos y topes (UNE-EN 1337-11); juntas (ETAG 032)	Cada apoyo y cada junta; probetas del mortero de nivelación; gateo en orden E1 → P2 → P1, nunca dos a la vez	Mortero fck ≥ 60 MPa; acta por apoyo con carga, carrera, temperatura y cota; conformidad del fabricante de la junta	Abarquillado > 1/3 de capa: informe con el fabricante; junta: remontaje	TOP, LAB
Prelosas (CE arts. 62 y 70)	Dimensional de 1 de cada 5 piezas	Anchura +8/−4 mm; longitud ±10 mm; resto ±3 mm	Devolución de la pieza	CCP
Impermeabilización (PG-3 690)	Por partida y cambio de suministrador	Hormigón ≥ 28 días; humedad < 5 %; planeidad ±5 mm/2 m; 3 mm de mástic; entre −5 y 35 °C	Dos muestras más; si persiste, ampliación a las partidas	CCP, LAB
Rellenos y firmes (PG-3 330, 332, 510, 542)	Por tongada; MBC por capa y lote diario; tramo de prueba ≥ 50 m	±10 mm con regla de 3 m; densidad y espesor en testigos; fórmula de trabajo aprobada	Fresado y reposición del lote	LAB, TOP
Pretil H3-W3 y barreras (UNE-EN 1317; OC 35/2014; UNE 135900)	Cada anclaje; parte diario de montaje	Marcado CE; galvanizado ISO 1461 y termolacado C5-M; par de apriete	Sustitución del anclaje	CCP

Hormigones (CEM III; SR en cimentaciones): control estadístico (CE, art. 57.5.4) con dos probetas por amasada y central inspeccionada cada semana; si no se alcanza fck, testigos (UNE-EN 12504-1).

Elemento	Designación	Lote	Condición particular
Pilotes P3 y NE2	HA-35/F/20/XC2+XA3, SR (proyecto); asiento 200 ± 30 mm si se aprueba la clase L (UNE-EN 1536)	100 m³ o 1 semana; N ≥ 3	Pérdida de consistencia ensayada durante 7 h antes del primer pilote
Encepado P3	HA-30/B/20/XC2+XA1	Vertido continuo; N ≥ 3	Plan térmico por los 2,50 m de canto
Alzados de estribos y pila P3	HA-30/B/20/XS1	50 m³, 1 día, 1 elemento; N ≥ 3	Vertido de verano desde las 6:00; suspensión por encima de 40 °C
Losa, conexión y pedestales	HA-35/B/20/XS1	1 vano, 300 m³, 1 día o 50 m; N ≥ 4	Juntas de rugosidad alta (CE, Anejo 19)

2.5. Programas de puntos de inspección y puntos de parada

Cada unidad crítica tiene un PPI con inspecciones, responsable, registro y puntos de parada; en estos el trabajo no sigue sin acta del RACC visada por la Dirección de Obra. El pilote **NE2-1** es el de calibración y fija el lodo, rendimiento y empotramiento de los otros cinco.

PPI	Puntos de parada	Nº
Pilotes Ø1,80 m	Antes de bajar la jaula; antes del primer vertido; antes de descabezar (cross-hole)	3

PPI	Puntos de parada	Nº
Micropilotes P2	Antes de perforar el encepado; recalce recibido (30/06/2027) y antes de gatear P2	2
Conexión al tablero existente	Tras hidrodemoler (01-03/09/2027 en el vano 3); antes de hormigonar la conexión	2
Encepado, estribos y pila P3	Aprobación del fondo; antes de hormigonar (armadura, programa de hormigonado, previsión a 48 h)	2
Apeo y transferencias	Transferencia al apeo (20/04/2028); corte del cargadero; desapeo (31/07/2028)	3
Cajón en taller	Plan de soldadura; premontaje en blanco; expedición con dossier firmado	3
Montaje y junta en obra	Antes de izar (plan de izado y meteorología); antes de descimbrar (acta de END y de geometría)	2
Apoyos	Antes de mesetas; antes de montar; antes de hormigonar el tablero; antes de la puesta en carga	4
Prelosas y losa	Antes de hormigonar la losa (24-25/10/2028)	1
Impermeabilización y firmes	Antes de impermeabilizar; tramo de prueba de MBC	2
Juntas y pretil	Antes de pavimentar la junta; anclajes del pretil	2
Prueba de carga	Aprobación del protocolo y pesaje	1

PPI · Apeo del vano 3 y transferencias de carga PI: punto de inspección · PP: punto de parada

Nº	Inspección	Criterio de aceptación	Resp.	Registro	Tipo
1	Torres sobre el encepado P3 recibido, tuerca de bloqueo en cada gato	Resistencia del encepado comprobada; verticalidad según cálculo	LAB, TOP	Acta y parte	PI
2	Precarga por escalones y prueba (17-19/04/2028)	Elevación ≤ 5 mm/min; diferencia ≤ 2 mm entre gatos; 370-440 kN por apoyo	CCP, TOP	Registro PLC	PI
3	Transferencia al apeo (20/04/2028)	Carga en células en la banda de cálculo; auscultación bajo aviso	RACC, DO	Acta	PP
4	Corte del cargadero antiguo (25/04-03/05/2028)	Lectura antes y después de cada pieza, dentro de umbral	TOP, RACC	Acta de inicio	PP
5	Vano 3 sobre el apeo durante 102 días	Células: aviso ±10 %, alerta ±15 %, parada ±20 % o carrera > 2 mm; asiento de P3 y E2 existente: 10, 15 y 20 mm	TOP	Horaria y cada 30 min	PI
6	Transferencia a P3 y desapeo (26-31/07/2028)	Resistencia de P3; carga transferida medida; cota de apoyo real	RACC, DO	Acta de desapeo	PP

Hormigonado de cada pilote Ø1,80 m

No se abre el vertido sin lodo de fondo con arena < 3 % y Marsh < 45 s, jaula a 20-50 cm del fondo con los 4 tubos llenos de agua, **145-153 m³** reservados, dos cubas en espera, colchón de **16 m³** y reserva de producción de la central confirmada. Tremie sumergido ≥ 3 m; ninguna entrega a más de **30 min** de la anterior.

DOCUMENTO INICIAL

2.5.1. Plan de ensayos de las unidades críticas

Unidad y fechas	Ensayo y norma	Número y frecuencia	Momento y efecto
Pilotes Ø1,80 m (21/09-19/11/2027)	Cross-hole ultrasónico (NF P 94-160-1), 4 tubos	**6 de 6** pilotes; **36 diagrafías**	20-24/12/2027; ningún encepado se ferralla sin informe favorable
Hormigón de pilotes (116 cubas)	Consistencia y probetas (UNE-EN 12350 y 12390)	Consistencia en **cada cuba**; **2 probetas por amasada**	Cuba fuera de rango, devuelta; trabajabilidad de 7 h ensayada antes del primer pilote
Micropilotes IR de P2	Registro por válvula y pasada; probetas de lechada	**100 %** de válvulas; 1 serie por jornada (8 jornadas)	Recepción del recalce el 30/06/2027
Anclajes postinstalados de E1	Arrancamiento del proyecto	Sobre los **72** anclajes, con el criterio del proyecto	15-27/10/2027; ningún anclaje se cubre con ferralla (28/10) sin el ensayo favorable

Unidad y fechas	Ensayo y norma	Número y frecuencia	Momento y efecto
Chapa y taller del cajón	Dimensional y premontaje en blanco	**100 %** de piezas principales, 3 de cada 10 secundarias; **11** secciones	16/09-27/10/2027; la pieza fuera de tolerancia no se expide
Conectores sobre cunas (1.586)	Golpeo y doblado	Golpeo en **todos**; doblado en **3 de cada 100**	25/05-09/06/2028, antes del izado
Junta transversal de obra	VT, PAUT/TOFD y MT (ISO 5817 nivel B)	**100 %** de la junta (≈ 9 m), espera ≥ 24 h	22-24/08/2028; no se descimbra sin informe
Losa y conexión (81 m³)	Probetas (CE, art. 57)	N ≥ 4 en el lote del vano	Vertido del 26/10/2028; madurez en continuo
Plataforma de pilotes (07/09/2027)	Placa de carga (UNE 103808)	3 placas en la huella de la pilotadora (Ev2 ≥ 60 MPa)	Sin acta (hito 4.15) no entra la pilotadora
Encepado (01-02/03/2028) y pila P3 (19-20/06/2028)	Probetas (UNE-EN 12390) y termopares	2 probetas por amasada; 4 termopares	Gradiente ≤ 20 °C; resistencia antes de las torres (31/03) y de cargar la pila (18/07)

2.6. Control geométrico

Levantamiento 3D en el mes 1 desde tres bases fuera de la excavación: ninguna cota de apoyo se fija con valores teóricos. **24 prismas** leídos antes y después de cada banco, pilote y transferencia; once secciones del cajón medidas en premontaje, sobre la cimbra y tras la unión; losa en retícula de 5 m.

2.7. Proveedores, subcontratistas y laboratorio

- **Evaluación y formación.** Cada subcontratista recibe el PPI de su unidad antes de empezar. Hormigón, acero y áridos se homologan con suministro alternativo (16/03-14/04/2027) y el taller se audita antes del pedido de chapa (29/04/2027).
- **Laboratorio acreditado.** CEMOSA, con carta de compromiso y reserva de incompatibilidad con el control de recepción. Cada ensayo sale con orden de trabajo y su acta se archiva en el PPI; un resultado no conforme llega al RACC el mismo día y los informes de END, en 3 días.

Subcontratista o proveedor	Unidad	Control de calidad específico en esta obra
EXPOA (ISO 9001, AENOR)	Pilotes Ø1,80 m y micropilotes de P2	Registro de perforación, lodo y curva volumen-profundidad; cross-hole de los 6 pilotes; inyección registrada por válvula
INDAICO	Gateos, ensayos en pilotes y prueba de carga	Gatos y células calibrados; acta de transferencia con carga medida; prueba de carga (11-16/01/2029)
Prenava (ISO 9001)	Prelosas	Marcado CE y DdP; control dimensional de 1 de cada 5 piezas en la recepción; devolución de la pieza fuera de tolerancia
Reepox	Resinas y anclajes	Ficha técnica y aplicador formado; 72 anclajes de E1, con el ensayo de arrancamiento del proyecto

CONFIDENCIAL

2.8. Control documental, no conformidades y auditorías

La documentación está en una plataforma digital codificada por frente (**E1, P1, P2, P3, NE2, V4, T**), con consulta para la Dirección de Obra: PPI y partes en tableta, firma electrónica de actas y aviso de los puntos de parada de las dos semanas siguientes. El **dossier final** por frente (obra ejecutada, cotas reales de apoyo y no conformidades cerradas) se entrega antes del 24/02/2029.

No conformidades: cualquiera la registra y la unidad se detiene; el RACC informa a la Dirección de Obra en menos de **24 h**; esta decide aceptar, reparar o rehacer; el cierre exige reinspección con el mismo criterio. **Auditorías internas** del PAC en los meses 6, 13 y 19 (antes del pilotaje, del apeo de P3 y de la losa), con auditor ajeno a la producción.

Indicadores mensuales del PAC con la Dirección de Obra: 27 de 27 puntos de parada con acta antes de seguir; 0 no conformidades abiertas más de 15 días; ensayos conformes ≥ 98 %.

3. PROPUESTA DE PLAN DE ACTUACIONES MEDIOAMBIENTALES

0 m³	≥ 67 %	222 t CO2e	≈ 98 %	0 t
de lodo o agua de proceso vertidos a la red de drenaje	menos lodo a tratamiento por regeneración en circuito cerrado	huella A4-A5 estimada, con objetivo de −56 %	del peso incorporado reciclable o reutilizable	de tierras a vertedero: 9.709 t a valorización

3.1. Sistema de gestión ambiental de la empresa

La oferta la presenta la UTE CONFIDENCIAL CONF. (en adelante, la UTE). El sistema de gestión ambiental de la UTE integra los dos sistemas certificados conforme a **ISO 14001:2015**: el de CONFIDENCIAL **S.L.** (OCA Instituto de Certificación, S.L.U., n **2**), con alcance en obra civil, conservación de carreteras y edificación, y el de CONF. CONF. **S.A.U.** (Bureau Veritas Iberia, S.L., nº **ES164999-03**), que incluye las obras de infraestructuras en vía pública y obras lineales; ambos en vigor y enlazados completos desde las miniaturas. Los requisitos legales se siguen con Worldlex CONF. . En obra: aspectos por unidad, requisitos legales, instrucciones de trabajo (IT-MA), objetivos cuantificados y auditoría interna en el mes 12. El Plan de Gestión de Residuos, con la caracterización de lodos y los contratos con gestores, se entrega entre el **02/03/2027 y el 07/04/2027**. Desencofrante vegetal y aceite hidráulico biodegradable (ISO 15380) en pilotadora, micropilotadora y central de gatos.

CONFIDENCIAL CONFIDENCIAL CONF. CONF.

3.2. Organización y organigrama ambiental

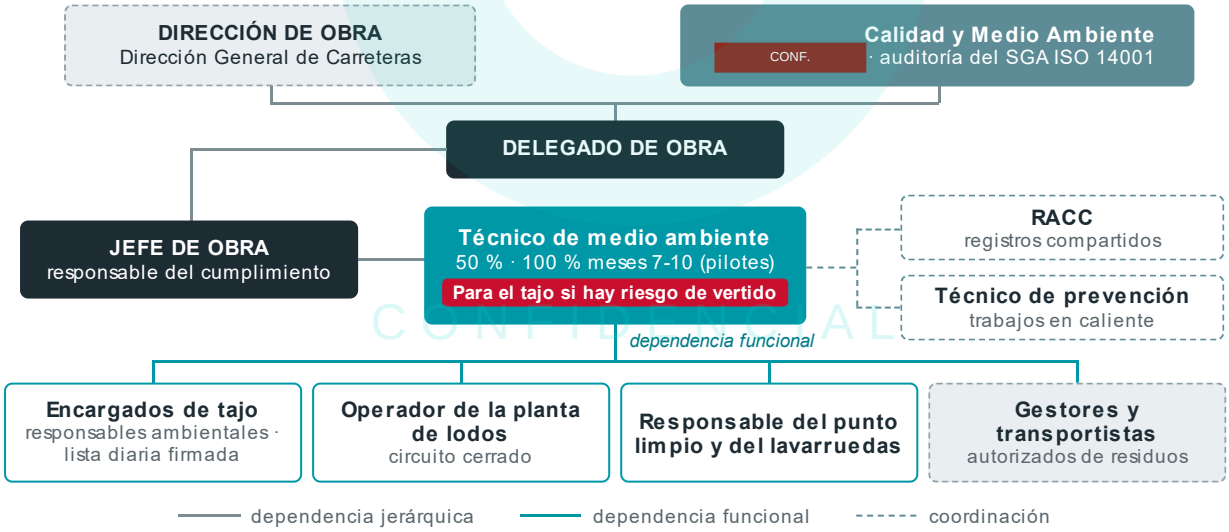


Figura 3.1. Organigrama ambiental. El Técnico de medio ambiente dirige funcionalmente a los responsables de cada tajo e instalación, puede parar un tajo por riesgo de vertido y se coordina con el RACC y con el técnico de prevención.

3.3. Requisitos legales aplicables

- **Estatales.** Ley 7/2022 de residuos y suelos contaminados; RD 105/2008 (RCD); RD 553/2020 (traslados); RD 646/2020 (vertederos); Ley 37/2003 del ruido y RD 212/2002 (maquinaria); Ley 34/2007 de calidad del aire; RDL 1/2001 (aguas); Ley 42/2007 y RD 630/2013 (especies invasoras); Ley 26/2007 de responsabilidad medioambiental.
- **Andalucía.** Ley 2/2026, de 12 de marzo, para la Gestión Ambiental de Andalucía (en vigor desde el 20/06/2026; deroga la Ley 7/2007); Ley 3/2023 de Economía Circular; Decreto 6/2012 (contaminación acústica); Decreto 18/2015 (suelos contaminados); Ley 5/1999,

Decreto 247/2001 y Plan INFOCA (incendios forestales); Ley 8/2003 de flora y fauna silvestres.

- **Málaga.** Ordenanza de ruidos y vibraciones (BOP 19/05/2009): de 8:00 a 22:00; nocturnos con autorización (art. 32).

3.4. Programa de vigilancia: unidades, impactos y medidas

Aunque la obra no requiere evaluación de impacto ambiental, la UTE vigila cada unidad con indicador, umbral y respuesta, informe mensual e informe final (**15/01-02/02/2029**). Cada medida llega al encargado como instrucción de trabajo (IT-MA) de una página, firmada por la cuadrilla.

Unidad, periodo e impacto	Medida correctora e instrucción	Vigilancia: indicador, umbral y frecuencia
Desbroce y ZIA (05-06/2027): pérdida de suelo; nidificación	**IT-MA-01.** Retirada selectiva de **357 m³** de tierra vegetal; prospección de nidos 48 h antes; invasoras retiradas sin reutilizar su tierra	Acta de prospección; jalonado íntegro, semanal
Demoliciones e hidrodemolición (07-11/2027): RCD; agua alcalina; ruido	**IT-MA-02.** Corte con hilo; bandejas estancas, decantación y corrección de pH; prueba de alquitrán antes del fresado	pH 6-9 y sin sólidos antes de reutilizar, cada lote; ≤ 3 dBA sobre el fondo en el Hospital Quirón (440 m) cada noche
Retirada del terraplén (07-08/2027): polvo; barro; tráfico pesado	**IT-MA-03.** Riego 2 veces al día, lona, lavarruedas automático, **30 km/h**; carga suspendida con rachas > 50 km/h	Sin nube fuera del vallado ni barro en el ramal oriental, diaria
Pilotes con lodo (09/09-01/12/2027): vertido de lodo; derrames	**IT-MA-04.** Planta estanca con cubeto; regeneración; contenedores estancos	Nivel de depósitos por turno; ninguna mancha en solera
Micropilotes P2 (05-06/2027): lechada bajo el vano 3, con acceso por el este	**IT-MA-05.** Recipiente estanco de retorno y agua del taladro de diamante recogida y decantada; nada al terreno ni al drenaje	Inspección de la plataforma y de la cuneta por jornada
Hormigonados (09/2027-12/2028): lavado de cubas y bombas	**IT-MA-06.** Lavado solo en la balsa de **19 m³**; restos a planta	Balsa < 75 %, diaria
Soldadura de la junta del cajón (08/2028): incendio; humos	**IT-MA-07.** Trabajos en caliente en época de peligro	Permiso diario firmado
Impermeabilización y firmes (11-12/2028): humos; restos de betún	**IT-MA-08.** Temperatura de extendido controlada; restos a punto limpio	Parte de extendido
Restauración y compensación (01-02/2029): pérdida de 1.500 m² de ZIA y de 50 m de vegetación de interés	**IT-MA-09.** Hidrosiembra de **3.288 m²** con mezcla autóctona y, como medida compensatoria, plantación de **120 ejemplares** de *Pistacia lentiscus* y *Chamaerops humilis* en el lazo del enlace, con riego de implantación durante los dos primeros veranos del plazo de garantía	Cobertura ≥ 70 % a los 90 días; marras ≤ 10 % al año, repuestas
Toda la obra: ruido; residuos	Maquinaria RD 212/2002 en el lado oeste; ninguna > 85 dBA a 5 m de noche; segregación en origen	≥ 90 % de RCD a valorización y documento de identificación por traslado, semanal

3.5. Replanteo, préstamos, vertederos, instalaciones y accesos

3.5.1. Replanteo

Antes de implantar la señalización (**19/04/2027**), acta de replanteo ambiental: jalonamiento de la ocupación, de la ZIA y de **50 m** de vegetación de interés; localización de la cuneta de **220 m** y del tubo Ø300 hacia el Martín Carpena; reportaje georreferenciado inicial. **Hallazgos casuales** (art. 50 de la Ley 14/2007 del Patrimonio Histórico de Andalucía) en el encepado y el trasdós de E1: parada del tajo, aviso en 24 h a Cultura y a la Dirección de Obra y acta fotográfica.

3.5.2. Ubicación y explotación de préstamos y vertederos

No se abren préstamos: **92 m³** de granular de cantera autorizada con marcado CE y **770 m³** de la propia excavación en los rellenos de E1 y P3. Sin vertedero: los **9.709 t** sobrantes van a valor-

ización con aceptación escrita antes del primer viaje (16/07/2027): "Los Ruices" (AAI/MA/018, **8,4 km**) o, sin cupo, Recicla Andalucía (Cártama). Tierra vegetal en cordones de ≤ 1,5 m con siembra protectora (20 meses). **Vigilancia:** albaranes conciliados cada semana con los certificados de recepción.

3.5.3. Localización y control de instalaciones y parque de maquinaria

ZIA de **1.500 m²** al norte del vano nuevo, fuera de cauces y de vegetación de interés. Son estancos el punto limpio (**84 m²**, cubeto y almacén techado de peligrosos), la balsa de lavado (**19 m³**, alarma al 75 %), la planta de lodos (**360 m²**) y el parque de maquinaria. Repostaje con cisterna sobre bandeja. **Agua de obra** de red municipal con contador: ≈ 80 m³ para la planta de lodos, riego con cisterna en tierras y lavarruedas y balsa en circuito cerrado (reposición ≤ 1 m³/día); sin bombeo del freático salvo el achique del encepado, por decantación. LED apantallado, redes en los depósitos de lodo y ningún residuo orgánico a la intemperie, por el aeropuerto. **Vigilancia:** cubetos, kits antiderrame y solera, cada semana.

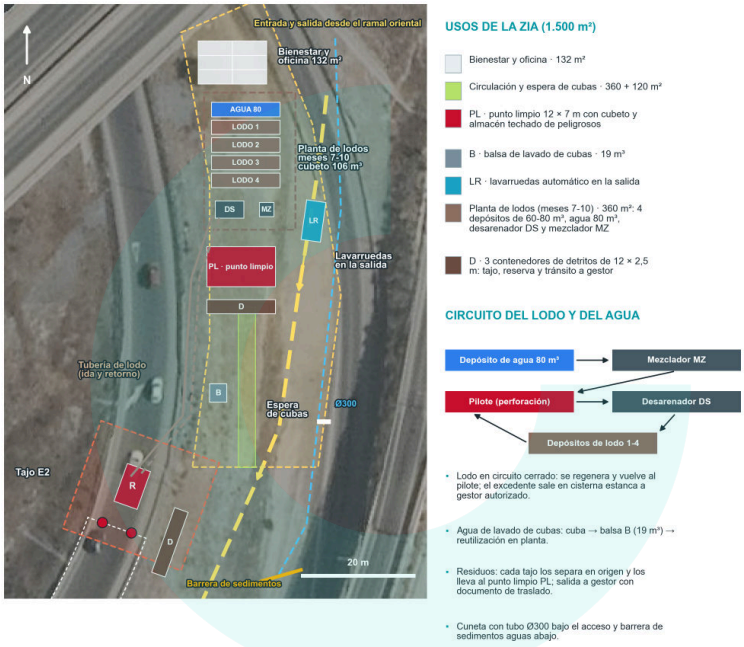


Figura 3.2. Plano ambiental de la ZIA sobre ortofoto PNOA, a escala: almacenamiento, manejo y separación de residuos (punto limpio, contenedores de detritos), planta de lodos con cubeto, lavarruedas y circuitos de agua, lodo y residuos; cuneta con tubo Ø300 y barrera de sedimentos.

3.5.4. Control de accesos temporales y del movimiento de maquinaria

Solo el acceso a E1 por el ramal cerrado, los accesos inferiores y el vial oriental de 4,50 m, con losa de **30 cm** sobre Telefónica en **189 m**. Salida por **lavarruedas automático** de circuito cerrado con decantador, lona, 30 km/h y sin esperas sobre calzada en servicio. **Vigilancia:** lavarruedas cada 2 h en tierras y pilotes; ronda en 50 m del vial de salida.

3.5.5. Desmantelamiento y restauración

Planta de lodos (**22/11-01/12/2027**): floculación del lodo residual, limpieza e inspección de la solera. Casetas, punto limpio y balsa (**21-29/12/2028**): soleras demolidas e inspección del suelo (Decreto 18/2015). Restitución del canal y del drenaje (**02-08/01/2029**), tierra vegetal propia e hidrosiembra de **3.288 m²** (**09-26/01/2029**). **Vigilancia:** acta fotográfica frente al estado inicial y resiembra si la cobertura es inferior al 70 % a los 90 días.

3.6. Gestión de residuos y contaminación (RD 105/2008)

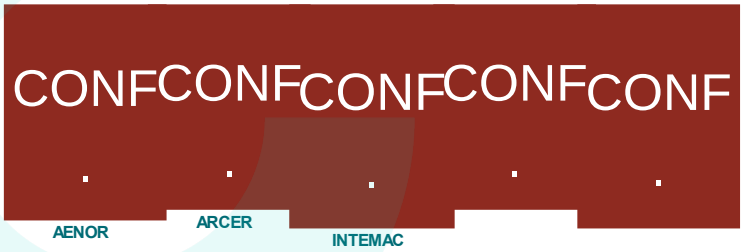
La UTE segrega en origen todas las fracciones (art. 30 de la Ley 7/2022), sin umbrales, en zonas etiquetadas de cada tajo vaciadas cada semana al punto limpio (Figura 3.2).

CONFIDENCIAL

Corriente	LER	Cantidad	Gestión y destino
Tierras y piedras	17 05 04	9.709 t	Valorización (R5): Los Ruices o Recicla Andalucía
Hormigón	17 01 01	632 t	Planta de RCD; árido reciclado
Mezclas bituminosas	17 03 02	517 t	Valorización; si la prueba de alquitrán es positiva, 17 03 01*
Hierro y acero	17 04 05	175 t	Reciclado por gestor autorizado
Envases, madera, plástico y mezclados	15 01 01-03; 17 02 01 y 03; 17 09 04	35 t	Contenedores segregados; planta de RCD
Restos de desbroce	20 02 01	113 t	Compostaje
Detritos de perforación	01 05 04 o según caracterización	≈ 960 m³ esponjados	3 contenedores estancos de 12 × 2,50 m; gestor autorizado
Lodo agotado	Capítulo 01 05 según caracterización	258-336 m³	Regenerado en circuito cerrado (−67 % frente a 1.020 m³); cisterna estanca a planta, nunca a vertedero
Peligrosos	Ver inventario	0,52 t y aceites según consumo	Almacén techado con cubeto, ≤ 6 meses; centro de transferencia autorizado (NIMA 2900013789), 8,4 km

Peligrosos y retirada selectiva: pintura (08 01 11*), envases contaminados (15 01 10*), aceites (13 02 05*), filtros (16 01 07*), absorbentes (15 02 02*), baterías (16 06 01*) y aerosoles (16 05 04*); contingencia: 17 05 03* y 17 03 01*. Contenedor homologado etiquetado y fechado; retirada con notificación previa y documento de identificación (RD 553/2020).

3.7. Materiales reciclados, reutilizados y reciclables (criterios a y b)



La UTE se compromete con estos porcentajes de reciclado, reutilización y reciclabilidad. Donde el suministrador ya ha aportado documentación (Siderúrgica Sevillana, Aripisa y Hormialia), se cita y se enlaza en su miniatura; con cada partida se entrega el certificado o la declaración ambiental de producto (DAP) del fabricante. La alternativa reciclada cumple proyecto, PPTP y PG-3 y requiere aprobación de la Dirección de Obra (DO).

Material	Cantidad	a) Reciclado o reutilizado	b) Reciclable	Documentación y control
Tierras propias en rellenos de E1 y P3	770 m³	100 % reutilizado	100 %	Laboratorio acreditado: aptitud PG-3 y origen; antes de cada relleno
Tierra vegetal propia	582 m³	100 % reutilizada	100 %	Laboratorio acreditado: análisis agronómico
Acero B500SD (Siderúrgica Sevillana)	99,9 t	≥ 90 % (horno eléctrico)	100 %	Certificados de producto AENOR 017/000746, ARCER e INTEMAC (miniaturas enlazadas); certificado del fabricante por partida
Chapa del cajón (S355J2W+N, J0, JR)	71,7 t	Máximo disponible en S355J2W+N; J0 y JR ≥ 70 % (horno eléctrico)	100 %	Certificado 3.1 con la ruta de acería; antes del pedido (29/04/2027)
Tubo de micropilote (grado del proyecto)	9,5 t	Sin compromiso	100 %	Certificado 3.1 del fabricante
Pretil H3 y barrera	264 + 481 m	Sin compromiso	100 %	Marcado CE y certificado del fabricante
Hormigones HA-30 y HA-35 (Hormialia)	1.266 m³	Adiciones en el cemento	≥ 95 %	Control de producción con marcado CE de la central (miniatura enlazada)
Mezclas AC16, AC22 y AC32	434 t	RAP en AC22 y AC32 si lo autoriza la DO	100 %	Certificado de la planta y laboratorio acreditado
Zahorra y granular del trasdós (Aripisa)	121 m³	Árido reciclado CE si cumple PG-3 y sulfatos	100 %	DAP GlobalEPD EN15804-025 y marcado CE de Aripisa (miniaturas enlazadas); laboratorio acreditado

Resultado: tres materiales (≈ **2.400 t**) superan el 50 % de reciclado o reutilización (criterio a) y

CONFIDENCIAL

≈ **98 %** del peso incorporado es reciclable o reutilizable (criterio b).

3.8. Prevención de incendios forestales

Suelo urbano-industrial a **1,05 km** del Paraje Natural del Guadalhorce, fuera de la zona de influencia forestal (art. 3 de la Ley 5/1999); en los taludes de pasto seco rige el calendario INFOCA.

- **Épocas INFOCA.** Peligro alto (**1/06-15/10**): soldadura de jaulas (09-11/2027) y junta del cajón (**08-24/08/2028**). Peligro medio (**1-31/05 y 16-31/10**): desbroce de mayo de 2027.
- **Prevención y medios.** Desbroce de taludes y franja de 3 m alrededor de la ZIA antes del 1 de junio; permiso de trabajo en caliente por jornada con radio de 10 m limpio, manta ignífuga, dos extintores de 6 kg, batefuegos y camión de riego con motobomba; sin quemas.
- **Vigilancia y aviso.** Índice de riesgo diario (Junta y AEMET); suspensión con terral o aviso naranja; vigilancia de **1 h** tras terminar; aviso al 112 y simulacro antes del 1/06/2027.

3.9. Emergencias ambientales

Kit antiderrame en cada máquina, obturadores para el tubo Ø300 y los sumideros, **50 m** de barrera absorbente y cisterna estanca en **2 h**. Simulacro de derrame antes del **09/09/2027**.

Situación	Respuesta inmediata	Aviso y cierre
Fuga en la planta de lodos, derrame de gasóleo o aceite	Parada de bomba o motor; el cubeto o el absorbente retiene; trasvase a cisterna; tierra afectada como 17 05 03*	Jefe de cimentaciones o encargado; DO en 24 h
Lodo, lechada o hidrocarburo en la cuneta o el drenaje de la MA-20	Obturador en el tubo Ø300 y en los sumideros; barrera absorbente; bombeo a cisterna; cuneta limpia sin restos	Jefe de obra: DO y COEX MA-01; autoridad ambiental si sale de la obra (Ley 26/2007)
Agua de hidrodemolición fuera de rango o fuga de bandeja	Parada de la bomba; retención en el decantador; corrección de pH antes de reutilizar	Técnico ambiental; registro del lote
Indicios de hidrocarburo o alquitrán en tierras o firme	Parada en esa zona; acopio aparte sobre lámina y cubierto; gestión como 17 05 03* o 17 03 01*	Jefe de obra: DO; Decreto 18/2015

Formación firmada: acogida de **1 h**; **0,5 h** por IT-MA; **2 h** en pilotes, lodos, micropilotes y punto limpio. **Informe mensual** a la DO (días 1-5): indicadores, no conformidades, residuos y quejas.

3.10. Emisiones y huella de carbono

Base. Módulos A4 y A5 (UNE-EN 17472); factores MITECO V6 (2025): gasóleo B **2,718 kg CO2e/l**, B7 **2,521**, electricidad **0,258 kg CO2e/kWh** sin garantía de origen (GdO). Total **222 t CO2e** (78.758 l y 36.000 kWh): hidrodemolición 56,8; pilotes 37,4; tierras 32,0; lodos y micropilotes 27,9; resto de equipos 39,4; transportes A4 19,1; bienestar y ZIA 9,3.

Medida	Tajo y fechas	Ahorro (t CO2e)	Evidencia y responsable
HVO100 (UNE-EN 15940) en cisterna, subcontratos y bañeras	05/2027-01/2029	0,8 × (53.306 × 2,718 + 3.494 × 2,521) × 0,83 = **102,1**	Albaranes y prueba de sostenibilidad; jefe de obra
Parada al ralentí por telemetría	Excavadoras y pilotadoras	6 % × 34.496 l × 2,718 = **5,6**	Informe telemático; encargado general
Planta de lodos a red con GdO o grupo híbrido	Lodos 09/09-01/12/2027	Híbrido: 40 % × 5.160 l × 2,718 = **5,6** (red: 14,0)	Resolución de la distribuidora; jefe de cimentaciones
GdO renovable en la acometida de bienestar y ZIA	06/2027-12/2028	36.000 kWh × 0,258 = **9,3**	Redención de GdO (CNMC); jefe de oficina técnica
Torres LED con batería y panel solar	Noches de la MA-20 y del izado	80 % × 1.200 l × 2,718 = **2,6**	Horas de grupo; encargado general

Objetivo: −125,2 t CO2e (−56 %); quedan 97 t.

CONFIDENCIAL

4. MEMORIA DE SEGURIDAD Y SALUD

25	14	9	3	0
personas en punta (jun, sep y nov 2027), ≤ 22 el 95 % de los días (el ESS prevé 6)	carencias del ESS con su propuesta en el Plan de SyS	tajos con recurso preventivo asignado	simulacros con servicios externos	trabajos en la MA-20 sin barrera rígida ni TMA

4.1. Organización de la prevención en la obra

La UTE CONFIDENCIAL CONF. (en adelante, la UTE) integra la prevención en la línea de producción: quien dirige un tajo responde de su seguridad, y el técnico de prevención verifica, forma y puede paralizar. La obra se ejecuta en el **marco de gestión de la norma ISO 45001:2018**, con los dos sistemas certificados: el de CONFIDENCIAL **S.L.** (OCA Instituto de Certificación, S.L.U., nº **34/5500/22/1033**), con alcance en obra civil, conservación de carreteras y edificación, y el de CONF. CONF. **S.A.U.** (AUDELCO, nº **SST-159-01/2010**), con alcance en conservación y gestión de infraestructuras viarias; ambos en vigor y enlazados desde las miniaturas. Evaluación de riesgos por tajo revisada en cada cambio de fase, investigación de incidentes en 24 h, auditoría interna en el mes 12 e informe mensual al Coordinador de SyS con **indicadores**: índice de incidencia, inspecciones realizadas frente a previstas, desviaciones cerradas en plazo y trabajadores formados antes de su primer turno. **Control de accesos** con tarjeta vinculada a la documentación; maquinaria con marcado CE y operador autorizado.

CONFIDENCIAL CONFIDENCIAL CONF. CONF.

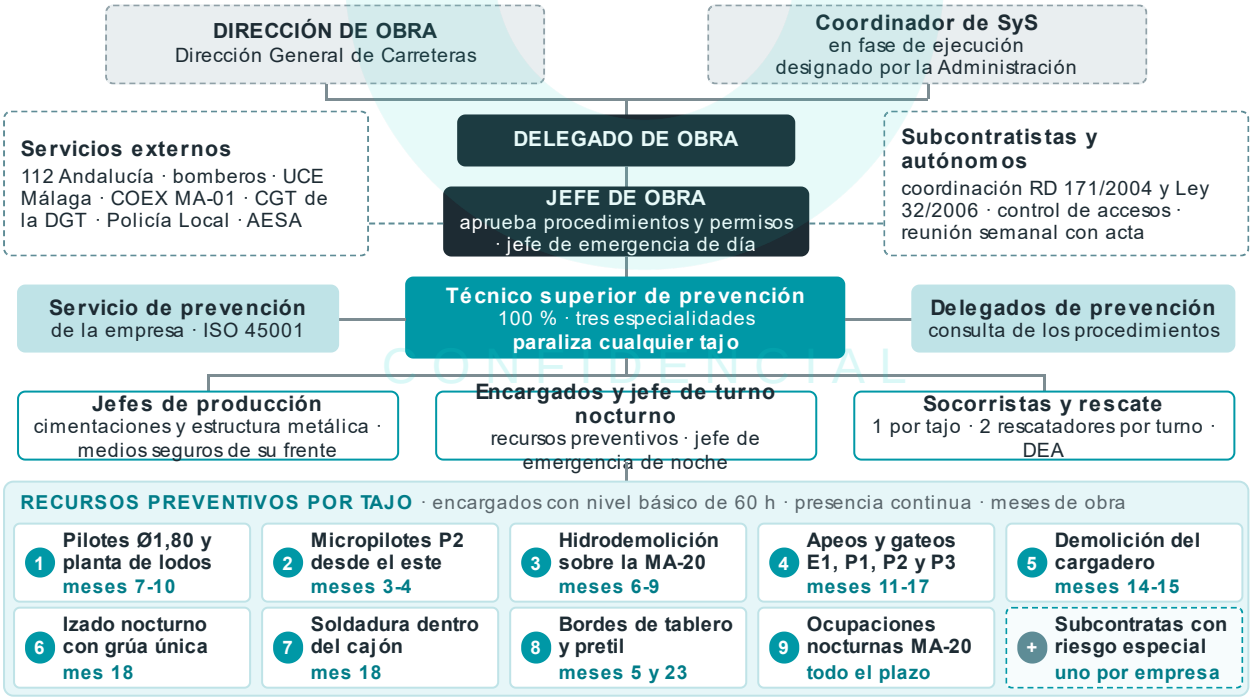


Figura 4.1. Organigrama preventivo de la obra. El técnico superior de prevención verifica, forma y puede paralizar; la línea de producción aplica la prevención en cada frente y cada uno de los nueve tajos con riesgo especial tiene recurso preventivo. En discontinuo, la coordinación con subcontratistas y la relación con los servicios externos.

4.1.1. Recursos preventivos y controles por tajo crítico

Cada tajo con riesgo especial tiene recurso preventivo presente durante toda la tarea, condición de inicio comprobada por escrito y una persona que la autoriza; sin esa firma, el tajo no empieza.

Tajo (fechas)	Riesgo que exige recurso preventivo	Controles clave y condición de inicio	Autoriza y registra
Pilotes Ø1,80 y planta de lodos (09-12/2027)	Caída a perforación y a depósitos; vuelco de pilotadora	Acta de plataforma; camisa ≥ 1 m sobre rasante; perforación cubierta al final del turno; depósitos con barandilla	Jefe de producción; parte de pilote
Micropilotes P2 desde el este (05-06/2027)	Gálibo bajo tablero; atrapamiento en perforación; testigos de 245 kg del taladro de diamante	Pista y plataforma propias fuera del arcén; barrera de hormigón anclada por fuera del arcén de la MA-20; minigrúa para testigos; gálibo señalizado	Recurso preventivo; lista de inicio
Hidrodemolición sobre la MA-20 (pedestales 06/09-24/11/2027; camas P2/P1 02-03/2028)	Proyecciones a la calzada; agua a presión	Bandejas estancas y pantallas bajo tablero; mando a distancia y zona de exclusión; bomba bloqueada antes de acercarse	Permiso de trabajo
Gateos y apeos E1, P1, P2 y P3 (01-07/2028)	Colapso por pérdida de apoyo	Proyecto de apeo aprobado; células de carga registrando; tuerca de seguridad; nadie bajo el apoyo durante el gateo	Jefe de obra; acta de transferencia
Demolición del cargadero antiguo (04-05/2028)	Caída de piezas cortadas	Piezas sujetas antes de separarlas	Recurso preventivo
Izado nocturno de los tramos (3-4 y 7-8/08/2028)	Caída de carga; vuelco de grúa; atropello por el SPMT	Plan de izado firmado; grúa única a ≤ 70 % de tablas (65 %); placas de 2,5 × 2,5 m sobre base recibida; despegue de prueba de 20 cm durante 10 min; viento bajo el límite de tablas; SPMT con señalista; corredor de 12 m y área de exclusión	Jefe de maniobra; plan de izado
Montaje y soldadura de la junta sobre cimbra intermedia (08/2028)	Caída a distinto nivel; espacio confinado; humos; incendio	Plataforma corrida con barandillas y rodapiés y torres de escalera; permiso de entrada por turno; detector de 4 gases; extracción localizada; vigilante exterior; permiso de trabajos en caliente y vigilancia de 1 h	Técnico de prevención; permiso de trabajos en caliente
Bordes de tablero y pretil (07/2027 y 01/2029)	Caída de altura	Protección de borde continua o línea de vida	Recurso preventivo
Ocupaciones nocturnas de la MA-20 (todo el plazo)	Atropello de señalistas y montadores	Secuencia 8.3-IC con TMA; cuña colocada desde camión (EASY CONE); ≥ 100 lux con torres LED apantalladas; control de fatiga; comunicación al CGT	Jefe de turno; parte nocturno

Condiciones de inicio que no admiten excepción

Sin permiso y medición de atmósfera no se entra en el cajón; sin células registrando no se gatea; sin plan firmado y viento bajo el límite de tablas no se iza; sin barrera rígida y TMA no se ocupa la MA-20.

CONFIDENCIAL

4.1.2. Coordinación con subcontratistas y autónomos

La UTE aplica el RD 171/2004 y la Ley 32/2006 con cinco medios: documentación previa al acceso (evaluación del puesto, formación, aptitud médica, EPI, inscripción en el REA y **tarjeta profesional de la construcción** de todos los trabajadores), control de accesos digital que bloquea la entrada sin documentación completa, adhesión escrita al Plan de SyS con el procedimiento de trabajo, libro de subcontratación al día y reunión semanal de coordinación con acta. **Reuniones extraordinarias** antes de cada tajo crítico (micropilotes de P2, 14/05/2027; pilotes, 09/09/2027; apeo del vano 3, 12/04/2028; izado, 02-03/08/2028; soldadura en el cajón, 09/08/2028) y mensual con el Coordinador de SyS. Cada subcontratista con riesgo especial aporta su propio recurso preventivo. La tabla recoge, para cada subcontratista y proveedor con carta de compromiso (1.9), su trabajo en la obra, su acreditación ISO 45001 y cómo se integra; ninguna empresa accede sin el certificado o la adhesión firmada.

Empresa	Trabajo en la obra	ISO 45001 e integración en el sistema de la UTE
Reepox	Resinas, anclajes y taladros	ISO 45001:2018 (Bureau Veritas) en su membrete; copia del certificado exigida con el contrato; CAE y adhesión al Plan de SyS

Empresa	Trabajo en la obra	ISO 45001 e integración en el sistema de la UTE
CEMOSA	Toma de muestras y ensayos in situ	ISO 45001:2018 propio; copia del certificado exigida con el contrato; CAE y permiso de acceso por tajo
EXPOA	Pilotes Ø1,80 m y micropilotes de P2	Publica ISO 9001 e ISO 14001 (AENOR): se integra en el ISO 45001 de la UTE (RD 171/2004), con recurso preventivo propio en pilotaje
INDAICO · Ferroinsa	Gateos, ensayos y prueba de carga · montaje de ferralla	Sin certificado ISO 45001 aportado: adhesión escrita al Plan de SyS de la UTE y evaluación de riesgos integrada antes del acceso (RD 171/2004, art. 10); el jefe de obra preside cada transferencia
PERI · Hormialia	Encofrados y andamios (asistencia al montaje) · bombeo de hormigón	Sin certificado ISO 45001 aportado: adhesión escrita al Plan de SyS y evaluación integrada antes del acceso (RD 171/2004, art. 10); montaje según el manual de PERI
Prenava · Ferraxa · GLS · Saint-Gobain · Aripisa · Sevillana	Suministro con descarga en la ZIA	Coordinación en la descarga: acceso, ruta y zona de espera. Prenava: ISO 9001; Saint-Gobain: ISO 9001 e ISO 14001
Grúas Alhambra · Rocesan · Aguado · Hidrodem · PAMASA · METALESA · MK4 · MAURER · Kinesia	Grúa, transporte especial, hidrodemolición, mezclas, pretil, apoyos, juntas e instrumentación	Integración en el ISO 45001 de la UTE (RD 171/2004): adhesión al Plan de SyS, evaluación integrada y recurso preventivo propio en izado, transporte y UHP

4.2. Participación del personal

El personal propio, el de los subcontratistas y los autónomos participa por cuatro vías: charla de inicio de tajo de 10 minutos en cada turno, diurno o nocturno, con firma de asistentes; comunicación de incidentes desde el móvil con fotografía y posición, con respuesta del técnico de prevención en menos de 24 h; derecho de parada ante riesgo grave e inminente (Ley 31/1995, art. 21), explicado en la acogida; y consulta a los delegados de prevención de cada procedimiento especial antes de aplicarlo.

4.3. Formación e información particularizadas

Además de la formación por oficio del Convenio de la Construcción, cada trabajador recibe la acogida y el módulo de su tajo antes de su primer turno.

Módulo	Destinatarios	Horas	Contenido específico de esta obra
Acogida en obra	Todo el personal, propio y subcontratado	2	Riesgos de la obra; accesos y circulación junto a la MA-20; plan de emergencia y punto de reunión; derecho de parada
Lodos y pilotaje	Equipo de pilotes y planta	4	Depósitos cerrados con barandilla; resbalamiento; bentonita (piel y ojos); caída a perforación
Trabajo bajo tablero con tráfico	Micropilotes, apeos, hidrodemolición	4	Gálibo bajo tablero; zona de exclusión; conducta ante intrusión; ropa clase 3
Apeos y gateos	Equipo de apeos y encargados	6	Bloqueo mecánico; lectura de células; protocolo de parada
Espacio confinado en el cajón	Soldadores, END, pintores, vigilante	8	Permiso de entrada; detector de 4 gases; ventilación; rescate horizontal
Soldadura en obra	Soldadores y ayudantes	4	Humos; extracción localizada; trabajos en caliente; calor
Izado nocturno con grúa única	Gruistas, señalistas, montadores	4	Plan de izado; señales; viento; zona de exclusión
Trabajo nocturno junto a la MA-20	Todo el personal nocturno	3	Implantación y retirada 8.3-IC; TMA; fatiga y visibilidad
Primeros auxilios, DEA y rescate	Socorristas y rescatadores	8	Suspensión inerte; descenso asistido; camilla horizontal en el cajón; desfibrilador

4.4. Trabajo nocturno y protecciones colectivas

Las ocupaciones de la MA-20 se hacen de noche, de lunes a jueves, entre las 23:00 y las 05:30. Ropa clase 3 (UNE-EN ISO 20471) y casco reflectante; nadie sale de la zona protegida por la barrera rígida o por la cuña con TMA; vigía con bocina frente al tráfico; aviso de invasión por pulsera (SAMIC, apartado 5); torres LED de **≥ 100 lux** orientadas al tajo, sin deslumbrar a los cond-

uctores; como máximo **4 noches seguidas** y 12 h de descanso entre turnos. **Vigilancia de la salud:** reconocimiento específico antes del primer turno para trabajo nocturno (art. 36.4 del Estatuto de los Trabajadores), espacio confinado, altura, ruido y vibraciones y conducción.

Fase	Protecciones colectivas	Revisión
Demoliciones, pilotes y lodos (07-12/2027)	Protección continua de borde del tablero; bandejas y pantallas bajo tablero; tapa de perforación; barandilla en depósitos	Cada turno
Micropilotes (05-06/2027) y apeos (01-07/2028)	Plataforma de P2 con barrera; torres con plataformas, barandillas y escaleras	Diaria y tras un impacto
Cimbra, izado y cajón (05-08/2028)	Zona de exclusión balizada; cimbra con barandilla; líneas de vida en el cajón	Antes de cada maniobra
Prelosas, losa y pretil (08/2028-01/2029)	Protección de borde hasta el pretil H3; línea de vida durante su montaje	Diaria

4.5. Emergencias y relación con servicios externos

El Plan de Autoprotección sitúa cada frente con sus coordenadas ETRS89 (X 369.390, Y 4.061.055) y su PK en los carteles, para que la llamada al 112 dé una posición única. **Toma de decisiones:** quien detecta la emergencia avisa al recurso preventivo del tajo; el jefe de emergencia (jefe de obra de día, jefe de turno de noche) llama al 112 y, si hay calzada afectada, al CGT Sureste de la DGT, y un trabajador designado espera a la ambulancia en el acceso de obra para guiarla.

Emergencia	Medidas inmediatas	Decide y avisa	Servicio externo
Atropello o intrusión de un vehículo en una ocupación de la MA-20	El TMA protege la cuña; alarma acústica del señalista o aviso por pulsera y repliegue tras la barrera; el herido se atiende solo con el carril protegido	Jefe de turno: 112 y CGT para cerrar el carril	112, CGT, Guardia Civil de Tráfico
Caída de altura desde el tablero o una torre de apeo	Rescate con el equipo de descenso asistido en ≤ 15 min por suspensión inerte; socorrista hasta la llegada del 112	Recurso preventivo y jefe de emergencia	112 y bomberos
Caída de objetos a la calzada de la MA-20	Parada del tajo; la brigada protege con TMA y retira el objeto; revisión de bandejas y pantallas antes de reanudar	Jefe de turno: CGT y centro de conservación	CGT, COEX MA-01
Incidente en el izado (carga oscilante, fallo de grúa o racha)	La carga se apoya en la posición segura más próxima; se evacua el área de exclusión y se mantiene cerrado el ramal a nivel del este	Jefe de maniobra	112 y CGT
Pérdida de conciencia en el cajón	Ventilación forzada; rescate horizontal sin entrar sin equipo respiratorio	Vigilante exterior	112 y bomberos
Incendio en soldadura o grupos	Extintor; corte de gas y corriente; evacuación	Jefe de emergencia	Bomberos

CONFIDENCIAL

Protocolo de lluvias intensas y DANA

Seguimiento diario de los avisos de AEMET de septiembre a noviembre, meses del pilotaje. Aviso amarillo: revisión del bombeo de reserva y de los cubetos de la planta de lodos. Aviso naranja: parada, protección de la perforación abierta, retirada de equipos de las cotas bajas y cierre de la ocupación de la MA-20. Aviso rojo: evacuación y comunicación al 112. La DANA del 13/11/2024 obligó a desalojar las márgenes del Guadalhorce, a 0,92 km de la obra.

Recurso externo	Ubicación	Tiempo	Uso previsto
Hospital Quirónsalud Málaga (urgencias 24 h)	Av. Imperio Argentina 1; 0,44 km en línea recta	1,8 km · 4 min por Av. Velázquez; 6,9 km · 11 min desde el acceso de la ZIA	Primera asistencia
Hospital Regional Universitario	Av. Carlos Haya s/n; 4,9 km	6 min	Politraumatismo grave

Recurso externo	Ubicación	Tiempo	Uso previsto
Hospital Clínico Virgen de la Victoria	Campus de Teatinos; 5,5 km	6 min	Urgencias generales
Parque de bomberos Carretera de Cádiz	0,84 km en línea recta	10 min por carretera	Incendio y rescate
112 Andalucía y CGT de la DGT	–	Aviso inmediato	Emergencia y gestión del tráfico

Desfibrilador en la caseta y en el vehículo nocturno; visita de los bomberos a los accesos antes del mes 3; protocolo con la UCE Málaga, la COEX MA-01 y el CGT; Policía Local en cortes.

Simulacros con servicios externos: mes 3, antes del recalce, accidente en la plataforma de P2 con evacuación por la pista este (112 y CGT); mes 14, antes del apeo, trabajador suspendido tras una caída en una torre de P3 (bomberos); mes 18, antes de la soldadura, pérdida de conciencia de un soldador dentro del cajón (bomberos y 112).

4.6. Revisión crítica del Estudio de Seguridad y Salud

La UTE ha contrastado el ESS del proyecto (tomo 4, pp. 289-488) con el método constructivo, el programa de 24 meses y el entorno. Las **14 carencias** detectadas tienen su propuesta en el Plan de SyS, que pasa a ser un documento ejecutable por fase con recursos, permisos, puntos de parada y umbrales de suspensión.

Aspecto del ESS (página)	Deficiencia detectada	Propuesta en el Plan de SyS
1 · Plazo y mano de obra (p. 298)	12 meses y 6 trabajadores como máximo	24 meses y punta de **25** (≤ 22 el 95 % de los días); bienestar para **24**, ampliado a **30** en 09-11/2027
2 · Riesgos especiales (pp. 305-306)	El interior del cajón no se trata como espacio confinado; solo hay una mención genérica (p. 381)	Espacio confinado: medición de O2, CO, H2S y LEL; ventilación forzada; vigilante exterior; rescate horizontal
3 · Montaje del cajón (pp. 305-306)	No hay plan de izado, estudio de apoyo de grúas ni criterio de carga	Plan de izado firmado: ≤ 70 % de tablas, placas sobre base recibida, anemómetro y noche de reserva
4 · Criterio de viento (pp. 322, 365 y 391)	Tres límites distintos (20-30, 50 y 60 km/h); en la p. 391 se cita la "mar gruesa"	Un único límite por maniobra, de las tablas de la grúa, con previsión a 72, 24 y 6 h
5 · Pilotes (pp. 320-321)	Se prevé una balsa de decantación abierta y no se analiza la planta de lodos	Depósitos cerrados con barandilla y cubeto; prohibida la balsa abierta
6 · Plataforma de pilotaje	No se comprueba la plataforma sobre rellenos y arcillas blandas ni el gálibo bajo la losa del vano 3	Plataforma calculada y recibida con placa de carga; paso del útil comprobado antes de demoler la franja
7 · Trabajos en el arcén de la MA-20 (p. 301)	"Desvío de carril" sin definir ventanas ni medios; se prevén 5 New Jersey de plástico y 20 h de señalista	Micropilotes fuera del arcén; apeos con barrera rígida anclada, TMA y ocupación nocturna L-J
8 · Hidrodemolición (pp. 312-313)	Sin protección frente a proyecciones hacia la MA-20	Bandejas estancas, pantallas y ocupación nocturna del carril bajo el tajo
9 · Apeo y gateo (p. 301)	Genérico, sin instrumentación ni protocolo de parada	Células de carga, bloqueo mecánico, umbrales de parada y acta en cada transferencia
10 · Trabajo nocturno (pp. 308 y 398)	Se cita, pero no hay procedimiento	≥ 100 lux con torres LED apantalladas; recurso preventivo por turno; control de fatiga
11 · Emergencias (p. 400)	Un único hospital; sin protocolo de rescate ni de emergencia con tráfico	Tres hospitales con tiempos; protocolos por escenario; rescate en altura, en el cajón y en la perforación; simulacros
12 · Clima (p. 302)	900 mm/año, cifra ajena a Málaga	506 mm/año (normales 1991-2020); plan de lluvias y DANA; calor según el RDL 4/2023
13 · Textos de otro proyecto (pp. 300 y 406)	"Vano central" y "losa del vano 2"	Recursos preventivos por tajo real
14 · Control del nivel de seguridad (p. 406)	Solo "listas de seguimiento y control"	Inspección diaria con parte digital e indicadores mensuales

Objetivos de seguridad. Cero accidentes con baja; 100 % del personal formado antes de su primer turno y de las inspecciones previstas realizadas; desviaciones cerradas en ≤ 7 días.

CONFIDENCIAL

5. TECNOLOGÍA E I+D+I

3 de I+D+i de [redacted] con certificado UNE 166001	**166** cortes de carril con XPERicone en el piloto de [redacted] (M-110 y M-40)	**0** operarios en la calzada al colocar o retirar la cuña de conos	**≤ 2 mm** de diferencia entre gatos, con carga medida en cada apoyo	**30 min** entre lecturas de auscultación (24 h con lectura manual)

5.1. Dónde aplica la UTE la tecnología en esta obra

La UTE [redacted] (en adelante, la UTE) aplica la tecnología donde esta obra es difícil: **16 noches** de ocupación de la MA-20 (**163.269 veh/día**), **677 días** de desvío del ramal, seis pilotes de 50 m bajo lodo junto a pilotes cargados, tres transferencias de carga sobre un tablero que asienta y un izado nocturno. Ninguna tecnología cambia fechas del programa de trabajos; todas dejan un registro que la Dirección de Obra consulta desde el mes 1 en un entorno común de datos con estructura UNE-EN ISO 19650 (Orden PCM/818/2023).

5.2. Proyectos propios de I+D+i de la UTE [redacted] UNE 166001)

Los tres proyectos son del grupo [redacted] y la UTE los aplica con sus propios me[redacted]igada de señalización de [redacted] monta y retira cada ocupación con XPERicone, EASY CONE y SAMIC, y su equipo de inspección vuela los drones. Los certifican entidades acreditadas por ENAC conforme a la UNE 166001 (cada miniatura abre el certificado completo): **XPERicone**, informe técnico conclusivo de EQA, expediente **946.530** (12/03/2024; proyecto 06/2021-12/2023, innovación); **SAMIC**, certificado de contenido EQA **ITCE 633.331** (01/10/2018, innovación tecnológica); **inspección con aeronaves no tripuladas**, certificado ACIE **152.056.18-180928-CER-U.001** (ex ante, UNE 166001:2006, ejercicio 2017). XPERicone se expidió a [redacted] S.A. (NIF [redacted], hoy [redacted] S.[redacted]ro de I[redacted] emitieron a [redacted] Infraes- IF [redacted], hoy [redacted] **S.A.**, soci[redacted] mismo grupo; la UTE los aplica en esta obra con los equipos de señalización e inspección del grupo [redacted] y aporta la nota registral a requerimiento de la mesa.

CONFIDENCIAL CONFIDENCIAL CONFIDENCIAL

Proyecto	Qué es	Aplicación en esta obra	Mejora medible	Control y seguimiento DGC
XPERicone	Dispositivo en los conos de la cuña que envía la posición de operarios, vehículos y señalización al jefe de obra, que la publica para el CGT Sureste (Mála[redacted] DGT. Piloto de [redacted] en la M-110 y l[redacted] (sector M-08): **166** cortes en 2022-2023	16 noches de ocupación de la MA-20 y cierres del ramal; primer y último cono de cada cuña con dispositivo	Hora real de cierre y apertura enviada al CGT, frente a la llamada de las 23:00 y las 05:30; información al usuario ajustada a la ocupación efectiva	Registro de cada ocupación (inicio, fin, posición) en el parte de la noche
SAMIC	Alerta de invasión de carril: vídeo con algoritmos de IA que detectan la línea de conos y su invasión y avisan al operario con pulseras (wifi y BLE)	Franja de losa del vano 3 (06-07/09/2027) y apeos de P1 y P2 (6 noches)	Aviso mientras la invasión está en curso; cada evento grabado e investigado en 24 h	Eventos clasificados en el parte de la noche y en el informe de seguridad

SOBRE ELECTRÓNICO 2 · DOCUMENTACIÓN TÉCNICA · CRITERIOS VALORABLES MEDIANTE JUICIO DE VALOR

Proyecto	Qué es	Aplicación en esta obra	Mejora medible	Control y seguimiento DGC
Inspección con drones	Operativa de inspección de carreteras con aeronaves no tripuladas: fotografía y vídeo georreferenciados y modelo fotogramétrico	Estado inicial del tablero, apoyos y chapas de recrecido (mes 1); volumen de cada banco del terraplén (5.517 m³); avance mensual; estado final antes de la prueba de carga	Intradós y apoyos inspeccionados sin plataforma elevadora ni ocupación de la MA-20; medición del terraplén por diferencia de modelos, contrastada en la conciliación mensual	Ortofoto y modelo mensual en el entorno común de datos; vuelos coordinados con ENAIRE por la cercanía del aeropuerto (RD 517/2024)

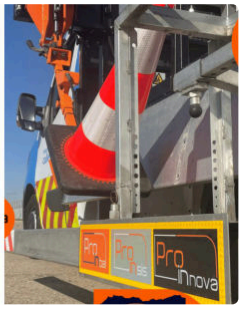


Figura 5.1. Tecnologías de CONF. para los cortes de carril, según su documentación: esquema de XPERicone (señalización conectada con el centro d cono con dispositivo, sistema GUARDIAN en mástil telescópico y sistema EASY CONE embarcado en camión.

Reglas de uso. XPERicone: la hora que recibe el CGT es la del despliegue y la retirada registrados. SAMIC: con un aviso, los operarios salen hacia la zona protegida tras la barrera; el evento se revisa al día siguiente con el plan de seguridad (apartado 4). Drones: cada vuelo lleva su análisis de riesgo, piloto con certificado y autorización del espacio aéreo; no se vuela sobre la calzada con tráfico ni en las noches de izado. Los registros de las tres llegan a la Dirección de Obra con el parte de cada noche o de cada vuelo (apartado 5.6).

5.3. Equipos y herramientas de CONF. para la obra

Herramienta	Qué es y uso en esta obra	Mejora medible y control
GUARDIAN (Proinbal)	Cámara, estación de control, alimentación y grabador en un mástil telescópico que detecta, analiza y clasifica los eventos del área de trabajo. *En esta obra:* junto a SAMIC en la franja de losa y los apeos	Evento grabado y clasificado; parte de la noche
EASY CONE (Proinbal)	Sistema embarcado en camión de caja abierta que deposita y recoge los conos sin que el operario pise la vía. *En esta obra:* cuña TB-6 de las 16 noches	**0** operarios en la calzada al montar y desmontar
Absorbedor de impactos NISSEN	Atenuador remolcado, de material reciclable, con flecha de 25 focos Super LED de 220 mm, dos focos de 340 mm y flecha giratoria. *En esta obra:* cabeza de cada corte como TMA	Protección de la cuña en todas las ocupaciones
ECO	Gestión en tiempo real de incidencias y del estado de la vía, accesible por web. *En esta obra:* señal dañada, cola, vehículo detenido o reclamación en el desvío	Respuesta de la brigada en **≤ 30 min**, medida con lugar y hora
Unifikas	Gestión integrada de calidad y sostenibilidad con consultas e indicadores. *En esta obra:* soporte del PAC: no conformidades, acciones correctoras e indicadores	Indicadores de calidad y ambientales en tiempo real
Worldlex	Requisitos legales ambientales y de seguridad industrial con su grado de cumplimiento. *En esta obra:* trabajo nocturno, residuos, ruido, autorizaciones	Requisito y plazo de cada autorización a la vista
XPERemote	Asistencia remota desde el móvil del jefe de obra o de producción al encargado. *En esta obra:* noches de ocupación y turnos de pilotaje	Decisión sin desplazamiento a obra
Escáner láser 3D del premontaje (clase Leica RTC360)	Nube de puntos del cajón en el premontaje (16/09-27/10/2027) frente a los planos de taller y al levantamiento de los apoyos de P3 y NE2; las 11 secciones se miden sobre la nube.	Contraflechas 127/149/171 mm y cotas de apoyo comprobadas antes de expedir

CONFIDENCIAL

Herramienta	Qué es y uso en esta obra	Mejora medible y control
Sensores de la planta de lodos (densímetro y sonda de nivel, UNE-EN 1536)	Densidad y nivel en los 4 depósitos y en el pilote abierto cada 30 min; alarma si el nivel baja más de 0,50 m o la densidad sale de 1,02-1,10.	La parada por pérdida de lodo se decide con el dato, no con la ronda; registro por pilote en el parte de 24 h
Registro de la hidrodemolición UHP (robot con control de parámetros y pH-metro en continuo)	Presión, caudal y pH del efluente en continuo en los 64 m³ (08/2027-03/2028), ligado al permiso de trabajo y a la IT-MA-02	Ningún efluente fuera de pH 6-9; parte por tajo para la Dirección de Obra y el técnico ambiental
SGSI ISO/IEC 27001:2022	CONF. de gestión de la seguridad de la información de (BSI, certificado **IS 789185**). *En esta obra:* acceso y de los datos de obra	Usuarios por perfil y registro de accesos

5.4. Tecnologías especializadas en los procesos estructurales

Tecnología	Actividad	Regla de uso	Mejora medible	Control y seguimiento DGC
Registro digital de pilotes y lodos (tipo Bauer B-Tronic)	6 pilotes Ø1,80 m de 47,50-50,00 m · 21/09-19/11/2027	Profundidad, inclinación y par; lodo en tableta; curva volumen-profundidad por cuba. Jaula solo con arena **≤ 3 %** y Marsh **≤ 45 s**; aviso si inclinación **> 2 %**, tremie sumergido **< 3 m** o consumo **> 20 %** del geométrico	Un estrechamiento se ve durante el vertido y no en el cross-hole (12/2027); **116** cubas cruzadas con su curva	Parte de cada pilote en 24 h; ficha web
Inyección registrada de micropilotes (UNE-EN 14199; guía de la DGC)	8 micropilotes IR de 30 m en P2 · mayo-junio de 2027	Presión, caudal y volumen por válvula y pasada, con el inclinómetro de P2 leído en la central: **90 l** por válvula y pasada, ≥ **3** pasadas; parada a presión máxima o con P2 en banda de aviso	**100 %** de válvulas registradas; la parada se decide con el dato de la pila; recalce recibido el 30/06/2027	Registro por válvula y pasada
Gateo sincronizado por PLC (tipo Enerpac EVO)	E1, P1, P2 y P3 · 05/01-31/07/2028	**5 mm/min** y **≤ 2 mm** entre gatos (PPTP); transferencia dada por hecha con la carga medida en la banda de cálculo (**370-440 kN** por apoyo); un apoyo cada vez; tuerca de bloqueo	Sin paradas por escalón para medir a mano; **3** actas con carga medida	Carga y carrera por gato; acta digital
Izado con planificación 3D (tipo Liebherr Crane Planner 2.0)	Vano 4: tramos de 18,00 y 16,55 m · 3-4 y 7-8/08/2028	Datos del limitador, grillete dinamométrico inalámbrico y anemómetro en punta de pluma; cada tramo se lleva antes con SPMT al punto de recogida: utilización **≤ 70 %** (**≈ 65 %** previsto, **≈ 41 t** en gancho) a radio **≤ 14,5 m**; parada si la carga difiere un **5 %** o el viento supera el límite de tablas	Carga real comprobada en toda la maniobra; **0** ocupaciones de la MA-20 y **1** noche de reserva	Plan 3D y registro de la maniobra
Soldadura mecanizada y ultrasonidos PAUT (EN ISO 13588; ISO 19285)	Junta transversal de obra del cajón · 11-24/08/2028	Carro sobre carril flexible y registro de parámetros por cordón; un cordón fuera de la WPS se revisa antes de la pasada siguiente; no se descimbra sin informe PAUT aceptado	Sin radiación ionizante: sin zona de exclusión radiológica junto a la MA-20; cada unión en imagen codificada revisable	Informe PAUT por cordón
Sensores de madurez (ASTM C1074)	Encepado de P3 (247 m³), pila P3 y losa (81 m³)	Sensores en núcleo y superficie con curva resistencia-madurez por dosificación, contrastada con probetas curadas igual; los **28 días** del PPTP antes de impermeabilizar no se tocan	Resistencia de apeo estimada entre los días 10 y 14: **hasta 14 días** de reserva frente a lluvia o viento	Curva resistencia-tiempo en web

Tecnología	Actividad	Regla de uso	Mejora medible	Control y seguimiento DGC
Auscultación con nodos IoT (tipo Worldsensing Loadsensing)	Puente · 24 meses	Estación total sobre **24 prismas**, inclinómetros en P2 y P3 y fisurómetros, sin cables por el arcén; coordenadas cada **30 min**, inclinación cada **10 min**; umbrales sobre línea base de **60 días**; nivelación semanal de contraste	De 24 h a **< 30 min** entre movimiento y decisión; **40** lecturas manuales junto a la calzada evitadas	Cuadro de mando; avisos por correo y SMS
Aforo y colas por vídeo (DATEX II, UNE-EN 16157)	Desvío · 08/03/2027-24/02/2029	Conteo en A1-A6 y cola en la salida 4A (**620 m** de un carril, **16.843 veh/día**) enlazados con el panel; carril de la MA-20 cerrado solo con dos lecturas de A6 **≤ 1.275 veh/h**; cola **> 300 m**: panel recomienda el refuerzo	Panel actualizado en **≤ 5 min** frente a **30 min** de la brigada	Aforos y colas en web; Punto de Acceso Nacional de la DGT
Modelo 4D y visor web (UTE)	Todo el plazo	Modelo georreferenciado por fases del programa (168 estados), publicado como visor 3D (lámina 1) y actualizado con el avance; ninguna maniobra especial sin su comprobación en el modelo	Gálibos, radios y barridos comprobados antes de cada maniobra	Estado previsto y real por semana

5.5. Balance cuantificado de la tecnología en esta obra

Ámbito	Calidad	Plazo y seguridad	Coste: recursos evitados (sin valoración económica)
Cortes de carril (XPERicone, SAMIC, GUARDIAN, EASY CONE, TMA)	Hora real de cada ocupación en el CGT	32 maniobras de cuña (16 noches) sin operario en la calzada; aviso de invasión en curso	32 maniobras de cuña × 2 señalistas = **64 exposiciones a pie evitadas**
Inspección con drones	Estado inicial y final del tablero documentado y georreferenciado	Sin trabajo en altura bajo el tablero para inspeccionar	6 inspecciones × 1 plataforma elevadora × 1 noche = **6 noches de arcén evitadas**
Pilotes y micropilotes registrados	100 % de pilotes y válvulas con registro	Defecto detectado en el vertido, no en el cross-hole	Una reperforación evitada ahorra **5-7 jornadas** del camino crítico
Gateo por PLC	≤ 2 mm entre gatos; 3 transferencias con carga medida	Sin paradas por escalón	3 transferencias × 8 escalones × 20 min = **8 h de parada evitadas**
Madurez	Resistencia en núcleo y superficie	Hasta 14 días de reserva del camino crítico	Hasta **14 jornadas** de reserva del camino crítico
Auscultación IoT	Lectura cada 30 min	Decisión en < 30 min, frente a 24 h	40 lecturas × 2 personas × 1,5 h = **120 h junto a la calzada evitadas**
Aforos por vídeo y ECO	Ocupaciones solo con tráfico bajo umbral	Panel en ≤ 5 min; brigada en ≤ 30 min	**25 min** de reacción ganados por incidencia; ≈ 640 m de cola menos cada 10 min

5.6. Implantación y entrega de datos

Cada equipo se prueba antes de la actividad que lo usa y tiene un responsable de la UTE que responde de su dato ante la Dirección de Obra.

Tecnología	Puesta en servicio y prueba	Responsable	Entrega a la Dirección de Obra
Auscultación IoT	Mes 1 (03/2027), 60 días de línea base	Topógrafo jefe	Informe semanal; aviso en ≤ 30 min

Tecnología	Puesta en servicio y prueba	Responsable	Entrega a la Dirección de Obra
Aforos por vídeo, cámara de colas y ECO	08/03/2027, antes de los aforos A1-A6	Jefe de obra (movilidad)	Aforos y colas en web; informe mensual de movilidad
Inspección con drones	Vuelo inicial en el mes 1 y mensual	Técnico de oficina CONF. iloto	Ortofoto y modelo mensual comparados con el modelo 4D
XPERicone, EASY CONE, NISSEN	Antes del desvío (19/04/2027)	CONF. brigada de	Hora real de cierre y apertura de cada noche
Registro de inyección IR	Con la micropilotadora (05/2027)	Jefe de producción de cimentaciones	Registro por válvula y pasada en 24 h
SAMIC y GUARDIAN	Antes de la franja de losa (06/09/2027)	Técnico de prevención	Eventos clasificados en el parte de la noche
Registro de pilotes y lodos	Con la planta de lodos (09/2027)	Jefe de producción de cimentaciones	Parte de cada pilote en 24 h
Gateo por PLC y células	Calibrado antes del 05/01/2028	Jefe de obra	Acta digital de cada transferencia
Sensores de madurez	Encepado de P3 (01/03/2028)	Responsable de calidad	Curva resistencia-tiempo en web
Plan 3D del izado e instrumentación	Con el plan de izado (09/06/2027); prueba de la cadena de medida en el despegue de 20 cm de la noche 1 (3→4/08/2028)	Jefe de maniobra	Registro de carga y viento de cada izado
Soldadura mecanizada y PAUT	Cualificación del 29/04 al 26/05/2027	Responsable de estructura metálica (IWE)	Informe PAUT por cordón antes de descimbrar

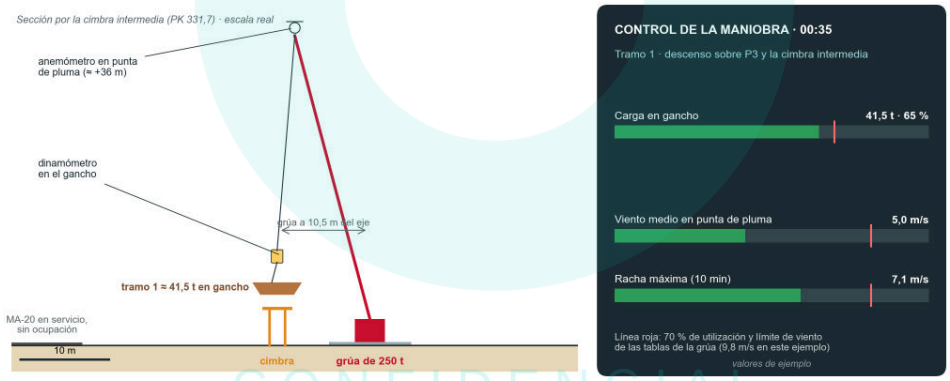


Figura 5.2. Control instrumental del izado: anemómetro en punta de pluma, dinamómetro en el gancho y limitador de la grúa en una pantalla común, frente al 70 % de utilización y al límite de viento de las tablas.

- **Flujo y acceso.** Del equipo al entorno común de datos con control de rango y hora, revisión del responsable del tajo en 24 h y publicación; un dato fuera de rango se anota y se explica, no se borra. Usuario de lectura para cada técnico de la Dirección de Obra desde el mes 1.
- **Avisos.** Umbral de aviso de auscultación: correo y SMS a jefe de obra, topógrafo jefe y Dirección de Obra en ≤ 30 min. Umbral de parada: el frente se detiene hasta la firma de la Dirección de Obra.
- **Informes.** Parte de cada pilote en 24 h, informe semanal de auscultación, acta digital de cada transferencia, informe PAUT antes de descimbrar y resumen mensual con el avance del programa; datos en CSV y PDF firmados.

5.7. Origen documentado de las tecnologías de terceros

Pilotes y lodos: UNE-EN 1536, guías EFFC/DFI *Support Fluids* y *Tremie Concrete*, Bauer B-Tronic. Micropilotes: UNE-EN 14199 y *Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera* (DGC). Gateo: Enerpac *EVO-Series Synchronous Lifting Systems*. Izado: Liebherr

Crane Planner 2.0 y Straightpoint. Soldadura y END: EN ISO 13588, ISO 19285, ESAB Railtrac. Auscultación IoT: Worldsensing Loadsensing. Madurez: ASTM C1074. Aforos: UNE-EN 16157.

CONFIDENCIAL

6. MEMORIA DE MINIMIZACIÓN DE IMPACTO A LOS USUARIOS

677 días	+1,1 / +0,7 km	16 noches	23:00-05:30	≤ 30 min
corte del ramal, del 19/04/2027 al 24/02/2029	itinerario principal y de refuerzo	con un carril ocupado en 24 meses, ninguna de día	ventana nocturna de lunes a jueves	respuesta de la brigada de señalización, 24 h

El ramal MA-21→MA-20 sentido Barcelona se cierra durante toda la obra y la MA-20, con **163.269 veh/día** en el tramo PK 5,1-8,0, sigue en servicio bajo el puente. La UTE CONFIDENCIAL CONF. (en adelante, la UTE) aplica tres reglas: desviar el tráfico del ramal por itinerarios con capacidad comprobada y medida de nuevo antes del corte; ocupar la MA-20 solo de noche, de lunes a jueves, y solo con aforo por debajo del umbral del carril que queda abierto; y mantener dentro de la obra esperas de cubas, acopios y maniobras de grúa. Todas las medidas se incluyen sin coste adicional para la Administración.

6.1. Análisis de la movilidad de los usuarios en las zonas afectadas

6.1.1. Red afectada y datos de partida

Elemento	Dato	Característica relevante	Papel durante la obra
Ramal MA-21→MA-20 sentido Barcelona	IMD **16.186 veh/día** (2019), **2,2 %** pesados	2 carriles, 60 km/h; destinos Motril, Antequera, Sevilla, Granada y palacio de ferias	Cerrado del **19/04/2027** al **24/02/2029**
MA-20, PK 5,1-8,0	IMD **163.269 veh/día** (2024), 2,75 % pesados (Mapa de Tráfico 2024 de la DGC, estación MA-374-0; el proyecto cita 152.912 en 2018 y 154.082 en 2019)	2 carriles por sentido bajo el puente; P2 junto al arcén derecho	En servicio; **el recalce de P2 no la ocupa**; ocupaciones solo nocturnas para los apeos de P2 y P1
MA-21 / Av. de Velázquez (municipal)	Sin aforo publicado	3-4 carriles a 80 km/h antes de la bifurcación	Aproximación a los dos desvíos
Salida 4A y MA-22 (acceso al puerto)	IMD MA-22 **19.997 veh/día**, 6,7 % pesados	Salida con tramo de 1 carril a 50 km/h; glorieta de 2 carriles junto al Martín Carpena	Itinerario principal
Glorieta de Av. Velázquez / Leo Delibes / Molière	Sin aforo publicado	Glorieta semaforizada de 3 carriles	Itinerario de refuerzo
Accidentalidad MA-20, PK 5-6 (2016-2020)	**25** accidentes en sentido ascendente y 5 en el descendente, sin víctimas graves	Alcances, colisiones y salidas de vía en tronco y ramales	Justifica escalonar la velocidad y proteger las colas de las ocupaciones

CONFIDENCIAL

En 2019 el ramal varió de **15.127 veh/día** en agosto a **17.270 veh/día** en marzo (1,067 veces la IMD). Suponiendo que en 2023 el ramal recuperó la IMD de 2019 y que desde entonces crece un 1 % anual (hipótesis que sustituyen los aforos propios del mes 1), la IMD es de **16.843 veh/día** en 2027 y **17.012 veh/día** en 2028, y unos **18.150 veh/día** en el mes punta de 2028. No hay perfil horario publicado del ramal ni de la estación MA-374-0, así que las intensidades horarias se toman como **hipótesis** hasta disponer de los aforos propios.

6.1.2. Capacidad de los itinerarios alternativos y colas

El itinerario principal (salida 4A, MA-22, glorieta de dos carriles junto al Martín Carpena y ramal de salida del puerto a la MA-20) recorre **1,1 km más** que el ramal cortado. El de refuerzo (Av. de Velázquez, cambio de sentido en la glorieta semaforizada y ramal de Av. Velázquez) recorre **0,7 km más**, pero por trama urbana. La capacidad se estima con el Highway Capacity Manual (HCM, 6.ª ed.) y estas hipótesis: factor de hora punta K del 8-10 % de la IMD, 7 m de cola por vehículo y **450 veh/h** de tráfico actual del puerto hacia la MA-20 en punta (50 % de la IMD de la MA-22 por sentido con K = 9 %). Estas hipótesis se sustituyen por los aforos propios del 08-19/03/2027, antes del corte (apartado 6.1.3).

Elemento limitante	Carriles	Capacidad estimada (HCM)	Observación
Tramo de 1 carril de la salida 4A y ramal de la glorieta a la MA-20	1	**2.000 veh/h** (ramal a 50-70 km/h)	Elemento que limita el itinerario principal
Entrada oeste de la glorieta MA-22	2	**1.630-2.120 veh/h** con 300-600 veh/h circulantes (hipótesis)	c = 1.420·e^(−0,00085·vc) + 1.350·e^(−0,00092·vc)
Cambio de sentido en la glorieta semaforizada	2 de 3	**≈1.080 veh/h** (1.800 veh/h de verde por carril, g/C = 0,30, hipótesis)	Depende del reparto de fases municipal
Tiempo adicional en hora punta	–	Principal **≈ +1,6 min**; refuerzo **+1,6 a +1,8 min**	45 km/h en el principal más demora en glorieta; 40 km/h en el refuerzo más 30-45 s de semáforo

Colas en la hora punta del mes de mayor tráfico de 2028. La cola al final de la hora es N = (demanda − capacidad) × 1 h, a razón de 7 m por vehículo en un carril (modelo determinista).

Factor K (hipótesis)	Punta del ramal	Todo por el principal: I/C y cola	Reparto 70/30: I/C principal	Carga del refuerzo
8 %	1.452 veh/h	0,95 · sin cola	0,73	436 veh/h
9 %	1.634 veh/h	1,04 · **≈590 m**	0,80	490 veh/h
10 %	1.815 veh/h	1,13 · **≈1.855 m**	0,86	545 veh/h

Con K = 9 % o más, la cola del principal supera los **620 m** de la salida 4A y alcanza la MA-21. Con el **30 %** del tráfico por el refuerzo, el I/C del principal queda en **0,86 o menos** y el refuerzo usa menos del **51 %** de su capacidad. Por eso los dos itinerarios se señalizan desde el primer día: el principal es el preferente y el refuerzo se activa con mensaje variable cuando la cámara de la salida 4A detecta cola.

6.1.3. Nivel de servicio en cada fase

Hora punta de 2028 con K = 9 % y reparto 70/30. El nivel de servicio (NdS) del ramal y del tronco se obtiene de la relación I/C (A ≤ 0,35; B ≤ 0,55; C ≤ 0,77; D ≤ 0,90; E ≤ 1,00); el de la glorieta y el del semáforo, de la demora media del HCM.

Fase y periodo	Elemento crítico	Demanda	I/C	Demora y NdS	Cola
T0 hasta el 18/04/2027	Ramal actual, 2 carriles (3.800 veh/h)	1.620 veh/h	0,43	**B**	Sin cola
T1-T5 día, 19/04/2027-24/02/2029	Tramo de 1 carril del itinerario principal	1.594 veh/h (1.144 del ramal + 450 del puerto)	0,80	**D**	Sin cola
T1-T5 día	Entrada oeste de la glorieta MA-22	1.144 veh/h	0,54-0,70	6-11 s · **A-B**	< 50 m
T1-T5 día	Cambio de sentido del refuerzo (ciclo de 90 s)	490 veh/h	0,45	≈ 27 s · **C**	1 ciclo
T3 noches L-J, 06/09/2027-06/04/2028	MA-20 con 1 carril abierto (1.500 veh/h)	≤ 1.275 veh/h (umbral)	≤ 0,85	**D** o mejor	Sin cola
T4 noches del 3-4 y 8-9/05/2028 (transporte) y del 3-4 y 7-8/08/2028 (izado)	MA-20 sin ocupación; R1 y R2 cerradas ≈10 min solo en las noches del transporte; ramal este cerrado de 00:30 a 04:30; desvío por el refuerzo (≈100-190 veh/h, hipótesis)	-	-	-	Sin cola en la MA-20

Sin el reparto, el tramo de un carril pasa a I/C 1,04 y NdS **F**, con la cola de ≈590 m de la tabla anterior. El refuerzo es, por tanto, parte del desvío y no una reserva.

Perfil horario nocturno de la MA-20 sentido Barcelona. Con un carril abierto en zona de obras la capacidad es de unos **1.500 veh/h** (hipótesis dentro del rango HCM de 1.400-1.600). El carril solo se cierra si el aforo de A6, cada 15 min, es de **1.275 veh/h o menos** (85 % de la capacidad). El perfil de día laborable que se usa hasta tener los aforos de A6 es este:

Hora	% de la IMD de un sentido (hipótesis)	Intensidad (81.600 veh/día)	I/C con 1 carril	NdS	Uso en la ocupación
22-23 h	2,6 %	2.122 veh/h	1,41	F	Solo preseñalización en el arcén desde las 22:30
23-24 h	1,7 %	1.387 veh/h	0,92	E	Cierre cuando A6 baja de 1.275 veh/h (hacia las 23:30)
00-01 h	1,1 %	898 veh/h	0,60	C	Trabajo
01-05 h	0,6-0,7 %	490-571 veh/h	0,33-0,38	A-B	Trabajo y maniobras con carga suspendida
05-06 h	1,2 %	979 veh/h	0,65	C	Repliegue desde las 05:15; calzada libre a las 05:30
06-07 h	3,2 %	2.611 veh/h	1,74	F	Ninguna ocupación

Dos lecturas seguidas de A6 por encima del umbral obligan a replegar. Por debajo del umbral, la cola del modelo determinista es nula.

Aforos propios previos al corte

La UTE realiza una campaña de aforo de **12 días continuos, del 08 al 19/03/2027**, antes de la Semana Santa y del corte. Se mide con cámaras de conteo y clasificación en seis puntos: **A1** ramal que se va a cortar, **A2** salida 4A, **A3** los cuatro accesos de la glorieta MA-22 con sus giros, **A4** la glorieta semaforizada de Av. Velázquez, con su plan de fases facilitado por el Ayuntamiento, **A5** el ramal de Av. Velázquez a la MA-20 y **A6** la MA-20 a 1 km aguas arriba de P2. Se pide a la Unidad de Carreteras la serie horaria de la estación MA-374-0. Con estos datos se sustituyen las hipótesis K, vc, g/C y el perfil horario, y se fijan el reparto y los umbrales. La medición se repite en las semanas **2 y 6** después del corte y en una noche de evento del Martín Carpena.

6.1.4. Desvíos de tráfico por fases

Fase y fechas	Ramal y desvíos	MA-20	MA-21, MA-22 y viario municipal	Vehículos de obra
T0 hasta el 18/04/2027	Abierto; aforos del 08 al 19/03	Sin afección	Preaviso con paneles y web desde el **04/04/2027**	Sin actividad
T1 implantación, 19-23/04/2027	Cierre con barrera TD-1 y señal TR-101; desvíos en servicio	Colocación de adhesivos en pórticos, de noche (L-J)	Paso de 2 carriles a 1 en la bifurcación; límite de 80 km/h	Furgones de señalización
T2 ZIA, demoliciones, tierras y pilotes, 24/04-24/12/2027	Desvíos estables	Tronco sin ocupación; protección de borde en el tablero; recalce de P2 desde el este sin ocupar el arcén	Sin cambios	Micropilotadora por la pista este (05-06/2027); **21-25 viajes/día** de tierras (16/07-31/08); cubas cada **15 min** en 6 hormigonados de pilotes
T3 trabajos junto a la MA-20, 06/09/2027-02/05/2028	Desvíos estables	Ocupaciones nocturnas L-J: franja de losa y apeos de P2 y P1	Sin cambios	Torres de apeo; entrada y salida de noche
T4 cajón, 03/05-28/08/2028	Desvíos estables; noches del transporte (3-4 y 8-9/05) y del izado (3-4 y 7-8/08), de 00:15 a 04:30, todo por el refuerzo	Sin ocupación de la MA-20	Dos convoyes nocturnos de ≈25 m en mayo con entrada por el ramal este; dos izados nocturnos en agosto	2 tramos de 38,0 y 34,7 t; 1 grúa de 250 t
T5 losa, acabados y apertura, 29/08/2028-24/02/2029	Retirada del desvío y apertura el **24/02/2029**	Sin ocupación	Retirada de adhesivos y marcas amarillas en las noches del 05 al 08/02/2029	Cubas de la losa (26/10/2028) y firmes (15-20/12/2028)

La lámina A2 desarrolla cada fase sobre ortofoto, con las zonas de señalización 1, 2 y 3, el cal-

CONFIDENCIAL

endario de restricciones y la sección tipo de la ocupación nocturna.

6.2. Situaciones que producen afecciones y medios para disminuirlas

6.2.1. Señalización del desvío y medios adicionales

El desvío se implanta según la Norma **8.3-IC**, el Manual de ejemplos de señalización de obras fijas y el Plan de Señalización, Balizamiento y Defensa del plan de seguridad: TP-18 de preaviso a **2 km y 1 km**, TR-301 de 80 km/h, dos TS-55, panel TB-4, balizas **TB-8 y TB-9**, TD-1 con TR-101 en la boca del ramal, TR-500, adhesivos "DESVÍO MA-20 Sevilla Granada" en los pórticos y carteles amarillos de orientación en las dos glorietas. Sobre esa base, la UTE aporta:

- **Brigada de vigilancia 24 h** con vehículo, en lugar de las 120 h de brigada previstas para toda la obra: ronda diurna y nocturna con parte fotográfico y **respuesta en 30 min o menos**.
- **Panel de mensaje variable móvil** en la MA-21 antes de la salida 4A durante las 4 primeras semanas, en noches de evento y cuando se active el refuerzo.
- **Camión con atenuador de impactos (TMA)** y flecha luminosa en cabeza de cada ocupación nocturna.
- **Barrera rígida portátil**, en lugar de elementos de plástico, en todo cierre de más de una noche junto a la MA-20.
- **Carril de salida de camiones** en la zona 2: el carril que alimentaba el ramal cortado, con TS-860 "¡Atención! salida de camiones", TR-1 y TP-17. Es la incorporación existente del ramal, sin accesos nuevos a la MA-20. La MA-20 conserva sus dos carriles y el ramal de Av. Velázquez sus dos carriles de entrada.

6.2.2. Ocupaciones ligadas a cada actividad del programa

Cada ocupación corresponde a una actividad del programa de trabajos, con su horario y su número de noches. En total son **16 noches** de ocupación parcial en 24 meses, **ninguna de día** y **ningún corte total** de la MA-20; ni el recalce de P2 ni el montaje del cajón la ocupan.

Actividad, fechas y noches	Ocupación y ventana	Señalización 8.3-IC y medios	Contingencia	Condición de reapertura
Implantación del desvío · 19-22/04/2027 · 4 noches	Boca del ramal (definitiva); pórticos y bifurcación de la MA-21, de noche L-J, 23:00-05:30	Zonas 1-3; adhesivos RA3; 2 equipos de señalización y TMA	Un pórtico sin adhesivo: cartel provisional de chapa esa misma noche	Recorrido de comprobación diurno y nocturno con acta y fotos, enviada al CGT y al Ayuntamiento
Demolición de la franja de losa del vano 3 · 06 y 07/09/2027 · 2 noches	Arcén y carril derecho de la MA-20 · 23:00-05:30	Cierre de carril derecho; TR-301 80→60; cuña de conos TB-6, TB-1 y TMA; corte con hilo	Pieza que no se libera: se asegura en posición, se repliega el cierre y se repite la noche siguiente	Calzada barrida, inspección visual del intradós y aviso al CGT antes de las 05:30
Recalce de P2 · 19/04-30/06/2027 · 0 noches	Acceso por el este desde el viario de Carretera de Cádiz; arcén y calzada de la MA-20 libres	Barrera de hormigón por fuera del arcén	-	Plataforma este ordenada; fibra de la DGT con continuidad comprobada
Apeos de P2 (25/01-07/03/2028) y P1 (08/03-06/04/2028) · 6 noches	Carril derecho de noche L-J: 2 noches para montar y 1 para retirar torres y protecciones en cada pila; gateo dentro de la barrera	Cierre de carril derecho; barrera rígida frente a las torres	Lectura de auscultación sobre umbral: parada con tablero en bloqueo mecánico; la calzada no se ve afectada	Torres protegidas; acta de gateo; carril libre antes de las 05:30
Transporte especial de los 2 tramos · 03-10/05/2028 · 2 noches (3-4 y 8-9/05) y 1 de reserva	MA-20 sin ocupación; R1 (00:20-00:30) y R2 (00:35-00:45) cerradas ≈ 10 min; ramal este cerrado de 00:30 a 04:30	Permisos de DGT, DGC y titular de las glorietas; Guardia Civil en cada glorieta	Corona no disponible: transbordo a SPMT antes de R1; avería: área de apartado del itinerario, nunca bajo el puente	Barrera repuesta a las 04:00; ramal abierto a las 04:30

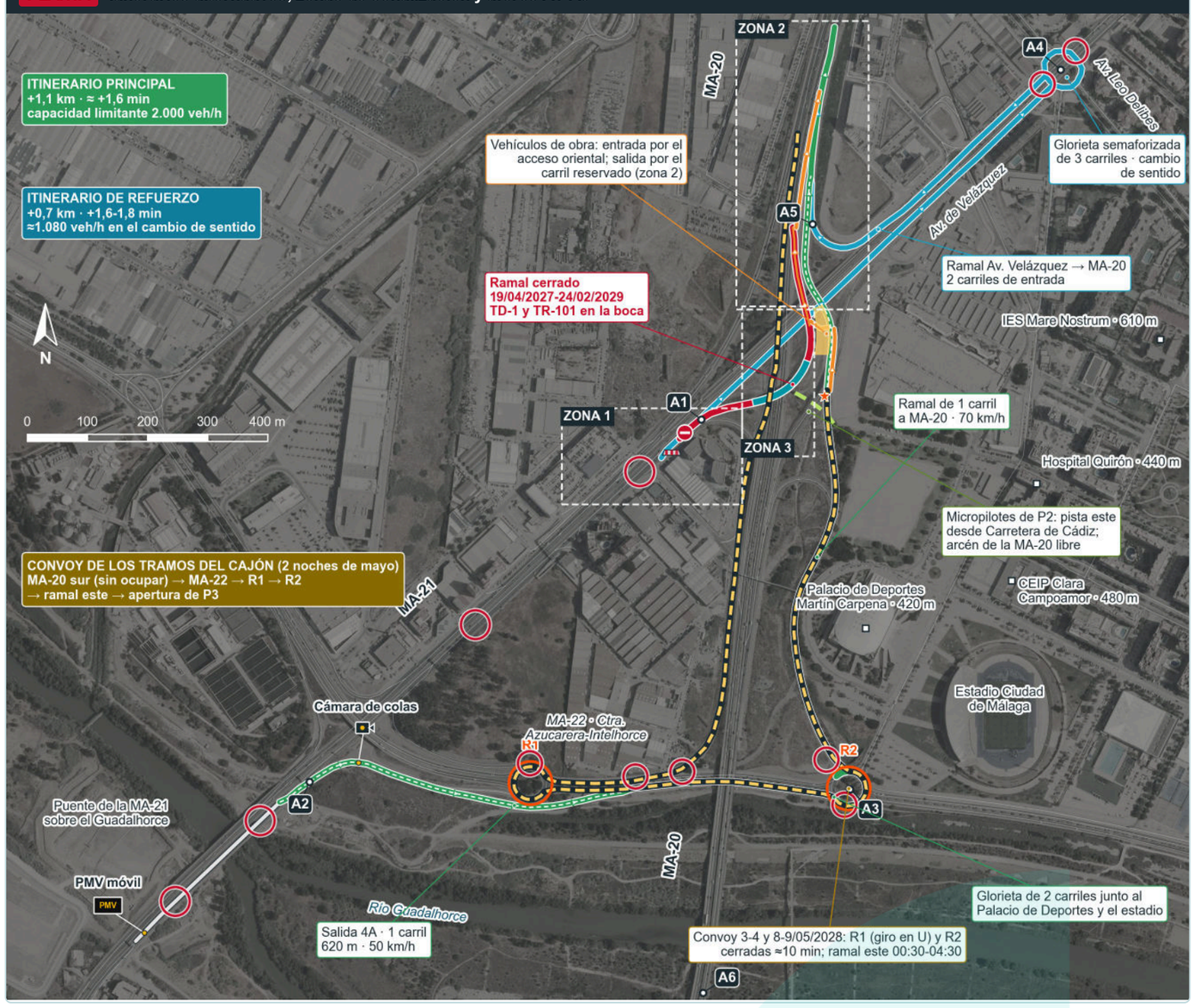
CONFIDENCIAL

L5 MOVILIDAD POR FASES Y SEÑALIZACIÓN DEL DESVÍO

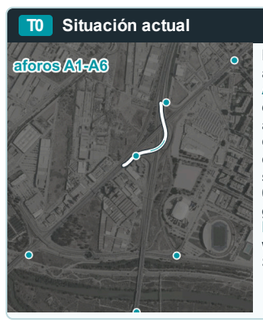
677 días ramal cerrado del 19/04/2027 al 24/02/2029	**+1,1 / +0,7 km** itinerario principal / de refuerzo	**16 noches** de ocupación de la MA-20 en 24 meses; ninguna de día	**23:00-05:30** ventana nocturna de lunes a jueves	**≤ 30 min** respuesta de la brigada de señalización, 24 h	**163.269 veh/día** IMD MA-20, PK 5,1-8,0 (2024), 2,75 % pesados	**16.186 veh/día** IMD del ramal (2019) · 18.150 en el mes punta de 2028	**R1 y R2: ≈10 min** cierre de cada glorieta al paso del convoy de ≈25 m (3-4 y 8-9/05); ramal este 00:30-04:30

PLANTA · Itinerarios alternativos, zonas de señalización y aforos A1-A6

ramal cerrado 19/04/2027 – 24/02/2029



T0 Situación actual — hasta 18/04/2027

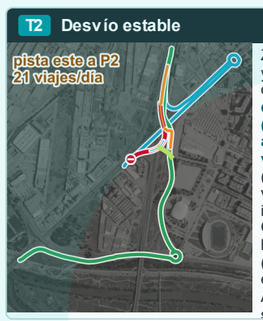


Ramal abierto; MA-20 sin afección. **Aforos propios A1-A6**: 12 días continuos, del 08 al 19/03/2027, antes de Semana Santa, con cámaras de conteo y clasificación; se piden la serie horaria de la MA-374-0 y el plan de fases de la glorieta de Av. Velázquez. **Preaviso** con paneles y web desde el 04/04/2027. Sin vehículos de obra.

T1 Implantación — 19-23/04/2027

Cierre del ramal con barrera TD-1 y señal TR-101; desvíos en servicio. MA-21: de 2 carriles a 1 en la bifurcación, límite de 80 km/h. Adhesivos RA3 en pórticos, de noche (L-J, 23:00-05:30), con 2 equipos de señalización y TMA. Recorrido de comprobación diurno y nocturno con acta y fotos al CGT y al Ayuntamiento.

T2 Desvío estable — 24/04-24/12/2027



ZIA, demoliciones, tierras y pilotes. Tronco sin ocupación; **micropilotes de P2 por la pista este (05-06/2027), sin tocar el arcén**. Tierras: **21 viajes/día**, 2-3 salidas/h (16/07-31/08/2027; 25 viajes/día en el banco inferior), 8:00-18:00. Cubas cada **15 min** en 6 hormigonados de pilotes (28/09-19/11/2027), en espera dentro de la obra. Aforos repetidos en las semanas 2 y 6 tras el

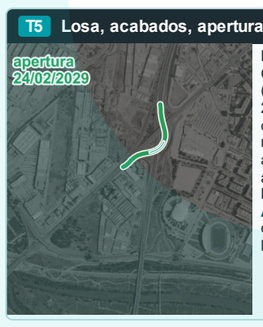
T3 Ocupaciones MA-20 — 06/09/2027-02/05/2028 (última o

Noches L-J: franja de losa del vano 3 (06 y 07/09/2027, 2 noches; ninguna el 8, festivo local) y apeos de **P2** (25/01-07/03/2028) y **P1** (08/03-06/04/2028), 6 noches, con barrera rígida frente a las torres. **El recalce de P2 ya no ocupa la MA-20**.

T4 Cajón: transporte e izado — 03/05-28/08/2028

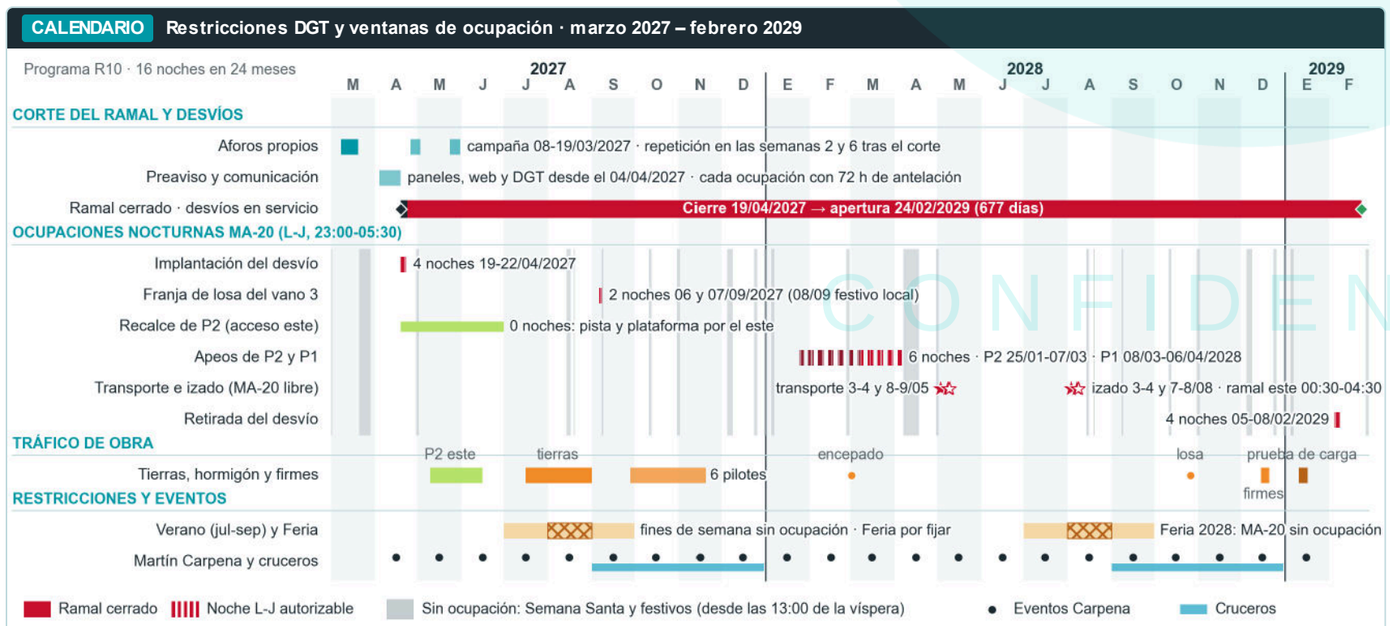
MA-20 sin ocupación. 2 convoyes de ≈25 m (tramos de ≈38 y ≈35 t) en las noches del 3 al 4 y del 8 al 9/05/2028 e izados con grúa de 250 t del 3 al 4 y del 7 al 8/08. **R1 y R2** cerradas ≈10 min; **ramal este cerrado 00:30-04:30**. Reservas: 9 al 10/05 y 8 al 9/08.

T5 Losa, acabados, apertura — 29/08/2028-24/02/2029



MA-20 sin ocupación. Cubas de la losa (26/10/2028) y firmes (15-20/12/2028); prueba de carga 11-16/01/2029 por el ramal cerrado. Retirada de adhesivos y marcas amarillas en las 4 noches L-J del 05 al 08/02/2029. **Apertura el 24/02/2029** con recorrido conjunto con la Dirección de Obra.

CALENDARIO · Restricciones DGT y ventanas de ocupación · marzo 2027 – febrero 2029



CAPACIDAD · Itinerarios alternativos y colas en la hora punta · HCM 6.ª ed.

mes punta de 2028 · 7 m/veh

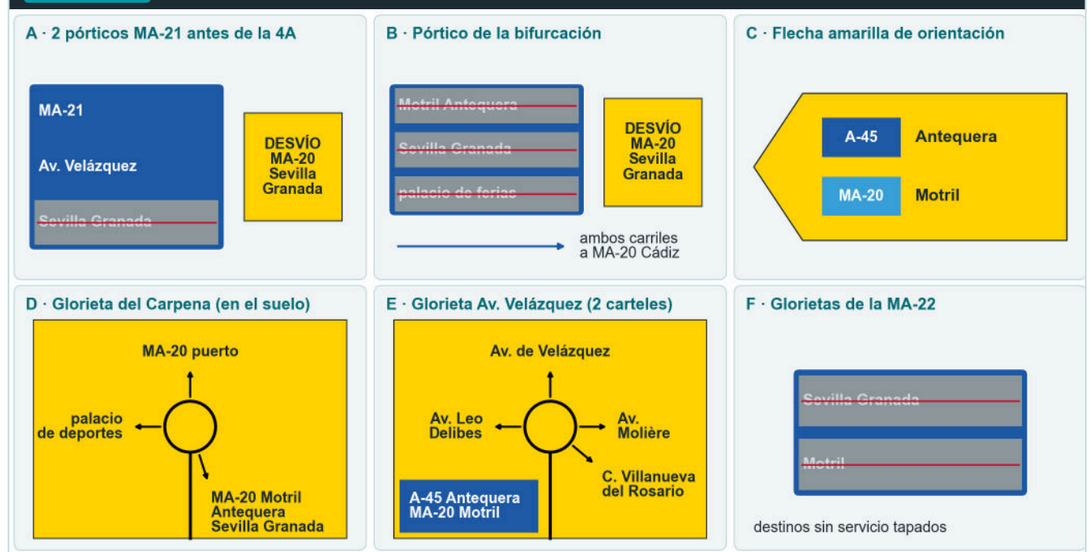
Elemento limitante	Carr.	Capacidad
Tramo de 1 carril de la salida 4A y ramal de la glorieta a la MA-20	1	**2.000 veh/h** (50-70 km/h)
Entrada oeste de la glorieta MA-22	2	**1.630-2.120 veh/h** con 300-600 veh/h circulantes
Cambio de sentido en la glorieta semaforizada	2 de 3	**≈1.080 veh/h** (g/C = 0,30)
Tiempo adicional en hora punta	—	principal **≈ +1,6 min**; refuerzo **+1,6 a +1,8 min**

K	Punta ramal	Todo por el principal	70/30	Refuerzo
8 %	1.452	0,95 · sin cola	0,73	436
9 %	1.634	1,04 · **≈590 m**	0,80	490
10 %	1.815	1,13 · **≈1.855 m**	0,86	545

veh/h; I/C del principal. Con el 30 % por el refuerzo, I/C ≤ 0,86 y el refuerzo usa < 51 % de su capacidad.

Vehículo detenido en los 620 m de un carril de la salida 4A: todo el ramal pasa al refuerzo (≈1.080 veh/h); con K = 9 % sobran ≈550 veh/h: cada 10 min de bloqueo suman ≈92 vehículos y ≈640 m de cola. Panel a «SALIDA 4A CORTADA · USE AV. VELÁZQUEZ» en ≤ 5 min, brigada en ≤ 30 min y grúa de auxilio antes de 45 min. **Accidentalidad MA-20, PK 5-6 (2016-2020):** 25 accidentes en sentido ascendente y 5 en el descendente, sin víctimas graves; por eso se escalona la velocidad y se protegen las colas de las ocupaciones.

CARTELERÍA · Orientación del desvío



Adhesivos amarillos **«DESVÍO MA-20 Sevilla Granada»** (81,1 m²) en dos pórticos de la MA-21 antes de la salida 4A y en el de la bifurcación; se tapan «Motril / Antequera / Sevilla / Granada» y «palacio de ferias». Carteles amarillos de glorieta en el suelo: uno en la del Carpena y dos en la de Av. Velázquez.

ZONA 1 · Bifurcación de la MA-21

MA-21 girada · escala gráfica

Los dos carriles de la derecha se reducen a uno, que sigue hacia la MA-20 sentido Cádiz: **2 TS-55**, continua retrasada y triángulo cebreado. **TP-18 + TR-301-80** en tres puntos y TP-18 de preaviso a 2 y 1 km; señales de 120 tapadas en amarillo a 80. **TB-4** en la divergencia, **TB-8** en el borde derecho y **TB-9** en el izquierdo. **TD-1 + TR-101** en la boca del ramal cortado y **TR-500** en la salida a Cádiz y en el tronco. Marcas amarillas durante toda la obra.

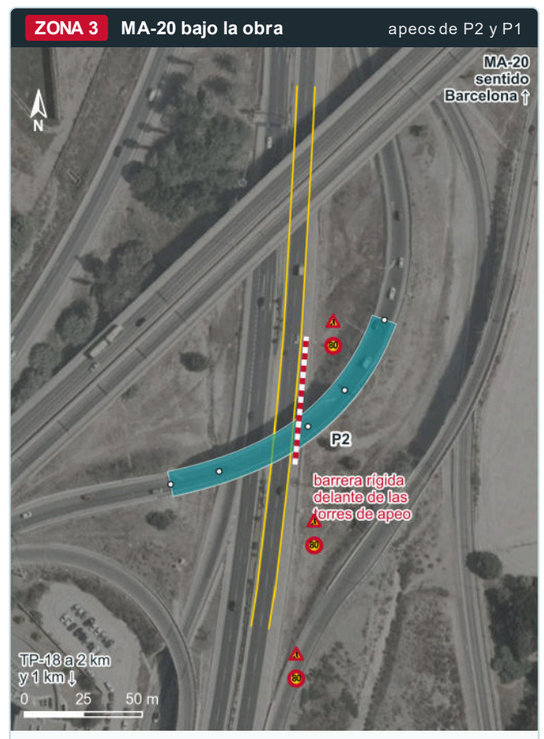
ZONA 2 · MA-20 al norte

carril de camiones

Se conservan **2 carriles de tronco**; el tercero, que alimentaba el ramal, se reserva a la **salida de camiones** con líneas amarillas, **TS-860** «¡Atención! salida de camiones» en dos puntos, **TR-1** y **2 TP-17**; TP-18 + TR-301-80. El ramal de Av. Velázquez mantiene sus 2 carriles; se elimina el cebreado. TD-1 + TR-101 de cierre y TR-500.

ZONA 3 · MA-20 bajo la obra

apeos de P2 y P1



TP-18 + TR-301-80 en tres secciones y TP-18 de preaviso a 2 y 1 km; señales de 120 tapadas a 80; líneas amarillas en los **2 carriles**. **Barrera rígida delante de las torres de apeo** de P2 y P1 mientras están montadas; el recalce de P2 se hace desde el este, sin ocupar el arcén. **Barrera rígida portátil** en todo cierre de más de una noche; **TMA** con flecha en cabeza de cada ocupación.

INCIDENCIAS · Gestión de incidencias y protocolo de coordinación

brigada 24 h · cámara 4A · PMV

Incidencia	Detección	Respuesta y tiempos	Cierre
Vehículo detenido en los 620 m de un carril de la salida 4A	Cámara de colas; teléfono 24 h	Panel a «USE AV. VELÁZQUEZ» en **≤ 5 min**; brigada en **≤ 30 min** protege la cola; grúa de auxilio en **≤ 45 min**	Carril libre y panel en mensaje normal
Accidente en el principal, el refuerzo o la MA-20 junto a la obra	112, CGT o brigada	Aviso a 112 y CGT; con ocupación activa, repliegue en **≤ 20 min** para dejar paso a emergencias; brigada en ≤ 30 min	Parte con fotos y fin de la actuación de emergencias
Cola en la salida 4A que alcanza la MA-21 (> 620 m)	Cámara de colas	Panel que envía todo el ramal al refuerzo; Policía Local en la glorieta semaforizada; ninguna ocupación esa noche	Dos lecturas seguidas por debajo de 300 m
Señal o baliza desplazada o dañada	Rondas diurna y nocturna; aviso de usuarios	Reposición en **≤ 30 min**; si no se repone en la ronda, cartel provisional esa noche	Foto del elemento repuesto
Lluvia intensa, niebla o viento sobre el límite	AEMET y anemómetro de la obra	Ninguna ocupación nueva; la ocupación en curso se repliega en orden inverso	Calzada libre y aviso al CGT

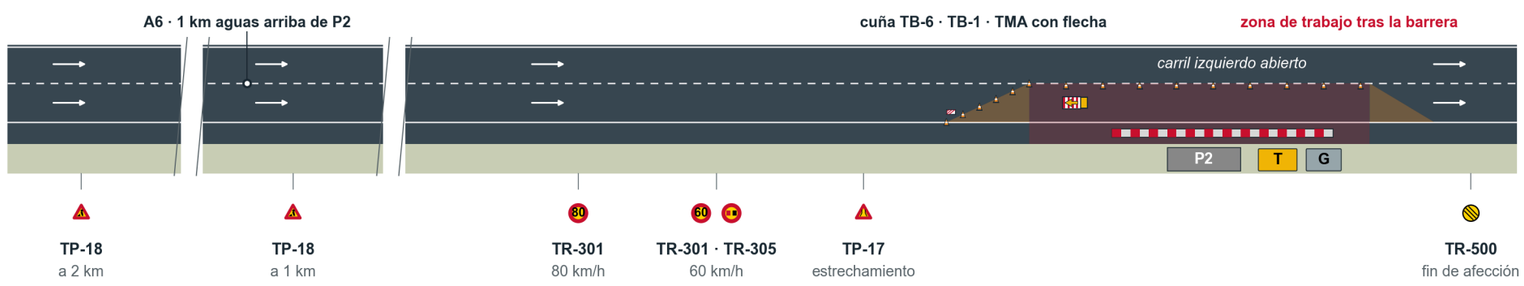
Indicadores: cola de más de **300 m** en la salida 4A: panel que recomienda el refuerzo; más de **500 m**: regulación de la Policía Local y ajuste de fases de la glorieta semaforizada. Informe mensual de movilidad a la Dirección de Obra con aforos, colas, incidencias y reclamaciones (respuesta en ≤ 48 h).
Coordinación de cada ocupación nocturna: propuesta con plano al CGT 7 días antes; alta en TRAZA y aviso a agentes 72 h antes; confirmación de equipos, TMA y viento 24 h antes; llamadas al CGT a las 23:00 y a las 05:30; parte al día siguiente.

CONVOY · Noches de transporte: itinerario y cierres

3-4 y 8-9/05/2028 · reserva 9-10/05 (izado 3-4 y 7-8/08)

Hora	Operación
23:45	Convoy de ≈25 m sale del apartadero por la MA-20 sentido sur, sin ocuparla (piloto delante y detrás)
00:15	Salida a la MA-22; **R1** (giro en U, cierre 00:20-00:30) y **R2** (cierre 00:35-00:45); la envolvente de 10,4 m cabe en la corona
00:30-04:30	**Ramal este cerrado** y barrera provisional abierta; el tráfico del ramal (≈100-190 veh/h, hipótesis) pasa a la ruta de refuerzo
01:00-04:00	Descarga con la suspensión hidráulica sobre las cunas de la plataforma oriental; el 3-4 y 7-8/08 el tramo se lleva en SPMT a la grúa de 250 t (ramal cerrado igual 00:30-04:30)
04:00-04:30	Salida del vehículo vacío por la puerta norte hacia la MA-20 sentido norte; barrera repuesta; ramal abierto a las 04:30

SECCIÓN TIPO · Ocupación nocturna de la MA-20 sentido Barcelona (apeos de P2 y P1, franja de losa) · Norma 8.3-IC



Horario L-J — **22:30 preseñal. · 23:00 cierre** — **05:15 control · 05:30 libre**

22h 00h 02h 04h 06h

49 señales triangulares 135 cm	**42** señales circulares Ø90	**5 + 3** cuadradas y rectangulares	**2** paneles direccionales	**12 + 3,6 m²** cartel y cartel flecha
81,1 m² adhesivos amarillos	**116 + 24** balizas TB-8 y TB-9	**35 m** barrera de hormigón	**7.120,5 m** marca vial amarilla	**24 h** brigada de vigilancia

Umbral de cierre: aforo A6 ≤ 1.275 veh/h (85 % de ≈1.500 veh/h con un carril, hipótesis; 1,56 % de la IMD de un sentido). Lectura cada 15 min; dos lecturas seguidas sobre el umbral obligan a replegar.

Reapertura: calzada libre y barrida, señalización retirada en orden inverso, inspección del tablero y aviso al CGT y a conservación. Si a las 05:15 falta alguna condición, se repliega para liberar a las 05:30.

LEYENDA — Ramal cortado · Itinerario alternativo principal · Itinerario alternativo de refuerzo · Vehículos de obra · Tramo de 1 carril · Zona de señalización 1-3 · Señal modificada · A1 Aforo A1-A6 · Obra · ZIA · Convoy · R1 y R2

TP-18 obras · TR-301 velocidad máxima · TR-305 no adelantar · TP-17 estrechamiento · TS-55 reducción de carril · TS-860 salida de camiones · TR-1 ceda el paso · TR-101 entrada prohibida · TR-500 fin de prohibición

TB-4 panel doble · TB-8 · TB-9 balizas · TB-6 cono · TB-1 panel direccional · TD-1 barrera · TMA camión con atenuador · Panel de mensaje variable · Cámara de colas

CONFIDENCIAL

Actividad, fechas y noches	Ocupación y ventana	Señalización 8.3-IC y medios	Contingencia	Condición de reapertura
Montaje del cajón · noches del 3-4 y 7-8/08/2028 · 2 noches y 1 de reserva	MA-20 sin ocupación; ramal este cerrado de 00:30 a 04:30 por precaución	Área de exclusión balizada en la plataforma interior	Racha sobre el límite: noche de reserva del 8 al 9/08	Ramal abierto a las 04:30
Hormigonados continuos · 6 pilotes (28/09-19/11/2027), encepado (01/03/2028) y losa (26/10/2028)	Sin ocupación	Cubas cada 15 min; 2 en espera y 1 descargando dentro de la obra	Retraso de cuba de más de 30 min: reserva de producción de la central	Ninguna cuba espera en vía pública
Retirada del desvío · 05-08/02/2029 · 4 noches	Noches L-J para retirar adhesivos y marcas amarillas	Señalización definitiva antes de retirar la provisional	Elemento definitivo no conforme: se mantiene la provisional	Apertura el **24/02/2029** con recorrido conjunto con la Dirección de Obra

Noches del transporte especial (miércoles 3 a jueves 4 y lunes 8 a martes 9/05/2028; reserva, martes 9 a miércoles 10). La MA-20 y la MA-21 no se cierran: el convoy de ≈25 m va por un carril de la MA-20 sentido sur a velocidad reducida, con vehículos piloto. Las glorietas oeste (R1, 00:20-00:30) y este (R2, 00:35-00:45) de la MA-22 se cierran unos 10 min cada una a su paso, sin ocupar la isleta, con desvío de la Guardia Civil, y el ramal a nivel del este se cierra de 00:30 a 04:30. Como ambos forman parte del itinerario principal, de 00:15 a 04:30 el panel envía el tráfico del ramal (≈100-190 veh/h, hipótesis) al refuerzo por la Av. de Velázquez.

Condiciones de reapertura de cualquier ocupación de la MA-20

Calzada libre de elementos y barrida; señalización provisional retirada en orden inverso al de su colocación; inspección visual del tablero sobre la calzada; comunicación de fin al CGT y al centro de conservación. Si a las **05:15** no se cumple alguna condición, se interrumpe la tarea y la ocupación se repliega para dejar la calzada libre a las **05:30**.

6.3. Afección de la maquinaria a la red viaria

Los vehículos de la obra entran por el acceso oriental de la zona de instalaciones y salen a la MA-20 por el carril reservado de la zona 2. No circulan por calles residenciales ni por el tablero existente, y no se corta ningún camino agrícola ni vía de servicio.

Flujo	Periodo	Volumen	Ruta y horario	Medida
Tierras del terraplén del E2 existente	16/07-31/08/2027	**21 viajes/día** (25 del 10 al 31/08), 2-3 salidas/h	Salida por el carril reservado a la MA-20 hasta la planta de valorización (≈8,4 km, ≈10 min); 8:00-18:00, sin salidas en las horas punta que fije el aforo ni los viernes de operación especial desde las 15:00	Lona, lavarruedas y velocidad interior de 20 km/h
Hormigón	6 pilotes, encepado y losa	Cuba cada **15 min**; 5 en ciclo y 1 de reserva	Acceso oriental a la ZIA; llegada cada 15 min	La planta no expide sin confirmación del encargado
Lodos y detritos	16/09-01/12/2027	3 contenedores estancos en rotación y cisternas	Gestor autorizado; horario diurno	Contenedor estanco; ningún vertido a la red de drenaje
Mezclas bituminosas	15-20/12/2028	3 bañeras en ciclo de 90 min	Acceso oriental a la ZIA	Dentro del ramal cerrado
Transporte especial	Noches del 3-4 y 8-9/05/2028	2 convoyes de ≈25 m	MA-20 sur, MA-22, R1 y R2; noches de miércoles y lunes; salida vacía por la puerta norte	Autorización DGT y vehículos piloto
Prueba de carga	11-16/01/2029	8 camiones pesados	Por el ramal cerrado	Sin afección a la MA-20

SOBRE ELECTRÓNICO 2 · DOCUMENTACIÓN TÉCNICA · CRITERIOS VALORABLES MEDIANTE JUICIO DE VALOR

6.4. Restricciones de la DGT y situaciones de alta intensidad

La UTE aplica la **resolución anual de la DGT de medidas especiales de regulación de tráfico** (las de 2027-2029; en la de 2026, anexos V y VI): sin obras que afecten a la plataforma en fines de semana ni en operaciones especiales desde las 13:00 de la víspera; transportes especiales fuera de domingos y festivos (8:00-24:00) y vísperas de festivo nacional (16:00-24:00); autorizaciones excepcionales por TRAZA a través del CGT Sureste (Málaga). El calendario de la lámina A2 se revisa con cada resolución:

Periodo sin ocupación	Fechas	Actividad del programa que coincide	Medida
Fines de semana y festivos nacionales y autonómicos	Todo el plazo, desde las 13:00 de la víspera	Todas las ocupaciones	Solo noches de lunes a jueves; ninguna noche de viernes a domingo
Semana Santa	21-28/03/2027 y 09-16/04/2028	Aforos (08-19/03/2027) y corte (19/04/2027); apeo de P1, que termina el 06/04/2028	Aforos y corte fuera de la Semana Santa; ninguna ocupación del 07/04/2028 a las 13:00 al 17/04/2028
Operaciones salida y retorno de verano	Julio-agosto de 2027 y 2028	Tierras del E2 existente (16/07-31/08/2027); izados (3-4 y 7-8/08/2028)	Sin salidas de camiones los viernes de operación desde las 15:00; izados en noches de jueves y lunes, fuera de los fines de semana de operación, sin ocupar la MA-20
Feria de Málaga	Semana del 15 de agosto (fechas del Ayuntamiento)	Soldadura de la junta del cajón (11-21/08/2028, festivo el 15/08)	Ninguna ocupación de la MA-20; el izado y su noche de reserva (8-9/08) quedan antes de la Feria; refuerzo del desvío hacia el recinto ferial
Festivos locales (19/08 y 08/09)	2027 y 2028	Ninguna (calendario del programa)	Franja de losa las noches del 6 y 7/09/2027 con el aforo A6 bajo el umbral; ninguna ocupación la noche del 8 al 9
Navidad y Reyes	22/12-07/01	Firmes (15-20/12/2028)	Dentro del ramal cerrado
Vísperas de festivo nacional	Todo el plazo	Transporte especial (3-4 y 8-9/05/2028)	Convoyes en noches de miércoles y lunes, fuera de vísperas de festivo
Puentes de mayo, Todos los Santos y Constitución	Según calendario	Transporte especial (03-10/05/2028)	Convoyes después del 1 de mayo y fuera de vísperas de festivo
Eventos del Martín Carpena (420 m) y del estadio	Calendario mensual de los gestores	Todas las fases	Panel que recomienda el refuerzo de 2 h antes a 1 h después del evento; ninguna ocupación esa noche
Puerto (≈ 330 escalas en 2025) y aeropuerto	Todo el plazo	Todas las fases	Refuerzo activo los días de escala de gran buque; aviso a Aena, a la terminal de cruceros y a los alquiladores de vehículos

CONFIDENCIAL

6.5. Ruido, polvo, barro, limpieza e integración visual

Ruido. Horario de 8:00 a 22:00 (ordenanza); trabajos nocturnos con autorización municipal por fases. Los receptores sensibles son el Hospital Quirón a **440 m**, el CEIP Clara Campoamor a **480 m** y el IES Mare Nostrum a **610 m**. Objetivo nocturno: **50 dBA**; un equipo de 90 dBA a 5 m daría 51,1 dBA en el hospital, así que **de noche solo se usan equipos de 85 dBA a 5 m o menos** (46,1, 45,4 y 43,3 dBA en los tres receptores). Además, en esas noches: corte con hilo en lugar de martillo, grupos electrógenos insonorizados, alarmas de marcha atrás de banda ancha, equipos ruidosos en el lado oeste y **sonómetro en continuo** junto al hospital, con informe semanal.

Polvo y visibilidad. Cisterna de riego en pistas y acopios **tres veces al día** en época seca, carga de camiones con lona y paro de las demoliciones en seco con viento de terral. La hidrodemolición sobre la MA-20 (06/09-24/11/2027) trabaja con bandejas estancas y pantallas; si el

agua pulverizada o el polvo llegan a la calzada, se para la bomba.

Barro y limpieza. Lavarruedas automático con agua recirculada y **barredora-aspiradora** diaria y **cada 2 h** en las campañas de tierras y pilotes; ninguna huella de barro visible a más de 50 m de la salida.

Aspecto	Control	Umbral	Respuesta
Ruido nocturno	Sonómetro en continuo junto al Hospital Quirón, LAeq en periodos de 15 min; nivel de fondo medido en una noche sin obra de cada fase	**50 dBA** o **+3 dBA** sobre el fondo con la obra activa	Se para el equipo más ruidoso y se sustituye o se aplaza la tarea; aviso a Medio Ambiente del Ayuntamiento si se repite dos noches
Ruido diurno	Mismo sonómetro; parte semanal	Ordenanza municipal	Revisión de equipos y horarios
Polvo	Inspección visual cada 2 h y anemómetro de la obra	Polvo visible fuera del vallado o sobre la calzada; viento de terral sostenido	Riego inmediato; con terral se paran demoliciones en seco y cargas de tierras
Barro	Ronda en la salida y en 50 m de la MA-20 y del vial de acceso	Una huella visible a más de 50 m	Barredora en 1 h o menos; revisión del lavarruedas

Integración visual. Vallado opaco de 2 m con lona informativa, LED apantallado hacia abajo (aeropuerto y paraje del Guadalhorce), orden diario de acopios y **3.288 m²** de hidrosiembra final.

6.6. Gestión de incidencias y accidentes en los desvíos

Sistema de gestión de la seguridad vial. La UTE aplica a los desvíos y ocupaciones el sistema de gestión de la seguridad vial de CONF. **SERVICIOS, S.A.U.**, certificado por AUDELCO conforme a **ISO 39001:2012** (nº **GSV-009-03/2022**), con alcance en la conservación y gestión de infraestructuras viarias y la construcción de viales. Colas, respuesta de la brigada, incidentes, invasiones de la zona balizada y reclamaciones son sus indicadores de o, con revisión mensual. Las ocupaciones usan los medios de CONF. del apartado 5 (XPERicone, EASY CONE, SAMIC, GUARDIAN y absorbedor de impactos).

CONFIDENCIAL

ISO 39001 · CONF.

Brigada 24 h, cámara de la salida 4A y panel variable forman un único dispositivo. Cada incidencia se comunica al CGT y al centro de conservación y se registra en ECO con hora de aviso, llegada y resolución.

Incidencia	Detección	Respuesta y tiempos	Cierre
Vehículo detenido en los 620 m de un carril de la salida 4A	Cámara de colas; llamada al teléfono 24 h	Panel a "SALIDA 4A CORTADA · USE AV. VELÁZQUEZ" en ≤ 5 min; brigada en ≤ 30 min protege la cola; grúa de auxilio en ≤ 45 min. Sin retirarlo, cada 10 min suman ≈ 640 m de cola	Carril libre y panel en mensaje normal
Accidente en el itinerario principal, en el refuerzo o en la MA-20 junto a la obra	112, CGT o brigada	Aviso a 112 y CGT; la brigada protege con TMA y señalización 8.3-IC y abre paso por el acceso de obra; ocupación activa replegada en ≤ 20 min; panel al otro itinerario	Parte con fotos y fin de la actuación de emergencias
Cola en la salida 4A que alcanza la MA-21 (> 620 m)	Cámara de colas	Panel que envía todo el ramal al refuerzo; petición de Policía Local en la glorieta semaforizada; ninguna ocupación esa noche	Dos lecturas seguidas por debajo de 300 m
Petición del CGT de liberar la calzada	Llamada del CGT	Retirada de la ocupación en orden inverso en ≤ 20 min, aunque la tarea quede a medias en posición segura	Aviso al CGT con la hora de calzada libre
Señal o baliza desplazada o dañada en el desvío	Rondas diurna y nocturna; aviso de usuarios	Reposición en ≤ 30 min; un elemento que no se repone en la ronda se sustituye con cartel provisional esa noche	Foto del elemento repuesto
Lluvia intensa, niebla o viento sobre el límite	Previsión AEMET y anemómetro de la obra	Ninguna ocupación nueva; la ocupación en curso se repliega en orden inverso	Calzada libre y aviso al CGT

CONFIDENCIAL

6.7. Impacto para cada tipo de usuario

Usuario y situación	Vehículos afectados	Recorrido adicional	Tiempo adicional	Duración
Ramal cerrado, de día	16.843-17.012 veh/día, ≈ 370 pesados	+1,1 km; refuerzo +0,7 km	≈ +1,6 min; +1,6 a +1,8 min	677 días
Ramal cerrado, de 22:00 a 06:00	≈ 1.550 veh (9,2 % de la IMD)	Igual	≈ +1,3 min, sin demora en glorietas	677 días
MA-20 con un carril, sentido Barcelona	≈ 4.200 veh entre las 23:30 y las 05:30	Ninguno	≈ 15 s (80 → 60 km/h en 1 km, hipótesis); sin cola bajo el umbral de A6	16 noches

- **Pesados y transportes especiales.** Giro del articulado de 16,5 m (Directiva 96/53/CE) sobre la geometría real: en el principal (R ≈ 20 m) el barrido de ≈ 3 m queda dentro del carril; en el refuerzo (R ≈ 15 m) exige ≈ 4,5 m y se señaliza como no recomendado para camiones.
- **Emergencias.** Con cola en la salida 4A la brigada avisa al 112 de que el refuerzo es la ruta rápida; ninguna ocupación cierra los dos carriles de la MA-20.
- **Motoristas, peatones, ciclistas y transporte público.** Marcas amarillas antideslizantes, sin chapas y glorietas barridas; Av. de Velázquez mantiene pasos de peatones y carril bici, y el refuerzo no se activa a la entrada y salida del CEIP Clara Campoamor y del IES Mare Nostrum salvo incidencia; aviso con 30 días al Consorcio de Transporte Metropolitano y a la EMT.
- **Eventos en el Martín Carpena.** La entrada y salida del público usa la glorieta del itinerario principal: panel que recomienda el refuerzo de 2 h antes a 1 h después, sin salidas de camiones en esas franjas y brigada en la salida 4A.
- **Escalas de cruceros.** Cada 100 veh/h del puerto suben 0,05 el I/C del tramo de un carril; por encima de 0,85 se pasa al reparto 60/40.

6.8. Información a los usuarios y coordinación

A 30 días del corte, reunión de arranque con Ayuntamiento, CGT, Demarcación, centro de conservación, Aena, Autoridad Portuaria, Martín Carpena, Hospital Quirón, bomberos y 112. A 15 días: paneles de mensaje variable de la DGT, nota de prensa, web, redes y alta del corte en el Punto de Acceso Nacional de la DGT para los navegadores. Nueva nota de prensa 7 días antes del izado y en la apertura.

Plazo	Comunicación de cada ocupación nocturna	Con quién
Mes anterior	Calendario cruzado con eventos, cruceros y restricciones DGT	Dirección de Obra, CGT y Ayuntamiento
7 días	Propuesta con plano de señalización, horario, equipos y responsable de la noche	CGT y Dirección de Obra
72 h	Alta en TRAZA, web y redes; aviso a Policía Local, Autoridad Portuaria, 112 y gestores de eventos	Usuarios y agentes
24 h	Confirmación de equipos, TMA y previsión de viento; con un evento no previsto la noche se aplaza	CGT y Policía Local
23:00 y 05:30	Llamada al CGT al cerrar y al reabrir, con aforo de A6; hora real por XPERicone	CGT y centro de conservación
Día siguiente	Parte con horas reales, aforos, incidencias y fotos	Dirección de Obra

- **Panel informativo** en la obra con plazo, mapa de itinerarios, código QR y teléfono 24 h.
- **Web y redes**: calendario semanal de ocupaciones y buzón con **respuesta en 48 h o menos**.
- **Aeropuerto, puerto y emergencias**: folleto y QR en español e inglés en alquiladoras y terminal de cruceros; plano del desvío y accesos al 112, bomberos y Policía Local.

6.8.1. Seguimiento de reclamaciones y de la percepción de los usuarios

Cada reclamación se cierra con la medida aplicada; tres quejas por la misma causa en un mes obligan a revisarla.

CONFIDENCIAL

Canal	Qué se mide	Frecuencia	Uso
Buzón web y teléfono 24 h	Quejas por causa y tiempo de respuesta	Continuo; resumen mensual	Respuesta en 48 h o menos; causas repetidas al plan a 6 semanas
Encuesta por QR	Claridad de la señalización y tiempo percibido en el desvío	Semanas 2 y 6; después, trimestral	Ajuste de carteles y mensajes
Vehículo flotante en los dos itinerarios	Tiempo real frente a los +1,6 y +1,8 min estimados	Semanas 2 y 6, y una hora punta al mes	Cambio del reparto 70/30 si el tiempo real supera en 1 min el estimado

Indicadores y reacción

Cola en la salida 4A de más de **300 m**: se activa el panel que recomienda el refuerzo. Cola de más de **500 m**: se pide la regulación de la Policía Local y el ajuste de fases de la glorieta semaforizada. Brigada en **≤ 30 min**; calzada de la MA-20 libre a las **05:30**; **0 ocupaciones diurnas**; informe mensual de movilidad con aforos, colas, incidencias y reclamaciones.

6.8.2. Cuadro de compromisos verificables

La Dirección de Obra comprueba cada compromiso con un registro que ya genera la obra.

Compromiso con los usuarios	Valor	Registro que lo demuestra	Si no se cumple
Ocupaciones de la MA-20	Solo de noche, lunes a jueves, 23:00-05:30, y calzada abierta a las 05:30; 0 diurnas	XPERicone: hora real de cierre y apertura enviada al CGT	Informe en 24 h; la noche siguiente se reduce el tajo
Respuesta a incidencias del desvío	Brigada en ≤ 30 min	ECO: lugar y hora de aviso y de llegada	Segunda brigada en las campañas siguientes
Colas en la salida 4A	Panel con refuerzo si > 300 m; Policía Local si > 500 m	Cámara de colas y aforos en web	Revisión del reparto entre itinerarios
Convoyes del transporte especial	Glorietas de la MA-22 cerradas ≈ 10 min cada una (R1 00:20-00:30; R2 00:35-00:45)	Hora de paso registrada por los vehículos piloto	Paso aplazado a la noche de reserva
Ruido nocturno en el Hospital Quirón	≤ 50 dBA o ≤ +3 dBA sobre el fondo	Sonómetro en continuo, LAeq 15 min	Parada del equipo más ruidoso
Barro en la red	Ninguna huella a más de 50 m de la salida	Ronda con fotografía	Barredora en ≤ 1 h
Reclamaciones	Respuesta en ≤ 48 h; tres quejas por la misma causa obligan a revisarla	Buzón web y teléfono 24 h	Medida incluida en el plan a 6 semanas
Información previa	Calendario semanal de ocupaciones en web; preaviso TP-18 a 2 km y 1 km	Web y parte de señalización	Corrección antes de la ocupación siguiente

CONFIDENCIAL

6.8.3. Ajuste del dispositivo con los aforos propios

Cada decisión queda fijada de antemano y se comunica a la Dirección de Obra y al CGT antes del 04/04/2027.

Dato medido	Hipótesis actual	Si el aforo es mayor	Si el aforo es menor
Punta horaria del ramal (A1)	K = 9 % (1.634 veh/h)	Reparto 60/40 desde el primer día y panel en la MA-21 permanente	Reparto 70/30; panel solo en eventos e incidencias
Ciclo y verde de la glorieta semaforizada (A4)	g/C = 0,30, ciclo 90 s	Propuesta de plan de fases al Ayuntamiento antes del corte	Más carga al refuerzo si la cola de la salida 4A lo exige
Perfil nocturno de la MA-20 (A6)	1.387 veh/h a las 23 h	Cierre más tarde, sin pasar de las 05:30 de reapertura; noche más si hace falta	Cierre a las 23:00
Cola en la salida 4A (cámara de colas)	Sin cola con el reparto 70/30	Panel de la MA-21 hacia el refuerzo en punta y brigada en la glorieta	Sin cambio