

Informe de radiografías y análisis por elementos finitos del empalme

Cliente xyz | Correa ST2800 | Ancho de 1.828 mm | 105 cables por extremo

Preparado por Andrew I. Hustrulid, PhD, PE

Resumen de resultados

Esta evaluación compara la disposición según construcción interpretada de la radiografía del empalme del Cliente xyz con una referencia según diseño generada en SteelCordSplice, mediante análisis bidimensional por elementos finitos (FEA). La referencia según diseño tiene ambos cables exteriores orientados en el sentido de avance confirmado de la correa.

La máxima tensión muestreada en los cables es 1,84 veces la carga uniforme según construcción, frente a 1,44 según diseño: un aumento de 27,5%. El centro de tensión calculado según construcción está 62,7 mm a la izquierda del centro de la correa. El esfuerzo cortante p95 en el caucho supera en 10,2% al caso según diseño; el p99 es 19,1% mayor.

Las estimaciones radiográficas indican un sesgo de 19,4° respecto de la dirección transversal, escalones de aproximadamente 640 y 620 mm y una separación mediana de 53 mm entre puntas de cables cortos opuestos.

Resultados calculados con una carga común

Magnitud	Según diseño	Según construcción separación ajustada
Máxima tensión muestreada / carga uniforme	1,44 veces	1,84 veces*
Esfuerzo cortante p95 en el caucho	0,001178 MPa	0,001299 MPa
Esfuerzo cortante p99 en el caucho	0,001455 MPa	0,001733 MPa
Centro de tensión en la sección media	2,9 mm a la izquierda	62,7 mm a la izquierda

* El máximo de 1,84 ocurre en el cable B104. Todos los resultados corresponden a una tensión total de 1 kN; son resultados del modelo, no cargas operacionales medidas.

Base de la evaluación

Según diseño se refiere a la disposición de referencia esperada, no a un plano aprobado por el fabricante. Según construcción se refiere al modelo radiográfico, incluidas las trayectorias inferidas y los ajustes locales de separación. Ambos usan un diámetro provisional de 7,6 mm y una escala de imagen supuesta. La comparación no determina la resistencia ni la vida remanente del empalme, ni mide el desalineamiento de la correa.

Radiografía del empalme

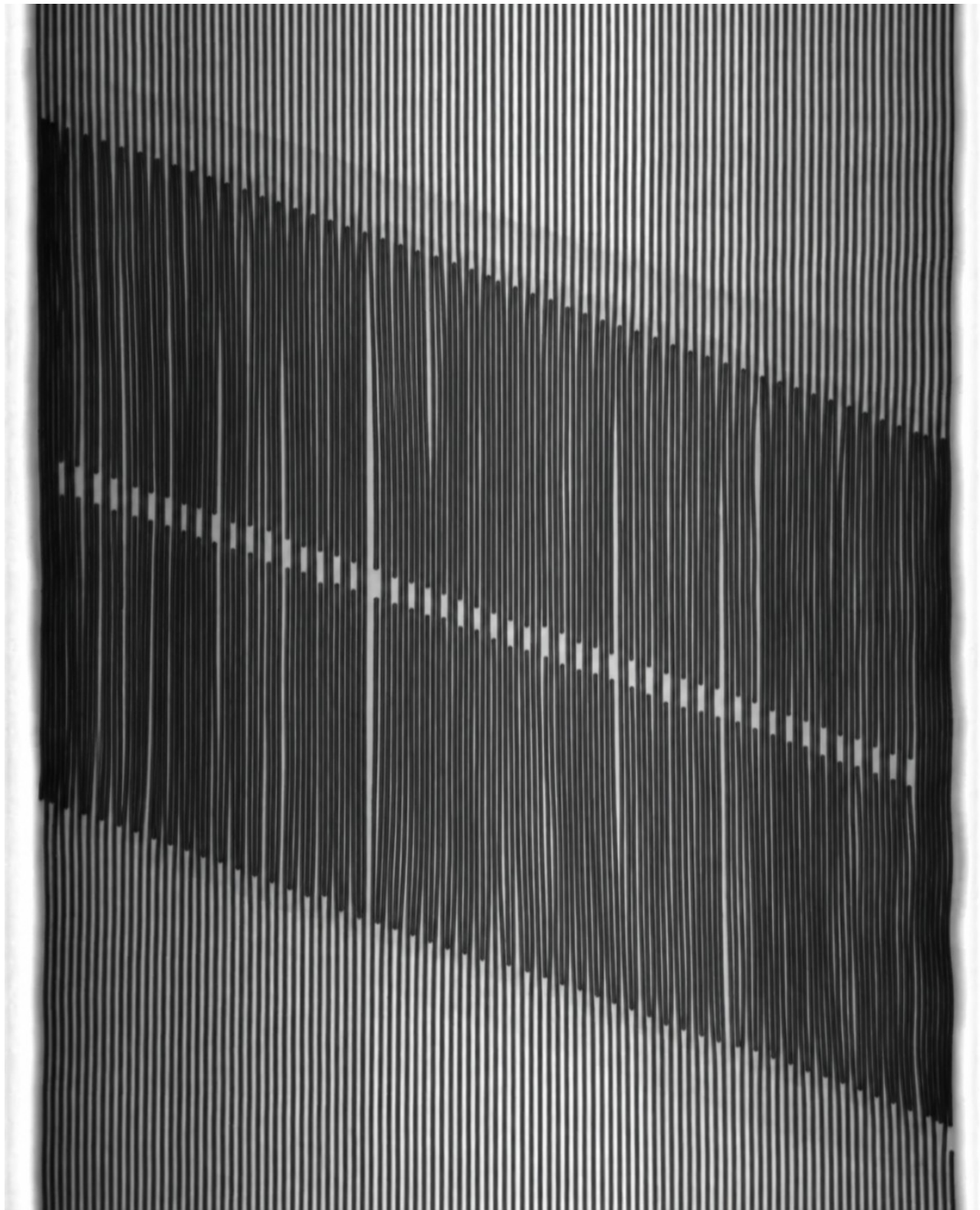


Figura 1. Reconstrucción radiográfica ilustrativa. El detalle reconstruido es inferido; la identificación de cables, las mediciones y el FEA utilizan la radiografía original.

Identificación de cables

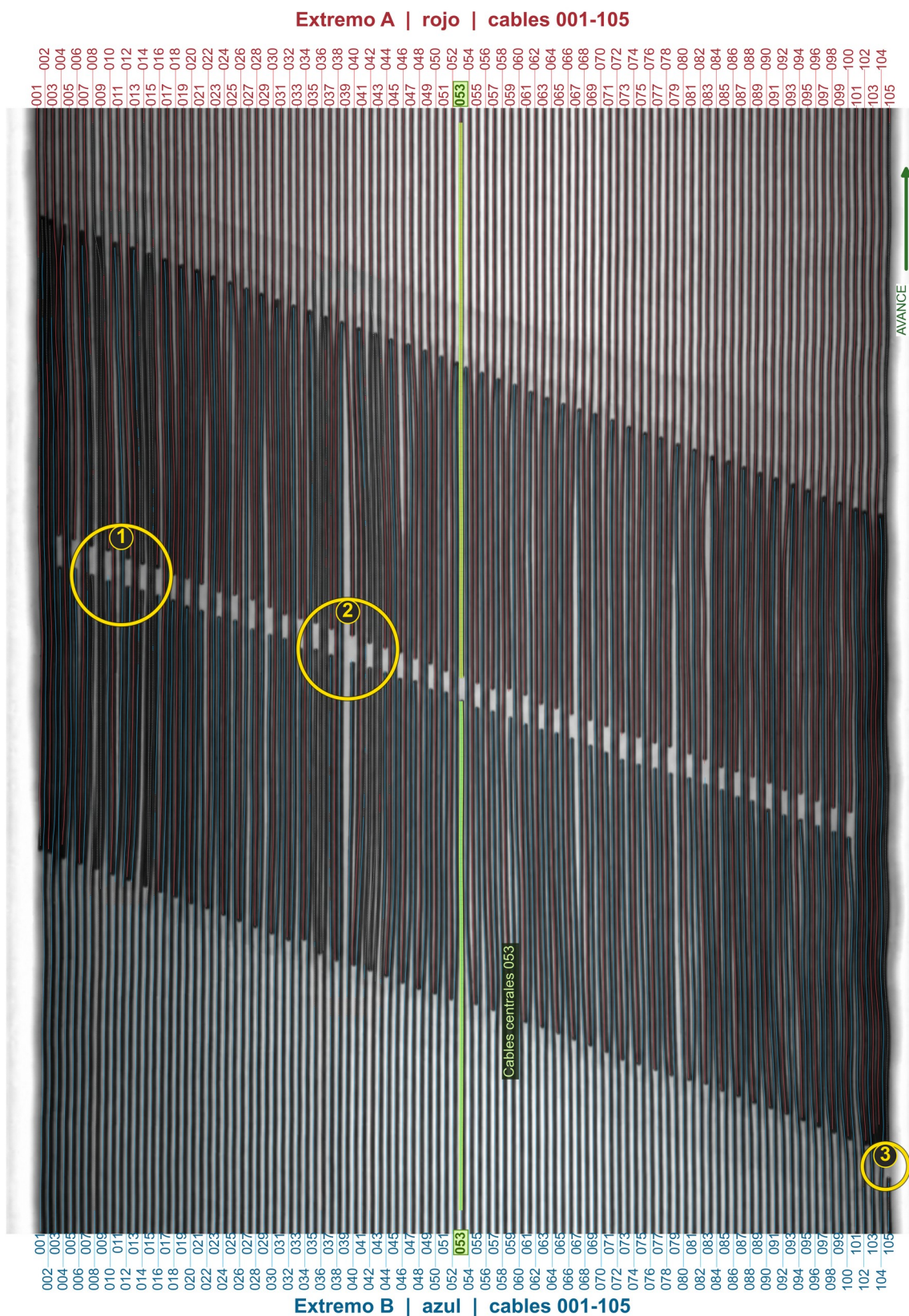


Figura 2. Trayectorias de la radiografía original sobre la ilustración. A001-A105 ingresan desde arriba; B001-B105, desde abajo. Verde: cables centrales 053. Las líneas grises discontinuas indican incertidumbre. Los círculos amarillos ubican los detalles siguientes.

Recuento de cables y revisión de la disposición

La radiografía muestra 105 cables en cada extremo de la correa, con las 210 trayectorias numeradas. Esto confirma el recuento en los extremos, pero no cada trayectoria dentro del empalme. De las 210 trayectorias, 164 no tienen tramos marcados como inciertos, 40 los tienen parcialmente y 6 en toda su longitud.

Trayectorias inciertas en toda su longitud: A008, A014, A105, B008, B036, B042. Su continuidad a través del empalme no puede resolverse de forma independiente en esta imagen.

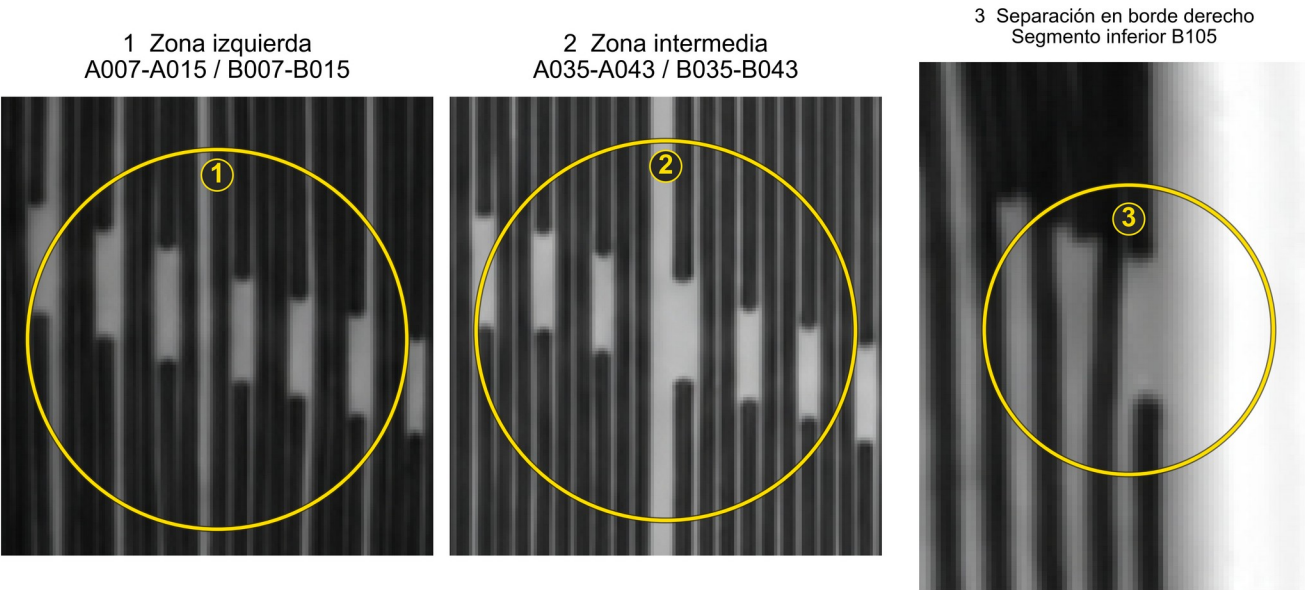


Figura 3. Ilustración ampliada. Los círculos amarillos ubican irregularidades identificadas en la radiografía original; los rangos corresponden al mapa numerado.

Centro, repeticiones y bordes

Ubicación	Resultado frente a la referencia según diseño
Centro	El par de cables cortos opuestos A053/B053 es correcto. Los cables largos vecinos son B052/B054 según construcción; la referencia según diseño sitúa A052/A054 junto al centro. Por lo tanto, el orden de los cables circundantes difiere.
Repeticiones por lado	Según diseño hay 26 repeticiones de tres posiciones a cada lado del centro. La interpretación según construcción tiene 25 grupos reconocibles a la izquierda y 24 a la derecha, seguidos de grupos irregulares en los bordes. Este recuento no significa que cada grupo esté dispuesto correctamente.
Borde izquierdo	Parece incorrecto. La interpretación según construcción sitúa A001 en el exterior, orientado contra el avance de la correa, en lugar del cable largo B requerido. El bajo contraste obliga a inferir tramos de A001/B001.
Borde derecho	El cable largo continuo B105 esperado en el borde no aparece en la disposición trazada. Una separación visible divide su segmento inferior de un segmento superior cuya identidad no se ha resuelto. La agrupación de cables largos adyacentes también difiere.

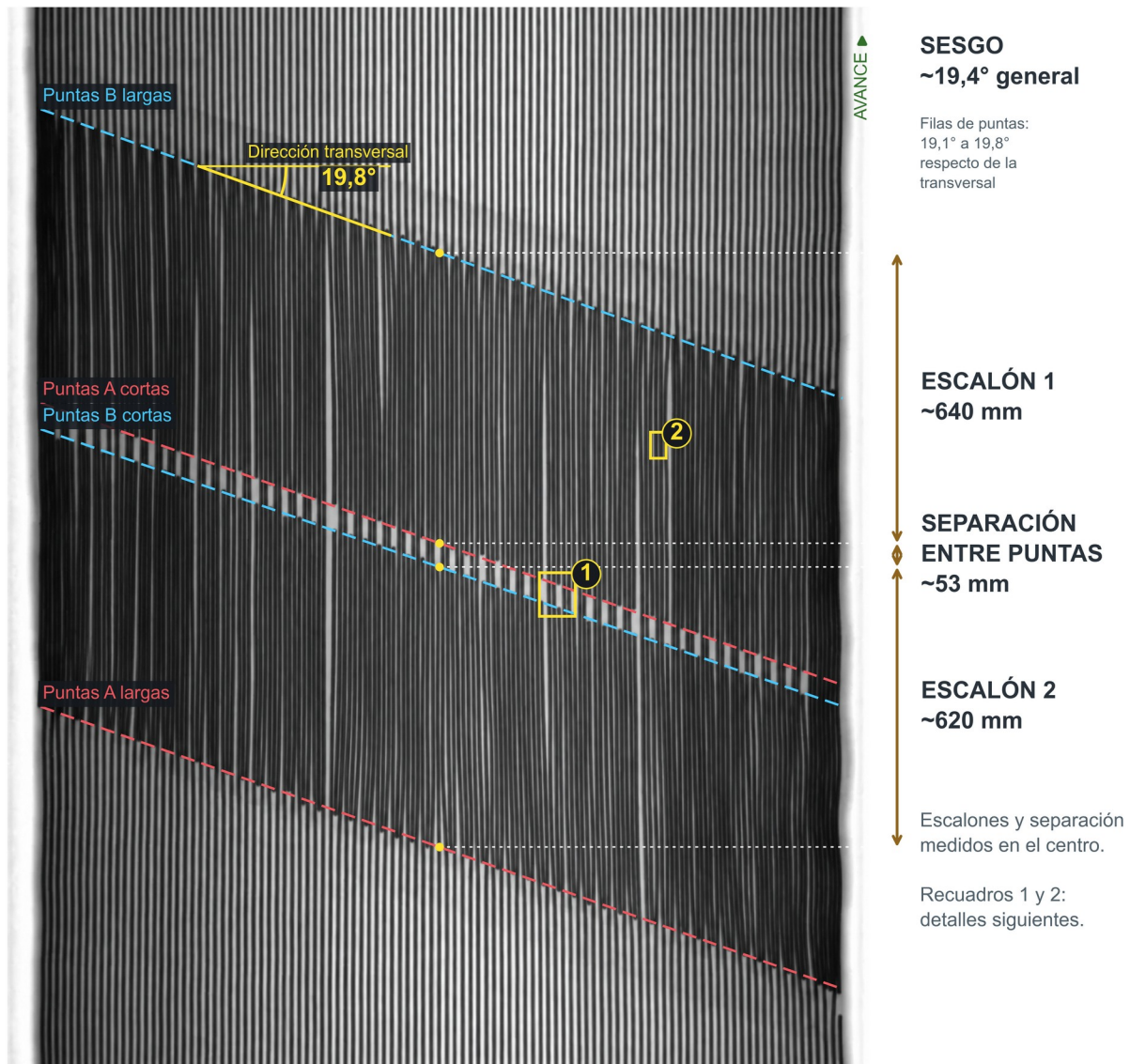
Una repetición comprende un cable largo A, un cable largo B y un par de cables cortos opuestos, en tres posiciones. Doce de los 25 grupos del lado izquierdo incluyen tramos inferidos.

Los círculos 1 y 2 muestran separación y alineación irregulares de puntas alrededor de A007-A015 / B007-B015 y A035-A043 / B035-B043. El círculo 3 señala la separación del borde derecho. La proximidad de trayectorias proyectadas no confirma contacto físico.

Sesgo y longitudes de escalón

Cliente xyz | Dimensiones radiográficas

Ancho 1.828 mm | 105 cables por extremo | sentido de avance indicado



Escalones medidos longitudinalmente. Líneas discontinuas: ajuste a las puntas de la radiografía original.

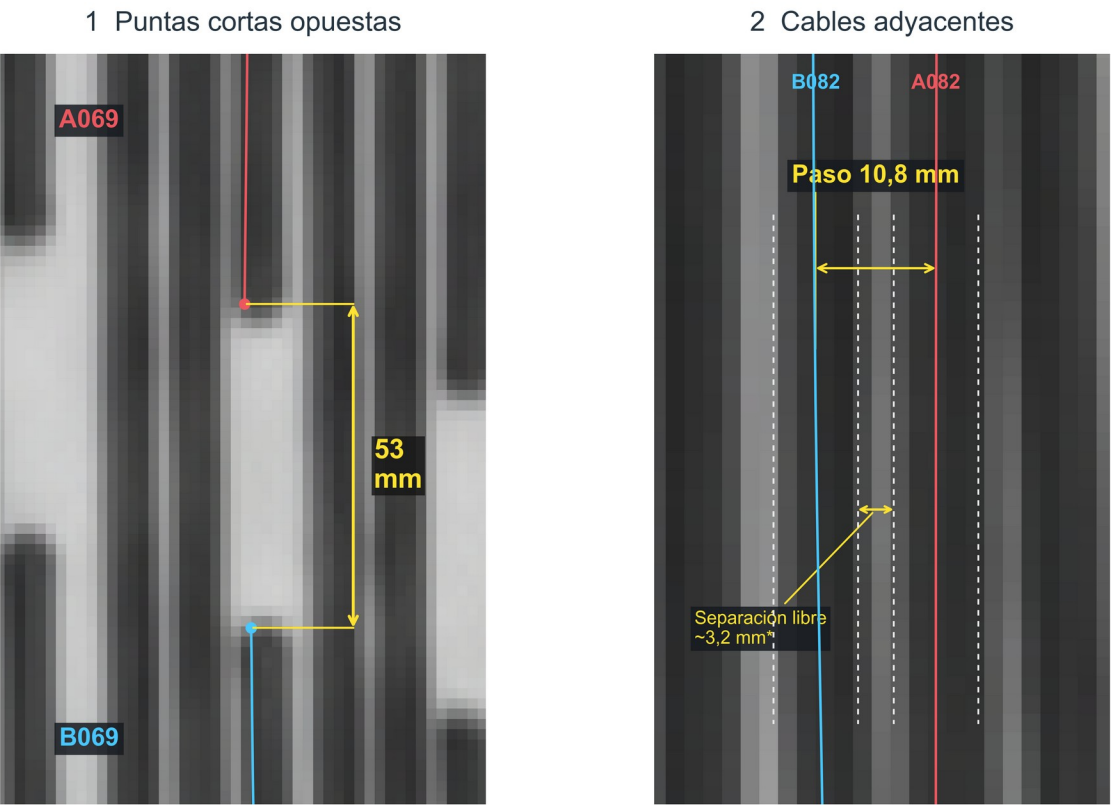
Escala: 2,407 mm/píxel; se suponen 25 mm de caucho de borde y diámetro de cable de 7,6 mm.

Dimensiones aproximadas; se supone igual escala transversal y longitudinal. Las separaciones varían.

Figura 4. Mediciones de la radiografía original sobre la ilustración. Los escalones y la separación entre puntas se miden longitudinalmente en el centro de la correa; el sesgo se mide respecto de la dirección transversal.

Separaciones entre cables

Separaciones | Detalles radiográficos ampliados



*Separación lateral libre = paso entre centros - diámetro provisional de 7,6 mm.

Bordes blancos discontinuos: diámetro supuesto. Los bordes reales no se resuelven con precisión.

Ejemplos locales. En el empalme muestreado: paso mediano ~10,8 mm; separación entre puntas ~53 mm.

Figura 5. Separaciones medidas en la radiografía original sobre la ilustración. Los bordes blancos discontinuos usan el diámetro provisional; el fondo contiene detalle inferido.

Dimensión	Estimación radiográfica aproximada
Ángulo de sesgo respecto de la dirección transversal	19,4°
Escalón axial superior / inferior en el centro	640 / 620 mm
Separación entre puntas cortas opuestas (mediana)	53 mm
Paso entre centros de cables en el empalme (mediana)	10,8 mm
Separación lateral libre (paso menos diámetro supuesto)	3,2 mm

Las cuatro filas de puntas ajustadas tienen ángulos de 19,1° a 19,8°. Los percentiles 5 a 95 de la separación entre puntas abarcan 43 a 63 mm en 40 pares de cables cortos.

Se suponen 25 mm de caucho de borde, un diámetro de cable de 7,6 mm e igual escala transversal y longitudinal. Un píxel original equivale a unos 2,4 mm. La separación lateral libre depende del diámetro supuesto.

Modelo del empalme por elementos finitos

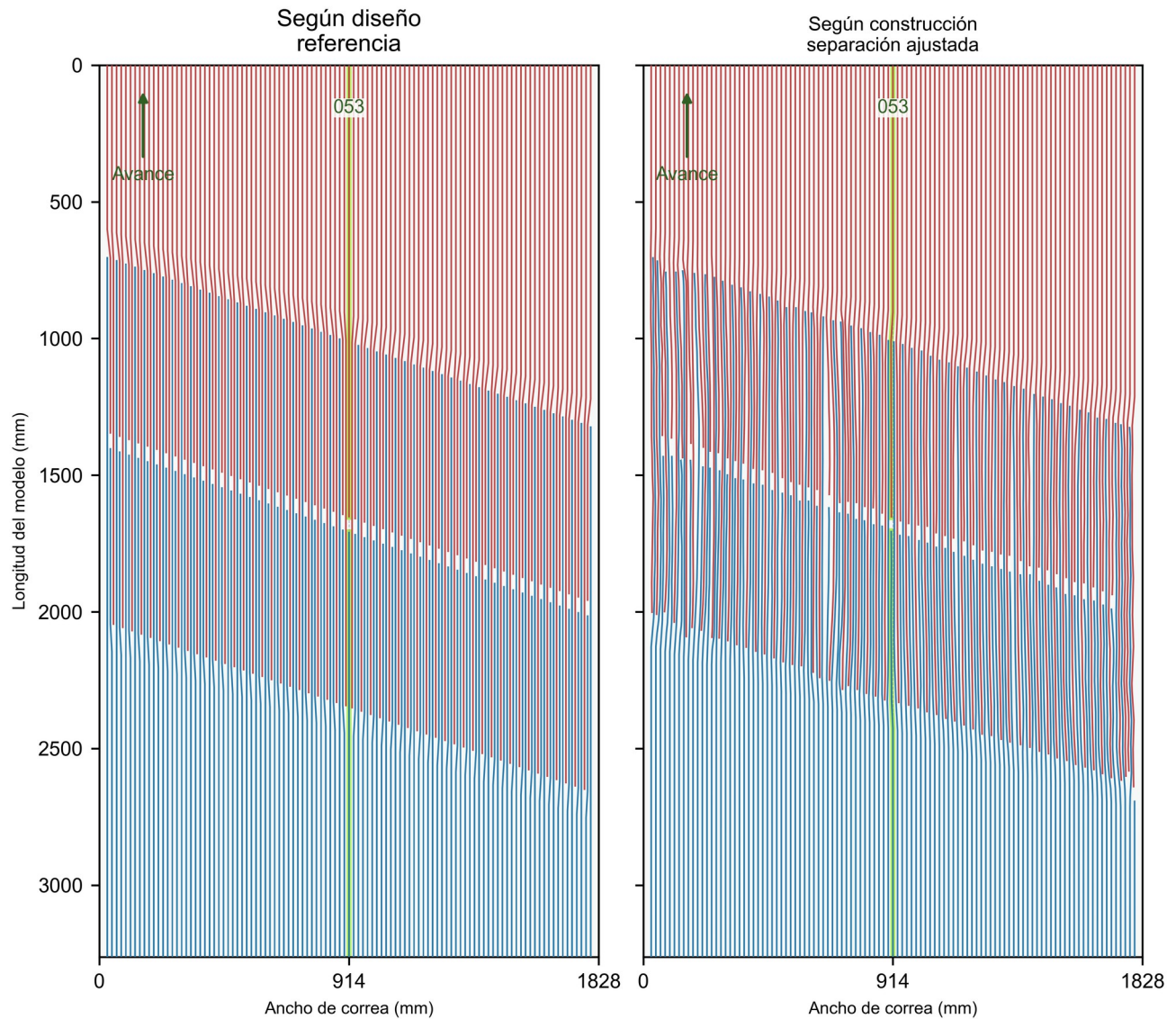


Figura 6. Según diseño y según construcción. Rojo: extremo A. Azul: extremo B. Verde: cables centrales A053/B053. Según diseño, los cables largos B001/B105 ocupan ambos bordes y apuntan en el sentido de avance.

La referencia según diseño tiene un par central de cables cortos y 26 repeticiones de tres posiciones por lado: 157 posiciones en total. Desde el centro hacia afuera, cada repetición es largo A, par corto A/B y largo B. Así, ambos bordes terminan con cables largos B orientados en el sentido de avance. Según construcción predomina la secuencia largo B, largo A y par corto, con grupos irregulares en los bordes.

El modelo según construcción incluye el segmento inferior visible de B105 y conserva la trayectoria superior incierta como supuesto A105. Los ajustes locales de separación alcanzan 3,93 mm. Ambos modelos usan un núcleo de 7,6 mm, franjas de 5,969 mm, transiciones nominales de 100 mm y 500 mm adicionales de correa en cada extremo.

Tensión en los cables

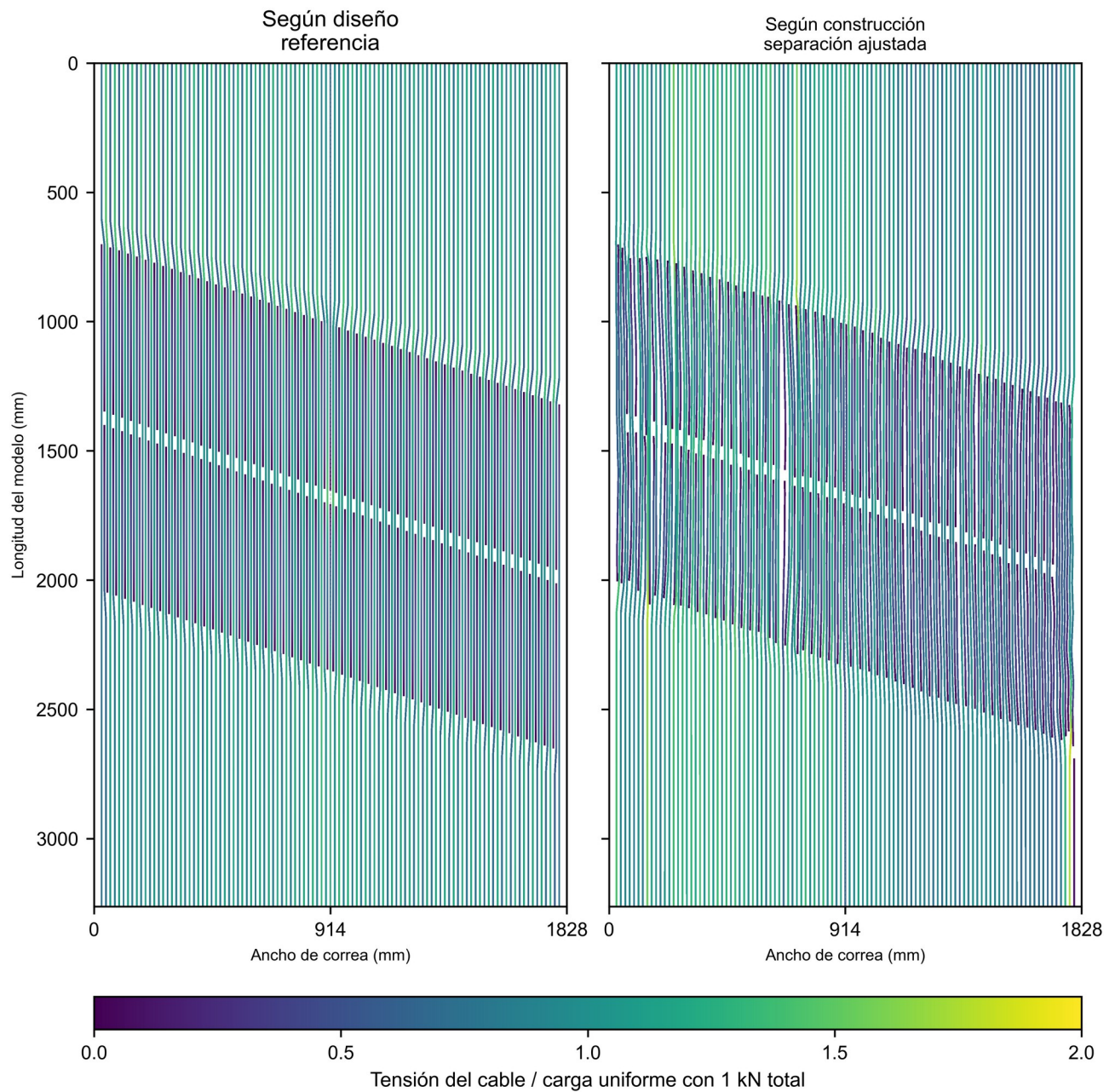


Figura 7. Tensiones calculadas con una escala de color común. Un valor de 1,0 equivale a 9,524 N por cable con una carga total de referencia de 1 kN.

La máxima tensión muestreada según construcción es 1,84 veces la carga uniforme, un 84% por encima del reparto uniforme. Supera en 27,5% al máximo según diseño de 1,44 veces. El máximo de 1,84 ocurre en el cable B104.

Estos mapas ubican concentraciones de carga en la geometría supuesta. No representan fuerzas medidas ni una resistencia nominal individual del cable.

Transferencia de carga por corte en el caucho

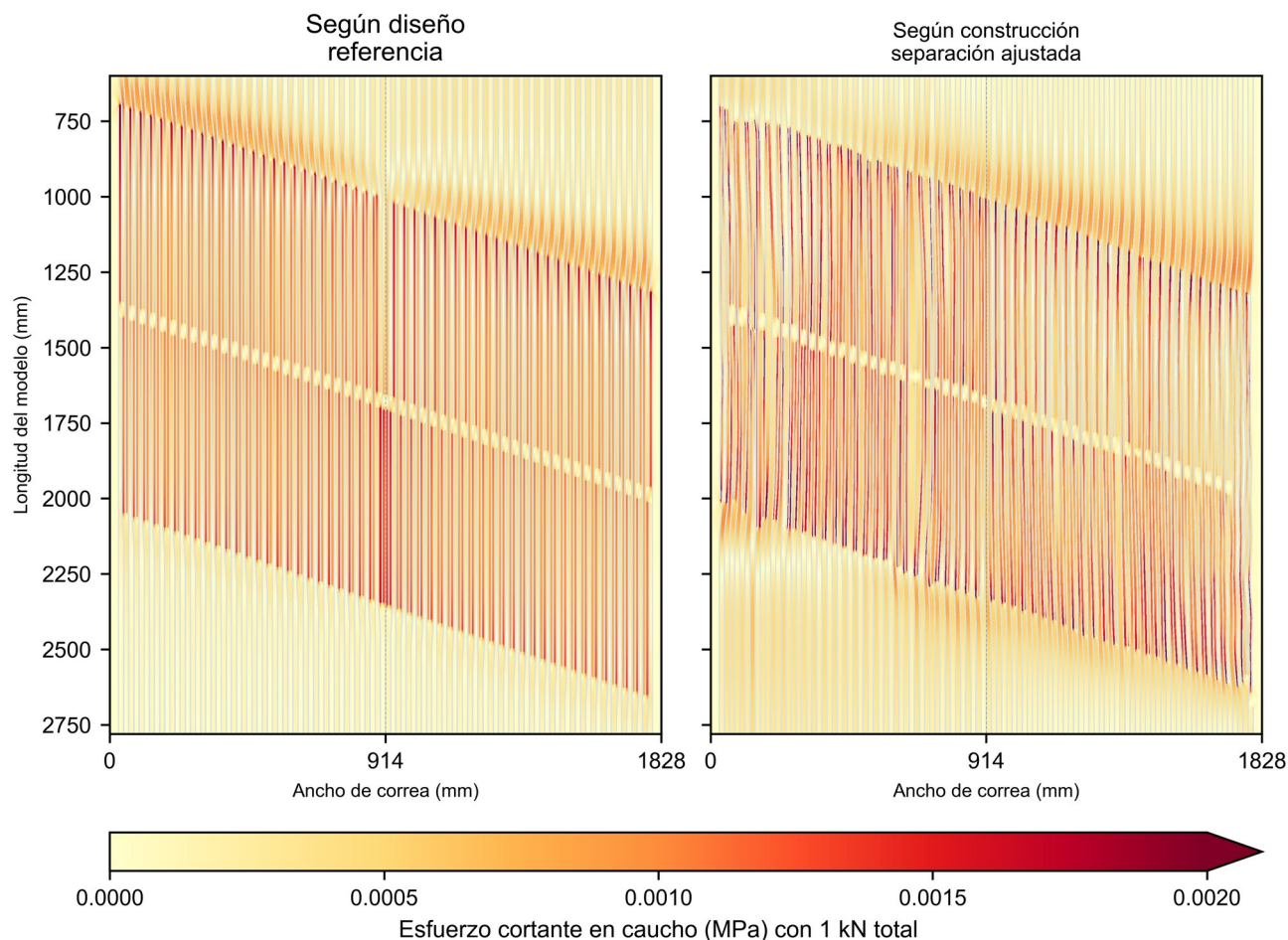


Figura 8. Esfuerzo cortante en el caucho con una escala común de 0 a 0,002 MPa y tensión total de 1 kN. Los valores superiores saturan la escala; las zonas grises son franjas de cable.

Según construcción, el esfuerzo cortante p95 en el caucho es 10,2% mayor que según diseño; el p99 es 19,1% mayor. Estos percentiles, ponderados por área, indican el esfuerzo bajo el cual se encuentra el 95% y el 99% del área de caucho evaluada. La comparación muestra dónde la disposición modifica la transferencia local de carga.

Supuestos y verificaciones del modelo

Se supone elasticidad lineal y adherencia perfecta: módulo del caucho de 6 MPa y módulo efectivo del cable de 99,37 GPa. Las pruebas con diámetros de 7,3 a 8,0 mm dieron desplazamientos del centro de tensión de -63,2 a -62,5 mm según construcción. El refinamiento de malla cambió la extensión y el esfuerzo cortante p95 como máximo en 0,27%.

El diámetro provisional se basa en una carga de rotura requerida de 48,75 kN por cable y una construcción de referencia publicada. La escala longitudinal se supone a partir del ancho de la imagen. Los máximos locales en puntas y las trayectorias no resueltas siguen siendo limitaciones del modelo.

Fuentes: reconstrucción radiográfica del caso y resultados FEA guardados, septiembre de 2026; Metso Conveyor Solutions Handbook (tabla de resistencia de cables de referencia).

Balance de carga e indicador de alineamiento

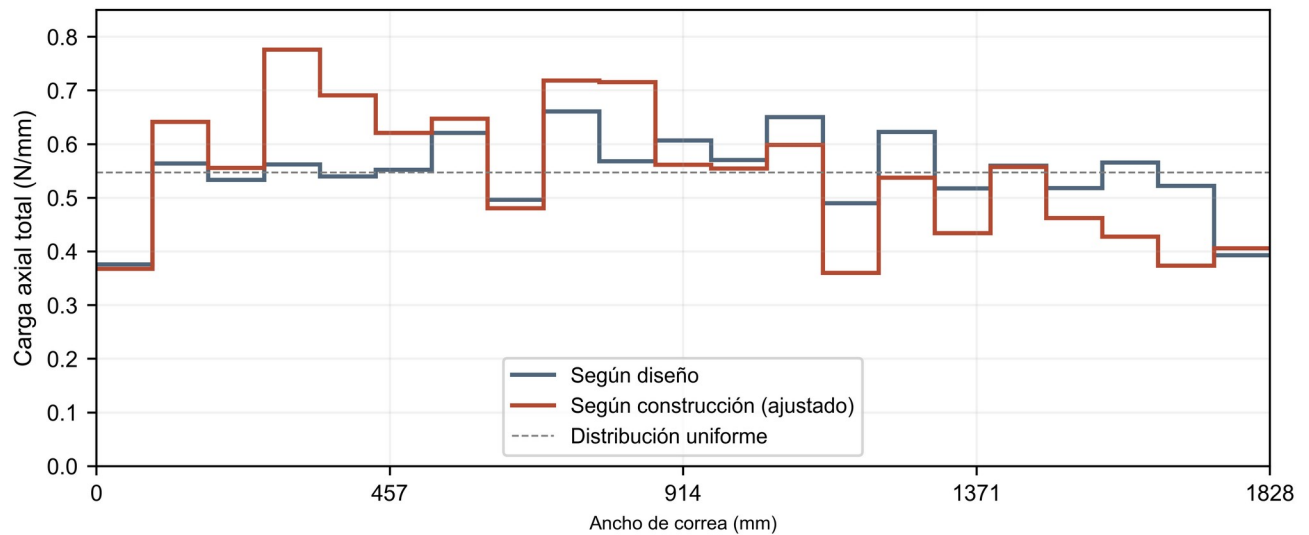


Figura 9. Carga axial del acero y del caucho a lo ancho de la sección media. Ambos casos usan una tensión total de 1 kN.

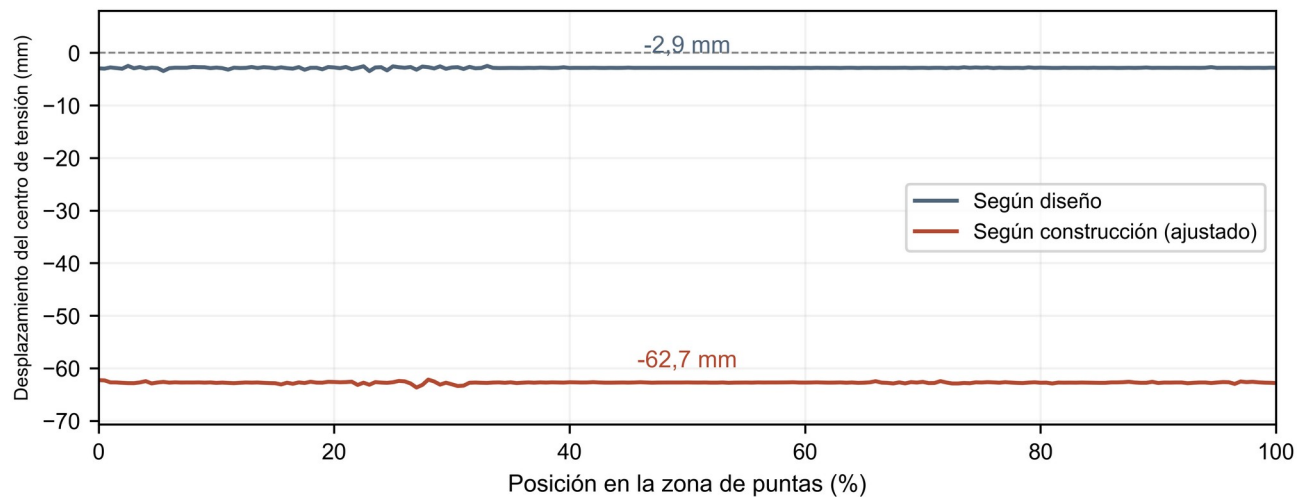


Figura 10. Centro de tensión calculado a través de la zona de puntas. Los valores negativos corresponden a la izquierda en la radiografía; el eje central está a 914 mm del borde izquierdo.

En la sección media, el modelo según construcción transmite el 56,1% de la carga axial por la mitad izquierda. Su centro de tensión está 62,7 mm a la izquierda del centro, frente a 2,9 mm a la izquierda según diseño.

Este desplazamiento sirve como indicador de asimetría estática de carga relacionado con el alineamiento. Depende de la disposición y las restricciones en los extremos del modelo; no predice el desplazamiento lateral de la correa, su dirección ni cuándo ocurriría un evento de desalineamiento.