ANEJO Nº10

Cálculos hidráulicos

Índice

1 Introducción 1

2 Metodología 2

3 Fórmula de Manning 3

4 Determinación del diámetro del conducto 5

5 Comprobación de autolimpieza 6

6 Comprobación de la erosionabilidad 7

7 Determinación de la pérdida de carga 8

8 Cálculo de colectores 9

8.1 Cálculos 9

8.2 Resultados del cálculo 9

8.2.1 Tramo Busturia-Forua 9

8.2.2 Tramos murueta-1 y murueta-2 10

9 Estudio de la red mediante el modelo matemático 11

9.1 Consideraciones previas 11

9.2 Modelo topológico 12

9.3 Resultados 13

APÉNDICE Nº10.1: ESQUEMA DE LA RED DE SANEAMIENTO PROYECTADA

APÉNDICE Nº10.2: COMPROBACIÓN DE CONDUCCIONES

APÉNDICE Nº10.3: CÁLCULOS HIDRÁULICOS DEL COLECTOR

ura ur agentzia agencia vasca del agua

Busturialdeko ur partzuergoa Consorcio de aguas de Busturialdea

FULCRUM

1 Introducción

Para la determinación de los cálculos hidráulicos de los colectores, se han tenido en cuenta, como punto de partida, los caudales especificados en el **Anejo nº7: Estudio de caudales de aguas residuales y pluviales**. Estos cálculos se llevan a cabo de forma automática a partir de los caudales de diseño y de los datos geométricos de las conducciones utilizando la formulación y parámetros expuestos en el presente Anejo.

En los apartados siguientes se recoge la metodología a aplicar en los cálculos y los resultados de los mismos.

2 Metodología

El dimensionamiento hidráulico de las conducciones se realiza en base a los caudales de diseño. Los parámetros que definen los regímenes hidráulicos en distintas hipótesis se obtienen utilizando la conocida fórmula de Manning, para determinar las pérdidas de energía por rozamiento a lo largo de las conducciones, y la ecuación de la continuidad.

Las hipótesis de cálculo se escogen de forma que se asegura, por un lado, que los colectores tienen capacidad suficiente, y por otro, que las velocidades se encuentran dentro de un rango en el que no son de temer fenómenos de sedimentación ni de erosión.

La determinación de los parámetros hidráulicos de interés (velocidad, grado de llenado, número de Froude) se realiza en los conductos de sección circular mediante un proceso iterativo que se describe a lo largo de este capítulo.

Los datos obtenidos en este paso previo, se introducen en el programa informático utilizado y que permite el uso de factores condicionantes para el funcionamiento de los colectores, como la capacidad de retención de la red, las cotas de de aliviaderos y la capacidad de los tanques de retención, bombeos, etc. con los cuales, a través de sucesivas simulaciones en las que a veces se modifica el diámetro y/o la pendientes de los colectores, se llega a la solución definitiva que cumple con los condicionantes exigidos.

Por otra parte los cálculos hidráulicos de las tuberías de impulsión se encuentran en el **Anejo nº12: Dimensionamiento de las Estaciones de Bombeo**.

3 Fórmula de Manning

La expresión de la fórmula de Manning es la siguiente:

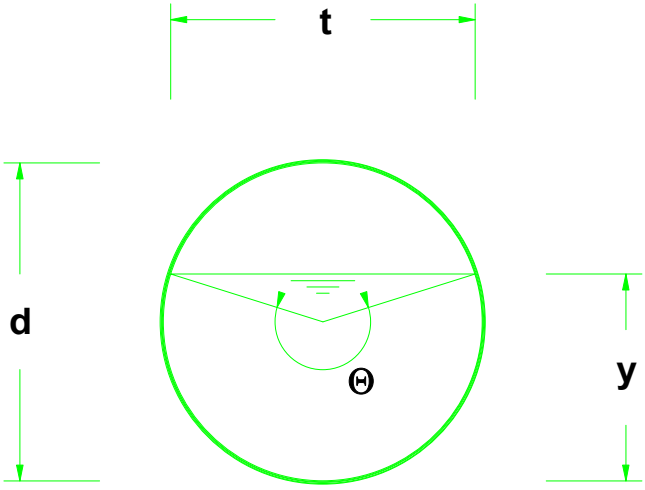
$$v = \frac{1}{n} \cdot R_h^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}}$$

donde:

- v Velocidad media del agua en el conducto.
- n Número de Manning.
- R_h Radio hidráulico de la sección hidráulica mojada.
- i Pendiente de la línea de energía.

El coeficiente de rugosidad de Manning depende de muchas variables, siendo la más importante el tipo de material de la tubería. En los presentes cálculos se ha adoptado un valor constante con el calado de 0,015 para las conducciones de hormigón con el fin de dar una mayor seguridad en el cálculo de la conducción.

El radio hidráulico, que se define como la relación entre el área de la sección hidráulica, y el perímetro mojado, requiere la determinación previa de estos parámetros, cuyas expresiones se deducen fácilmente a partir de la siguiente figura:



El área hidráulica se puede expresar en función del ángulo de llenado como:

$$A = \frac{1}{8} \cdot (\theta - sen\,\theta) \cdot d^2$$

y el perímetro mojado:

$$P_m = \frac{1}{2} \cdot \theta \cdot d$$

y, por lo tanto, el radio hidráulico es:

$$R_h = \frac{1}{4} \cdot \left(1 - \frac{sen\,\theta}{\theta}\right) \cdot d$$

4 Determinación del diámetro del conducto

Teniendo en cuenta la fórmula de Manning, las expresiones del área y del radio hidráulico en función del ángulo de llenado antes obtenidas y la condición de continuidad:

$$Q = v \cdot A$$

El caudal que circula por una tubería para un ángulo de llenado cualquiera puede expresarse como:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot \left[\frac{1}{4} \cdot \left(1 - \frac{sen\theta}{\theta} \right) \cdot d \right]^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{1}{8} \cdot (\theta - sen\theta) \cdot d^2$$

El caudal que, con la misma pendiente, circularía a sección llena sería:

$$Q_0 = \frac{1}{n} \cdot \frac{d^{\frac{2}{3}}}{4} \cdot i^{\frac{1}{2}} \cdot \pi \cdot \frac{d^2}{4}$$

y dividiendo las dos expresiones anteriores se obtiene:

$$\frac{Q}{Q_0} = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{(\theta - sen\theta)^{\frac{5}{3}}}{\theta^{\frac{2}{3}}}$$

A partir de esta relación se obtiene, mediante un proceso iterativo sencillo, el ángulo de llenado correspondiente a un diámetro, una pendiente y un caudal dados, y, a partir de este ángulo, el calado. Si el calado es superior al 75% del diámetro, se aumenta el diámetro al siguiente de la serie y se procede de nuevo a su cálculo. Obtenido un diámetro cuyo grado de llenado para ese caudal sea inferior al 75%, se admite para el correspondiente tramo de colector, si cumple con las condiciones de pendiente mínima y máxima.

El resto de los parámetros de interés del flujo se obtienen fácilmente, una vez conocido el ángulo de llenado, mediante las fórmulas previamente obtenidas.

5 Comprobación de autolimpieza

Se comprueba que la pendiente del colector garantiza la autolimpieza del colector. Se considera que el caudal para el cálculo de la autolimpieza es, en cada tramo, el caudal mínimo correspondiente a la situación actual, que, a su vez, se determina a partir de los datos de población.

A partir de este caudal y para el diámetro obtenido según lo indicado en el apartado anterior se obtiene, de igual forma el ángulo de llenado y los demás parámetros como la velocidad, el número de Froude, etc. Una vez conocido el régimen hidráulico se puede calcular la partícula que es arrastrada. Para ello, se utiliza la formulación de Camp-Shields, que normalmente se expresa como:

$$v = \frac{1}{n} \cdot R_h^{\frac{1}{6}} \cdot \sqrt{\frac{k \cdot D_s \cdot (\gamma_s - \gamma_w)}{\gamma_w}}$$

- k Coeficiente adimensional que depende del número de Reynolds y de las características de la partícula arrastrada.
- γ_s Peso específico de la partícula en toneladas por metro cúbico.
- γ_w Peso específico del líquido en toneladas por metro cúbico.
- D_s Diámetro de la partícula en metros.

De la fórmula anterior se puede obtener el diámetro de la partícula arrastrada, teniendo en cuenta la fórmula de Manning:

$$D_s = \frac{R_h \cdot \gamma_w \cdot i}{k \cdot (\gamma_s - \gamma_w)}$$

Según los criterios de diseño la partícula a arrastrar es la de 2,5 milímetros de diámetro de un material cuyo peso específico sea de 2,65 t/m^3. Tomando para el coeficiente k el valor de 0,06 y expresando D_s en mm, se obtiene finalmente:

$$D_s = 2.525 \cdot \left(1 - \frac{sen\,\theta}{\theta}\right) \cdot d \cdot i$$

6 Comprobación de la erosionabilidad

En general y salvo en tramos cortos y muy localizados, se dimensionan los conductos de forma que el número de Froude sea inferior a 2,5. Cuando las pendientes topográficas provocan valores de dicho parámetro superiores al valor indicado, la solución habitual consiste en disponer pozos de resalto.

El número de Froude se define por la expresión:

$$F = \frac{v}{\sqrt{g \cdot D}}$$

donde los significados de los nuevos símbolos que aparecen son:

- F Número de Froude.
- g aceleración de la gravedad.
- D Calado equivalente, definido como la relación entre el área de la sección hidráulica y la anchura del flujo en la superficie libre, es decir:

$$D = \frac{A}{t}$$

De la figura recogida anteriormente:

$$t = d \cdot sen\frac{\theta}{2}$$

y teniendo en cuenta la expresión del área obtenida en el mismo apartado, resulta la siguiente expresión del calado equivalente en función del ángulo de llenado:

$$D = \frac{1}{8} \cdot \frac{\theta - sen\,\theta}{sen\,\frac{\theta}{2}} \cdot d$$

7 Determinación de la pérdida de carga

Teniendo en cuenta la fórmula de Manning, las expresiones del radio hidráulico en función del ángulo de llenado antes obtenidas y la condición de continuidad. La pendiente hidráulica será:

$$J = \frac{v^2 \cdot n^2}{R_h^{\frac{4}{3}}}$$

- v Velocidad de agua en el conducto.
- n Número de Manning.
- R_h Radio hidráulico de la sección hidráulica mojada.

8 Cálculo de colectores

8.1 Cálculos

Los cálculos hidráulicos relativos a los Colectores Interceptor se llevan a cabo a partir de los caudales de diseño y de los datos geométricos de las conducciones utilizando la formulación y parámetros y metodología antes expuestos.

En el **Apéndice nº10.1: Esquema de la Red de Saneamiento Proyectada**, se muestra el esquema del Colector proyectado, obtenidas mediante un modelo matemático. Este modelo se describe en el apartado 9 del presente Anejo.

En el **Apéndice nº10.2: Comprobación de Conducciones.** se muestran los perfiles longitudinales obtenidos, mediante el modelo matemático utilizado, de los tramos de red sobre los que se han proyectado actuaciones con el diseño correspondiente a la solución adoptada. En dichos perfiles longitudinales se ve el nivel máximo que alcanza el agua en los colectares para los caudales de diseño definidos en el presente proyecto.

En el **Apéndice nº10.3: Cálculos Hidráulicos del Colector,** se recogen los resultados de los cálculos correspondientes a cada tramo tanto del colector principal como de sus incorporaciones.

8.2 Resultados del cálculo

Las conducciones proyectadas se han diseñado con ayuda del modelo hidráulico, por lo tanto, las conclusiones se pueden a partir de los gráficos que se presentan en el **Apéndice nº 10.2: Comprobación de Conducciones.**

8.2.1 Tramo Busturia-Forua

El colector cumple estrictamente todos los criterios de diseño hidráulico para caudales máximos con un llenado máximo inferior al 75% del calado.

Para caudales mínimos de diseño, en todo el tramo del colector se cumplen las limitaciones de tamaño de partícula de arrastre. Para caudales medios de diseño el colector cumple con los criterios de diseño hidráulico.

En algún tramo, debido a la fuerte pendiente que debe salvar el colector se alcanzan valores de número de Froude superiores a 2,5 (valor especificado según los criterios de diseño) y por tanto altas velocidades del agua que inciden negativamente en la erosionabilidad de la tubería.

En dichos tramos se ha optado por una tubería de fundición de 1.000 milímetros de diámetro así como por la construcción de diferentes pozos especiales que amortigüen el paso del agua paliando así en parte ese aumento de velocidad.

Se puede decir que, a pesar de las excepciones citadas, el funcionamiento hidráulico del Colector es correcto.

8.2.2 Tramos murueta-1 y murueta-2

En todos ellos se ve que se cumple con las criterios de llenado máximo al 75% a caudal máximo, debido a que todos ellos están sobredimensionados para los caudales de diseño ya que se ha optado por un diámetro mínimo de proyecto de 300 milímetros.

Los criterios de diseño establecidos para la pendiente y el número Froude se cumple en todos los tramos, no así las limitaciones de tamaño de partícula de arrastre, ya que para caudales mínimos la partícula que es capaz de arrastrar es en prácticamente todos los casos inferior a 2 mm.

Esto último viene motivado por la exigencia de adoptar una pendiente muy reducida para no profundizar demasiado en la llegada, en cada caso, al pozo de incorporación del tramo Busturia-Forua y, por otra parte, al caudal mínimo adoptado en cada incorporación ya que recogen áreas rurales de muy baja densidad. Estos colectores requerirán labores especiales de limpieza.

9 Estudio de la red mediante el modelo matemático

La red correspondiente al colector Gernika-Busturia se ha introducido en un programa informático manejando los datos de la redes existentes a incorporar a la red proyectada según la información facilitada por los Ayuntamientos de Gernika, Forua, Murueta y Busturia y los datos obtenidos del trabajo de campo realizado por FULCRUM.

En los pozos se han tenido en cuenta las cotas de entrada y salida de las tuberías, las características de los materiales de las mismas (Hormigón, PVC, etc.) y las distancias entre pozos.

Una vez estudiada la red actual y analizadas diferentes alternativas, se ha introducido en el programa el nuevo diseño de la red en dicha zona, así como los bombeos.

Cabe decir que no ha sido necesario el proyectar ningún aliviadero debido a que las redes son mayoritariamente separativas aunque puntualmente pueda incorporarse algún tejado.

A partir de este punto, y partiendo de los caudales de diseño estudiados en el **Anejo nº 7: Estudio de caudales de aguas residuales y pluviales** se han realizado varias modelizaciones con diferentes alternativas y diferentes tamaños de bombeos, hasta determinar las tuberías y bombeos que cumplan todos los requisitos para el buen funcionamiento, de forma que los vertidos a cauce, debido a posibles fallos de funcionamiento de los bombeos sean razonables y se pueda considerar que no contamina al río tomando como referencia los resultados obtenidos en el Estudio de Alternativas del Saneamiento de Urdaibai redactado por Confederación Hidrográfica del Norte.

9.1 Consideraciones previas

El programa informático utilizado, está especialmente indicado para realizar el estudio de la red de saneamiento proyectada permitiendo obtener gran cantidad de información acerca del comportamiento de las redes previstas.

Para la modelización se ha considerado que las redes municipales, mayoritariamente unitarias, hacen su aportación a la red proyectada en determinados pozos introduciendo en los mismos los caudales de diseño correspondientes.

9.2 Modelo topológico

La utilización de este programa supone adaptar la red de colectores a los elementos definidos en el mismo. La estructura de una red de colectores definida en el programa tiene dos partes diferenciadas: *Nodes y Conduits*.

La parte asociada a *Nodes* es la que define los puntos de la red, es decir, pozos, puntos de vertido y depósitos. Estos elementos van a formar el esquema que permite al programa mostrar la información en planta.

La sección asociada a *Conduits* define las uniones entre los *Nodes*: colectores, compuertas, labios de aliviaderos, bombeos y clapetas.

Las compuertas se pueden simular mediante dos elementos *Sluice* y *Orifice*. El primero es el más cercano a la realidad, se regula controlando la apertura de la compuerta. El *Orifice* se regula fijando el caudal máximo de paso por la compuerta.

	Tipo en el modelo informático	***Parámetros adicionales***
Colector	*Conduit*	Cota aguas arriba y aguas abajo, sección, longitud, material, rugosidad.
Compuerta	*Sluice - Orifice*	Cota, ancho, coeficiente de descarga, apertura, caudal límite (Orifice)
Labio	*Weir*	Cota del labio, ancho, coeficiente de descarga
Bombeo	*Fixed Pump – Variable speed pump*	Cota de arranque, cota de parada, caudal inicial, caudal máximo, velocidad de cambio de flujo, etc.
Clapeta	*Flap Valve*	Cota, diámetro, coeficiente de descarga

Los aliviaderos de los bombeos han sido simulados utilizando los siguientes elementos:

- *Storage*: Depósito del aliviadero. Define el volumen de almacenamiento del aliviadero.
- *Sluice u Orifice*: Compuerta de salida al colector. Viene definida por un caudal máximo de salida (Orifice) o una apertura de compuerta (Sluice).
- *Weir*: Labio del aliviadero. Definido con ancho y cota.
- *Flap Valve*: Clapeta, no aparece en todos los casos.

El caudal de la incorporación llega por un Conduit hasta el Storage, aquí si el caudal sobrepasa la cota del labio, el agua coge cota y se libera por el Weir. El agua que pasa por la compuerta llega por un Conduit al colector y la que se alivia sale del sistema por el Outfall.

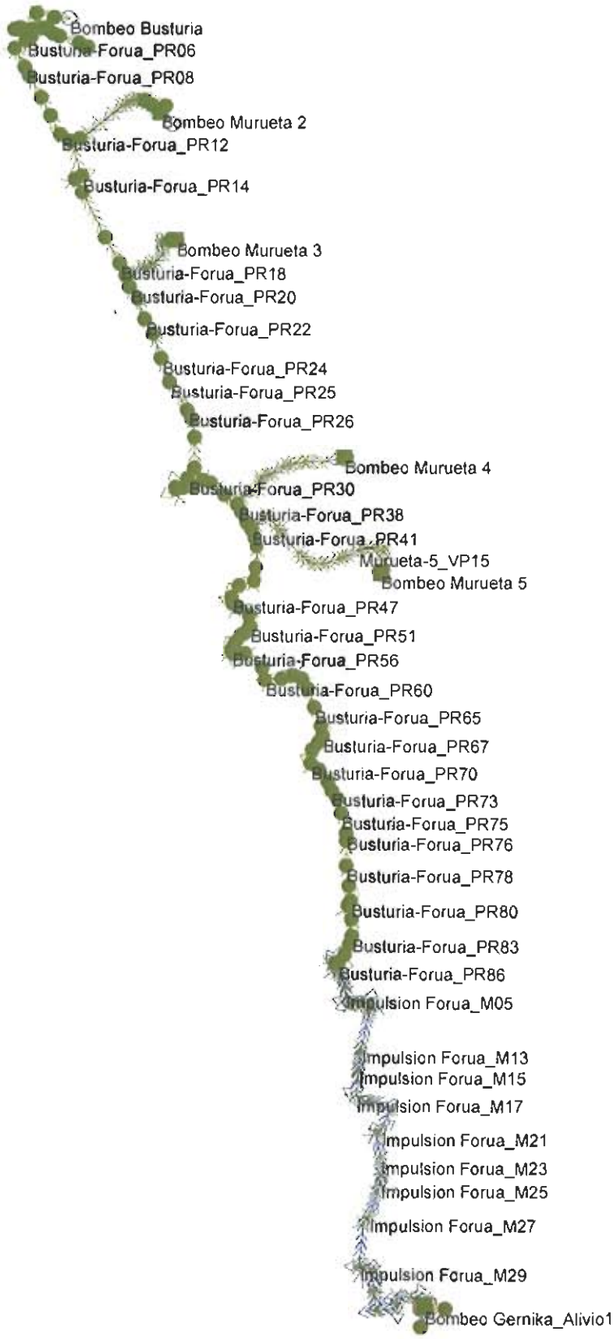
9.3 Resultados

Una vez realizada la modelización de la red prevista con el programa informático, se ha podido comprobar que la red diseñada cumple con los condicionantes previos señalados, es decir que la red de colectores, y bombeos presentan un funcionamiento adecuado.

APÉNDICE Nº10.1

Esquema de la red de saneamiento proyectada

Gernika-Busturia



- Data Flags
  - #A - Asset Data
  - #D - System Default
  - #G - Data from GeoPlan
  - #I - Model Import
  - #V - CSV Import
- Gernika-Busturia
- Key
  - Nodes [all]
- Links [system types]
  - CC TV
  - Conduit [all]
  - Culvert Inlet [all]
  - Culvert Outlet [all]
  - Flap valve [all]
  - Flume [all]
  - Orifice [all]
  - Prune [all]
  - Pump (all types) [all]
  - River [all]
  - Screen [all]
  - Siphon [all]
  - Sluice gate [all]
  - User Control [all]
  - Weir [all]
- Subcatchments [system types]
  - Polygon Zone
  - Subcatchment [all]
- Symbols
  - Break Node
  - Compound Weir/Orifice
  - Hyperlink
  - Outflow Node
  - Storage Node
  - Var. crest level weir
  - Var. sluice gate
  - Var. width weir
  - Vortex
- Link Arrows: US_FLOW (m3/s)
  - >= 0.751389
  - >= 0.500926
  - >= 0.250463
  - >= 0.000001
- Node Circles: FloodVolume (m3)
  - >= -0.
  - >= -0.
  - >= -0.
  - >= 0.000001
- Node: FloodVolume (m3)
  - >= 0.
- Link: Surcharge
  - >= 2.
  - >= 1.
  - >= 0.8

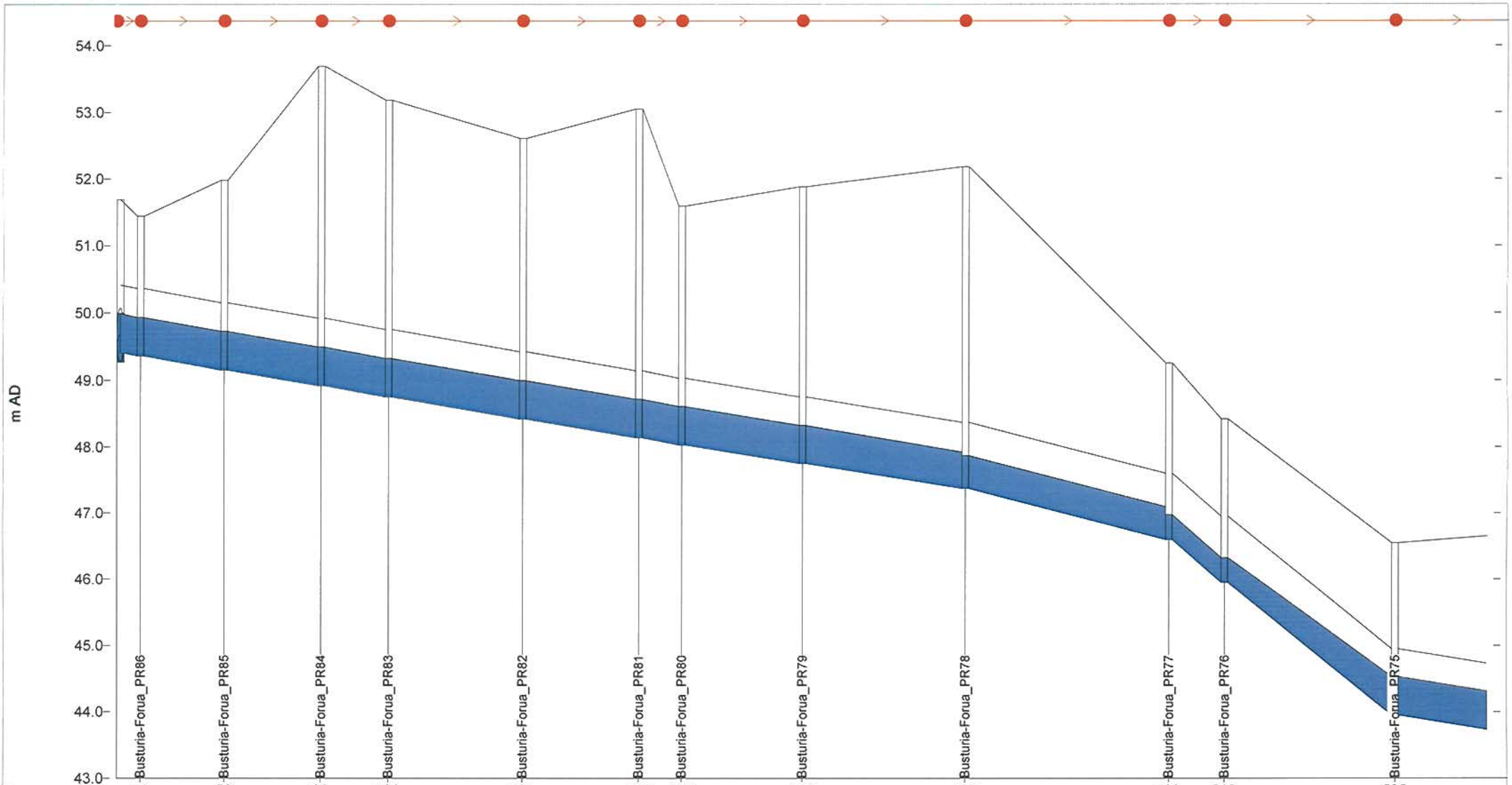
Scale 1:23000

1000m

APÉNDICE Nº10.2

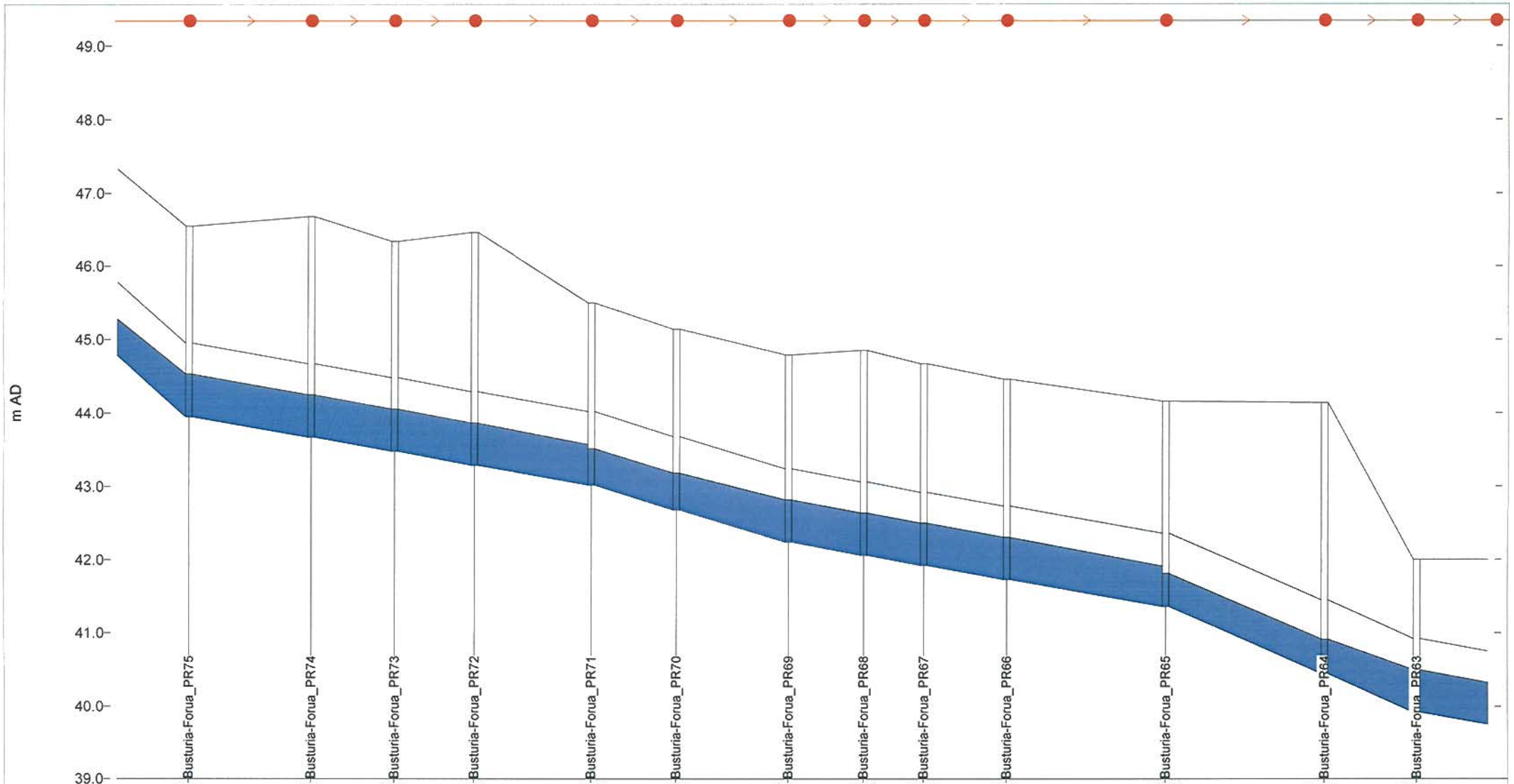
Comprobación de conducciones

Busturia-Forua



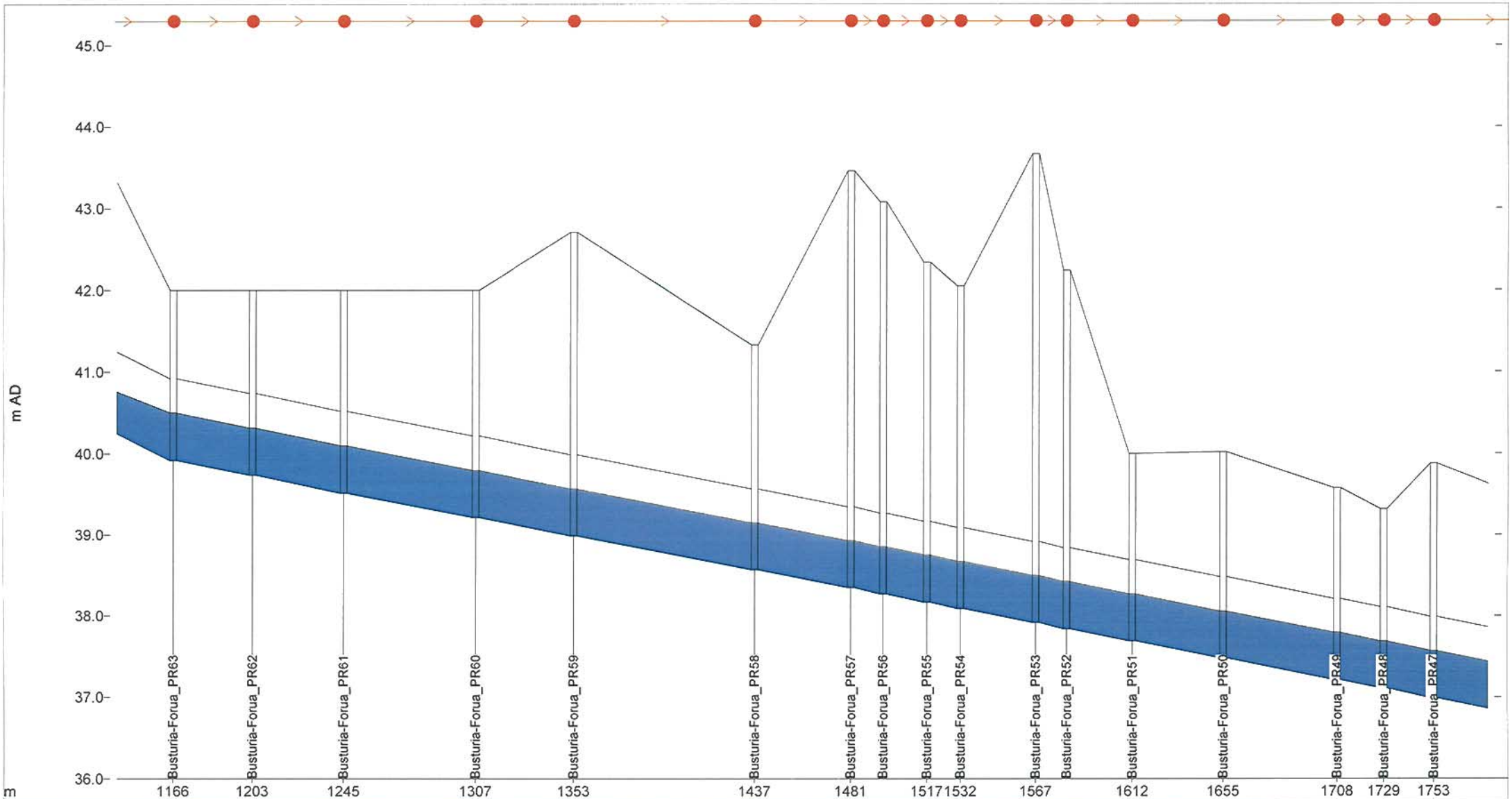
m		11	50	95	126	189	243	263	319	395	490	515	595
Link	-	-	-	-	-	-	-	-	Busturia-Forua_PR79.1	Busturia-Forua_PR78.1	-	Busturia-Forua_PR76.1	-
width (mm)	-	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
us inv (m AD)	-	49.360	49.150	48.920	48.750	48.420	-	48.030	47.750	47.370	46.600	45.950	43.950
ds inv (m AD)	-	49.150	48.920	48.750	48.420	48.140	-	47.750	47.370	46.600	45.950	43.950	43.670
Node	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Busturia-Forua_PR78	-	-	-
ground (m AD)	51.440		51.980	53.690	53.180	52.610	53.050	51.590	51.880	52.180	49.250	48.420	46.550

Busturia-Forua



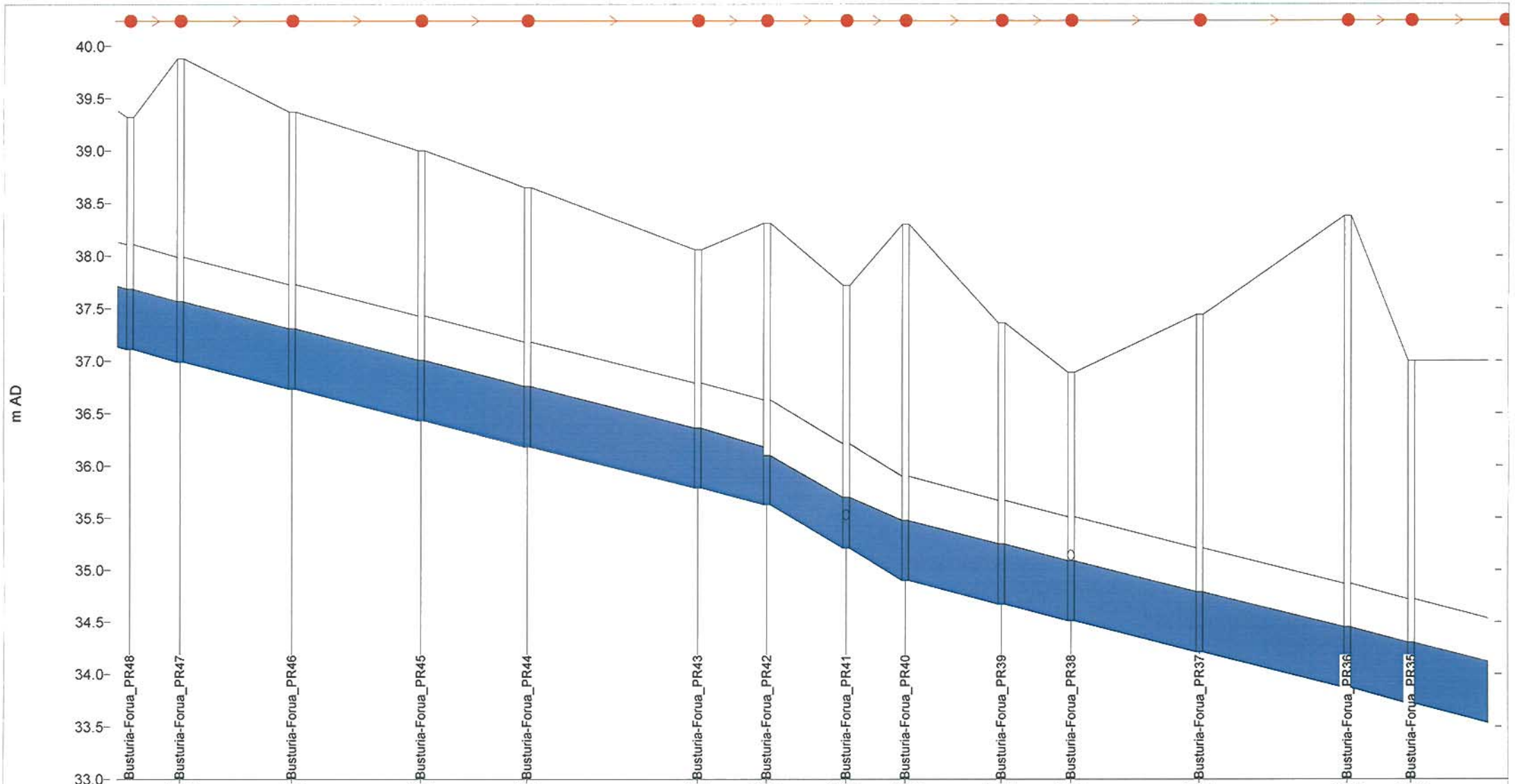
Link	ıa_PR76.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Busturia-Forua_PR66.1	Busturia-Forua_PR65.1	-	-	
width (mm)	0	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	
us inv (m AD)	50	43.950	43.670	43.480	43.290	43.020	42.680	42.240	42.060	41.920	41.730	41.360	40.450	39.920	
ds inv (m AD)	50	43.670	43.480	43.290	43.020	42.680	42.240	42.060	41.920	41.730	41.360	40.450	39.920	39.740	
Node	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Busturia-Forua_PR65	-	-	-
ground (m AD)	46.550	46.680	46.340	46.460	45.500	45.140	44.790	44.850	44.670	44.460		44.160	44.140	42.000	42.00

Busturia-Forua

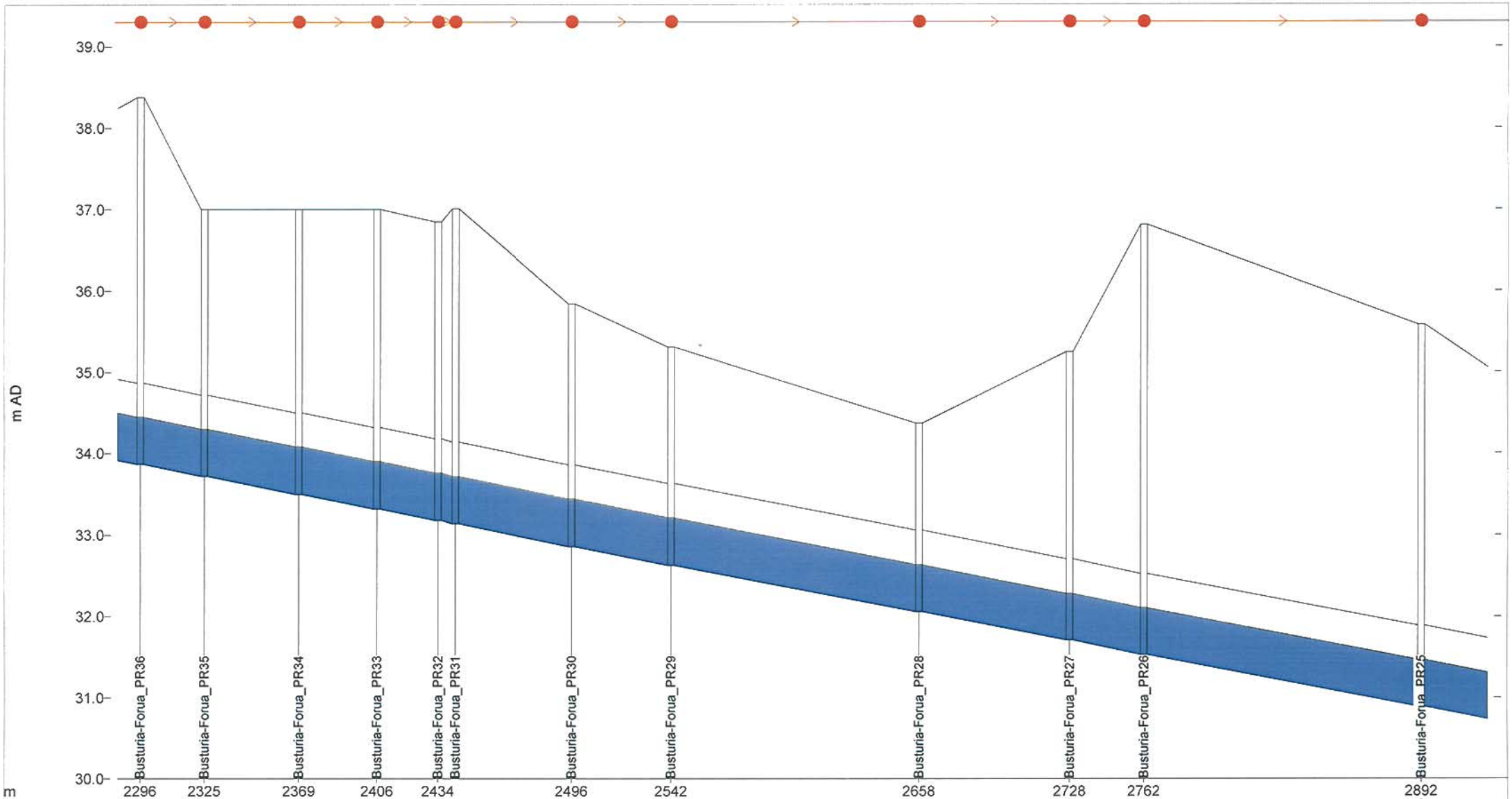


Link	-	-	-	-	-	Busturia-Forua_PR59.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
width (mm)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	-	1000	1000	1000	-	1000	1000	1000	1000	1000	1000				
us inv (m AD)	0.450	39.920	39.740	39.520	39.220	38.990	38.570	-	-	-	38.090	-	37.840	37.690	37.480	37.210	37.110	36.990				
ds inv (m AD)	9.920	39.740	39.520	39.220	38.990	38.570	38.350	-	-	-	37.920	-	37.690	37.480	37.210	37.110	36.990	36.730				
Node	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
ground (m AD)	42.000	42.000	42.000	42.000	42.710	41.330	43.460	-	-	42.050	43.670	-	40.000	40.020	39.580	-	39.880					

Busturia-Forua



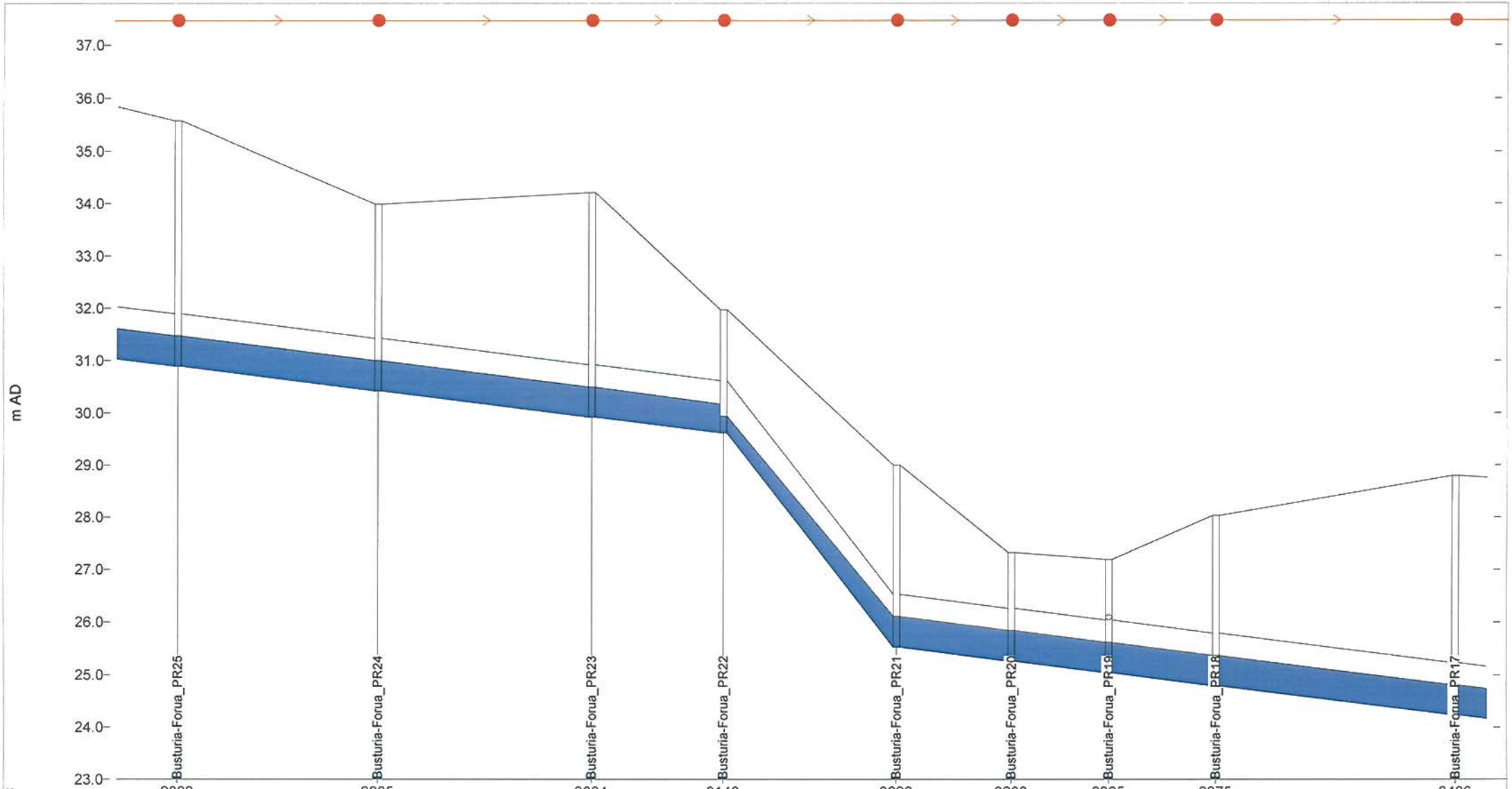
Link	-	-	-	-	-	Busturia-Forua_PR44.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
width (mm)	0	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
us inv (m AD)	10	37.110	36.990	36.730	36.430	36.180	35.790	35.630	35.210	34.900	34.670	34.510	34.210	33.870	33.720		
ds inv (m AD)	10	36.990	36.730	36.430	36.180	35.790	35.630	35.210	34.900	34.670	34.510	34.210	33.870	33.720	33.500		
Node	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ground (m AD)	-	39.880	39.370	39.000	38.650	38.060	38.310	37.720	38.300	37.360	36.890	37.440	38.380	37.000	37.0		



Link	-	-	-	-	-	-	-	Busturia-Forua_PR29.1	-	-	Busturia-Forua_PR26.1	Busturia-F
width (mm)	1000	1000	1000	1000	-	1000	1000	1000	1000	1000	1000	
us inv (m AD)	33.870	33.720	33.500	33.320	-	33.140	32.860	32.630	32.060	31.710	31.530	3
ds inv (m AD)	33.720	33.500	33.320	33.180	-	32.860	32.630	32.060	31.710	31.530	30.890	3

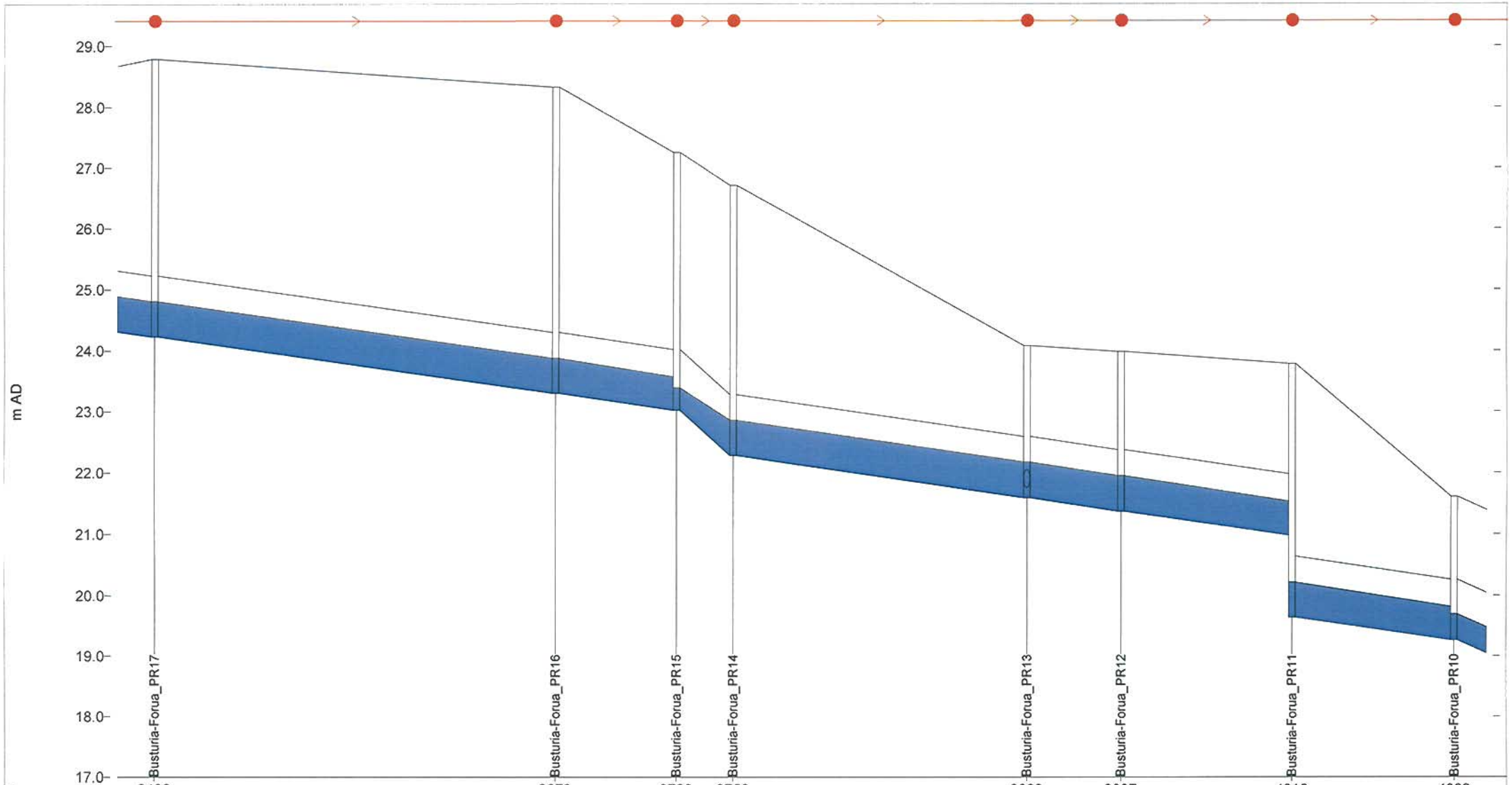
Node	-	-	-	-	-	-	-	Busturia-Forua_PR29	Busturia-Forua_PR28	-	Busturia-Forua_PR26	Busturia-Forua_PR25
ground (m AD)	38.380	37.000	37.000	37.000	-	37.010	35.840	35.310	34.370	35.250	36.810	35.580

Busturia-Forua



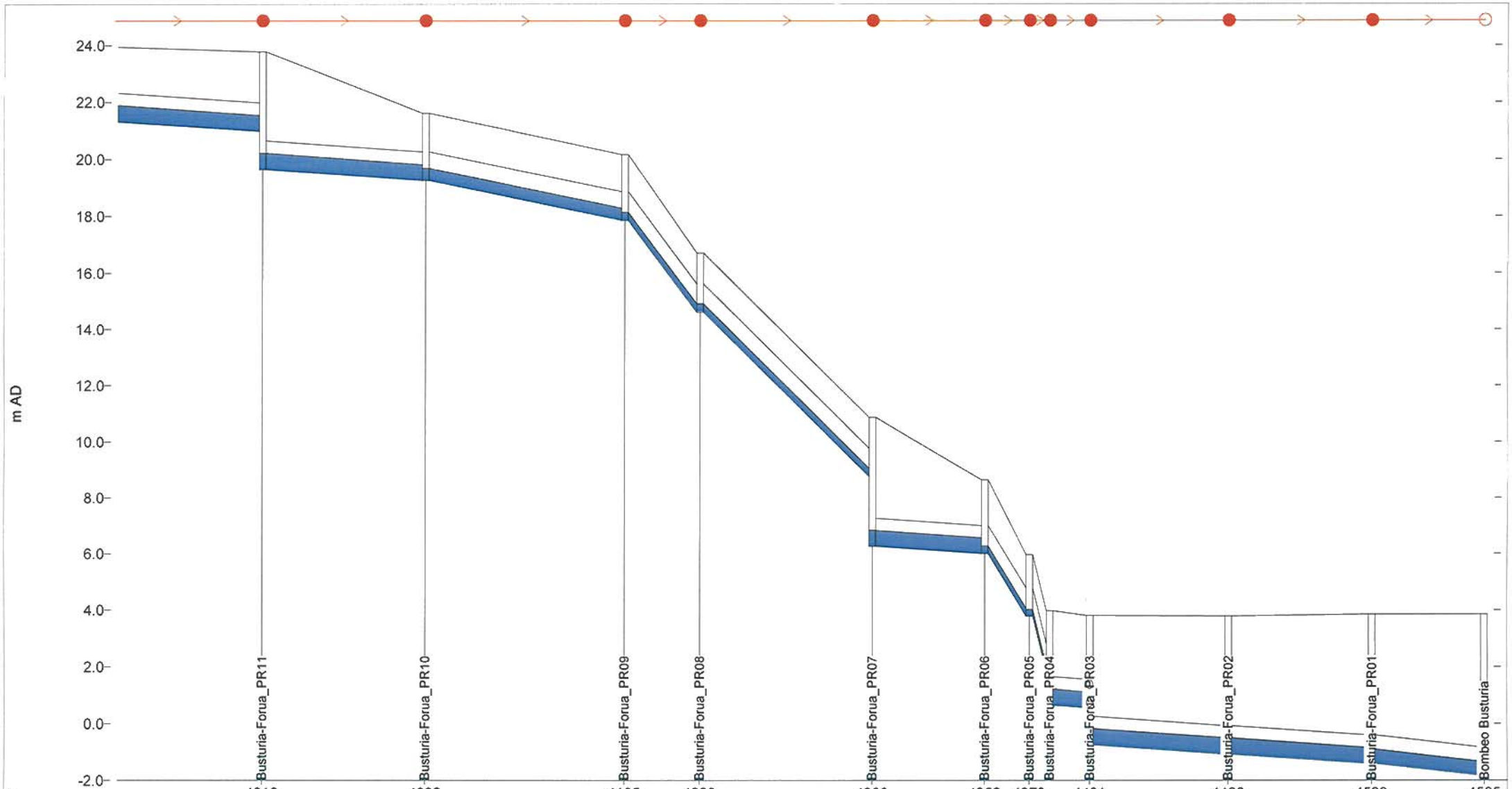
Link		Busturia-Forua_PR25.1	Busturia-Forua_PR24.1	-	Busturia-Forua_PR22.1	-	-	-	Busturia-Forua_PR18.1
width (mm)		1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
us inv (m AD)		30.890	30.420	29.920	29.620	25.530	25.260	25.040	24.790
ds inv (m AD)		30.420	29.920	29.620	25.530	25.260	25.040	24.790	24.230
Node	usturia-Forua_PR25	Busturia-Forua_PR24	Busturia-Forua_PR23	Busturia-Forua_PR22	-	-	-	Busturia-Forua_PR18	Busturia-Forua_PF
ground (m AD)	35.580	33.990	34.210	31.970	29.000	27.320	27.190	28.030	28.790

Busturia-Forua



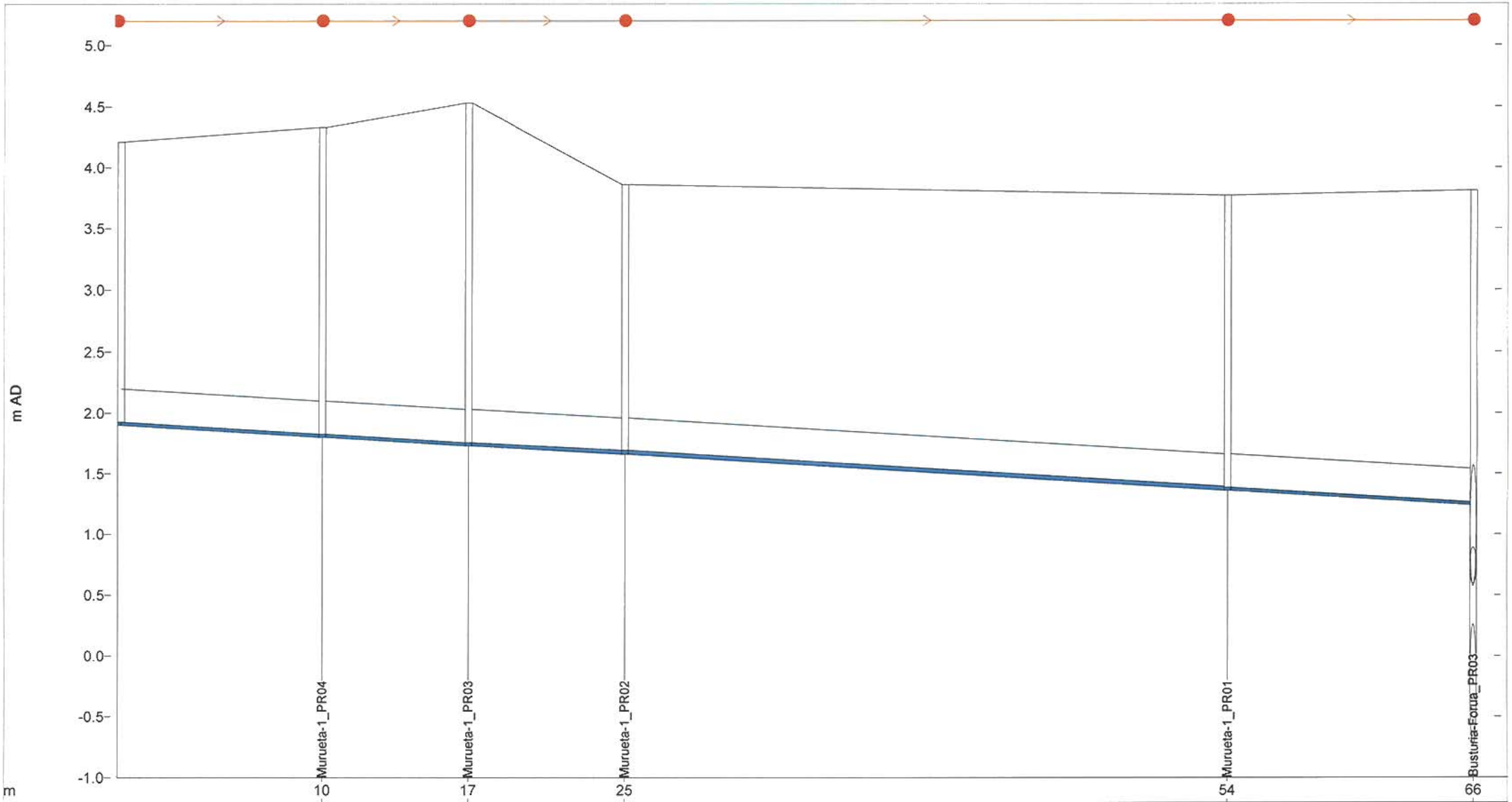
Link		Busturia-Forua_PR17.1		-	-	Busturia-Forua_PR14.1		-	Busturia-Forua_PR12.1	Busturia-Forua_PR11.1	Bust
width (mm)		1000		1000	1000	1000		1000	1000	1000	
us inv (m AD)		24.230		23.300	23.020	22.280		21.590	21.370	19.640	
ds inv (m AD)		23.300		23.020	22.280	21.590		21.370	20.980	19.260	
Node	uria-Forua_PR17		Busturia-Forua_PR16	-	Busturia-Forua_PR14		Busturia-Forua_PR13	-	Busturia-Forua_PR11	Busturia-Forua_PR	
ground (m AD)	28.790		28.330	27.250	26.710		24.080	23.980	23.780	21.610	

Busturia-Forua

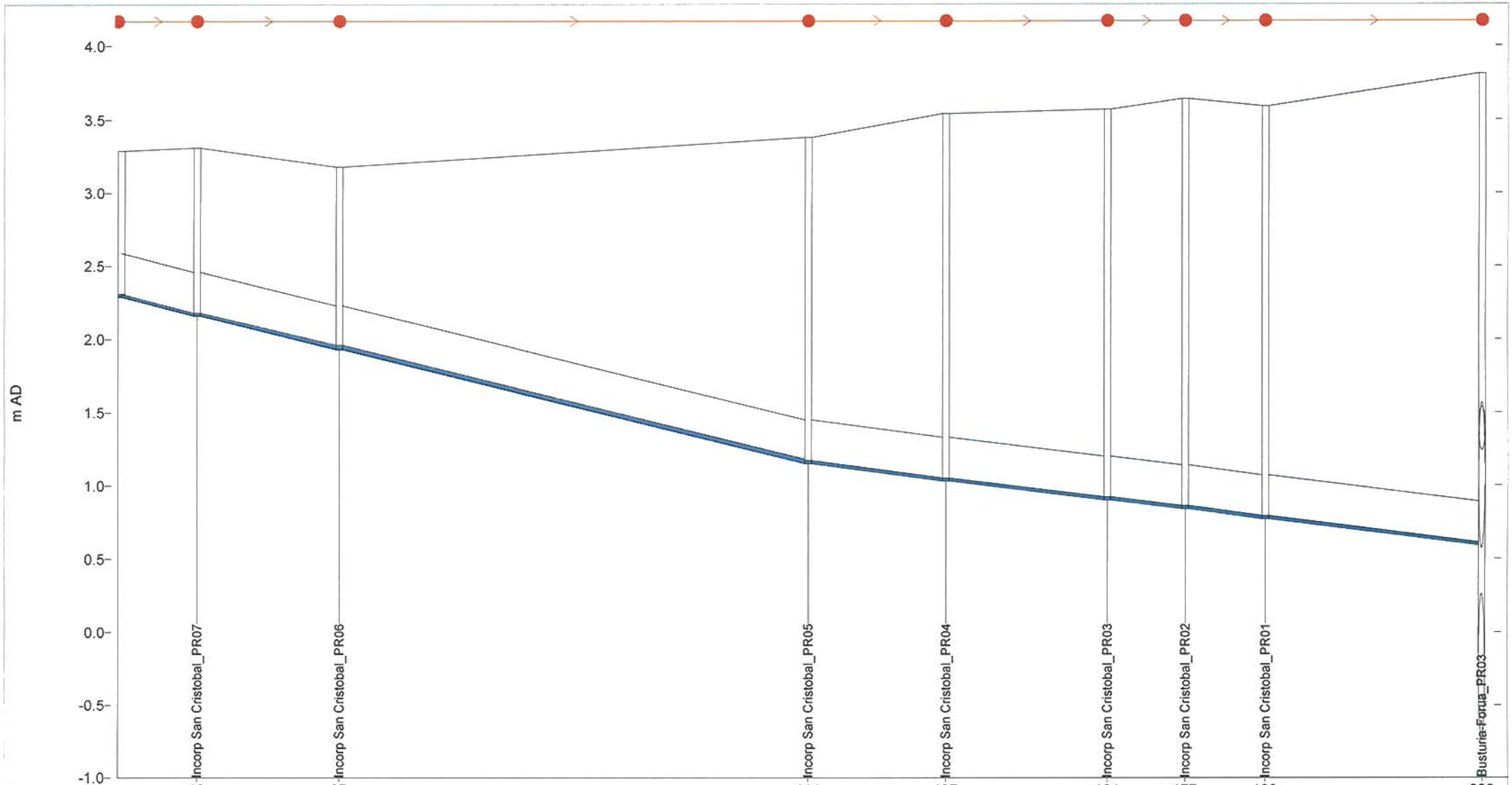


m	4016	4092	4185	4220	4300	4352	4373	4401	4466	4533	4585
Link	ısturia-Forua_PR12.1	Busturia-Forua_PR11.1	Busturia-Forua_PR10.1	-	Busturia-Forua_PR08.1	-	-	-	-	-	-
width (mm)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	-	1000	1000	1000	1000	1000
us inv (m AD)	21.370	19.640	19.260	17.860	14.610	6.270	6.010	-	0.660	-0.740	-1.070	-1.400
ds inv (m AD)	20.980	19.260	17.860	14.610	8.770	6.010	3.790	-	0.570	-1.070	-1.400	-1.830
Node		Busturia-Forua_PR11	Busturia-Forua_PR10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ground (m AD)		23.780	21.610	20.160	16.710	10.870	8.650	-	-	3.810	3.790	3.850	3.850

Murueta-1 (I01/I)

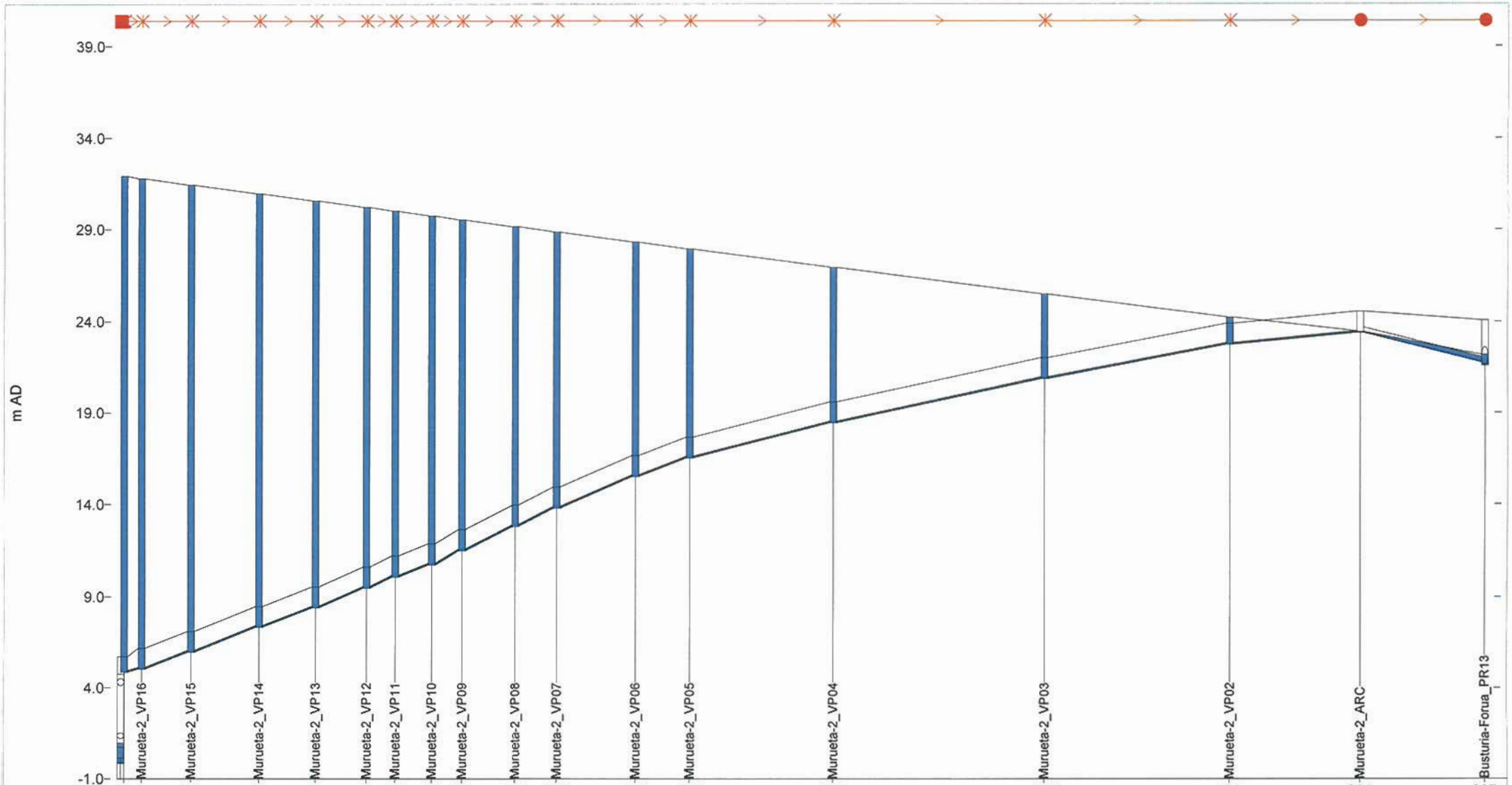


Link	Murueta-1_PR05.1	Murueta-1_PR04.1	Murueta-1_PR03.1	Murueta-1_PR02.1	Murueta-1_PR01.1	
width (mm)	300	300	300	300	300	
us inv (m AD)	1.900	1.800	1.730	1.660	1.360	
ds inv (m AD)	1.800	1.730	1.660	1.360	1.240	
Node	-	Murueta-1_PR04	Murueta-1_PR03	Murueta-1_PR02	Murueta-1_PR01	-
ground (m AD)	4.210	4.330	4.530	3.860	3.770	3.810



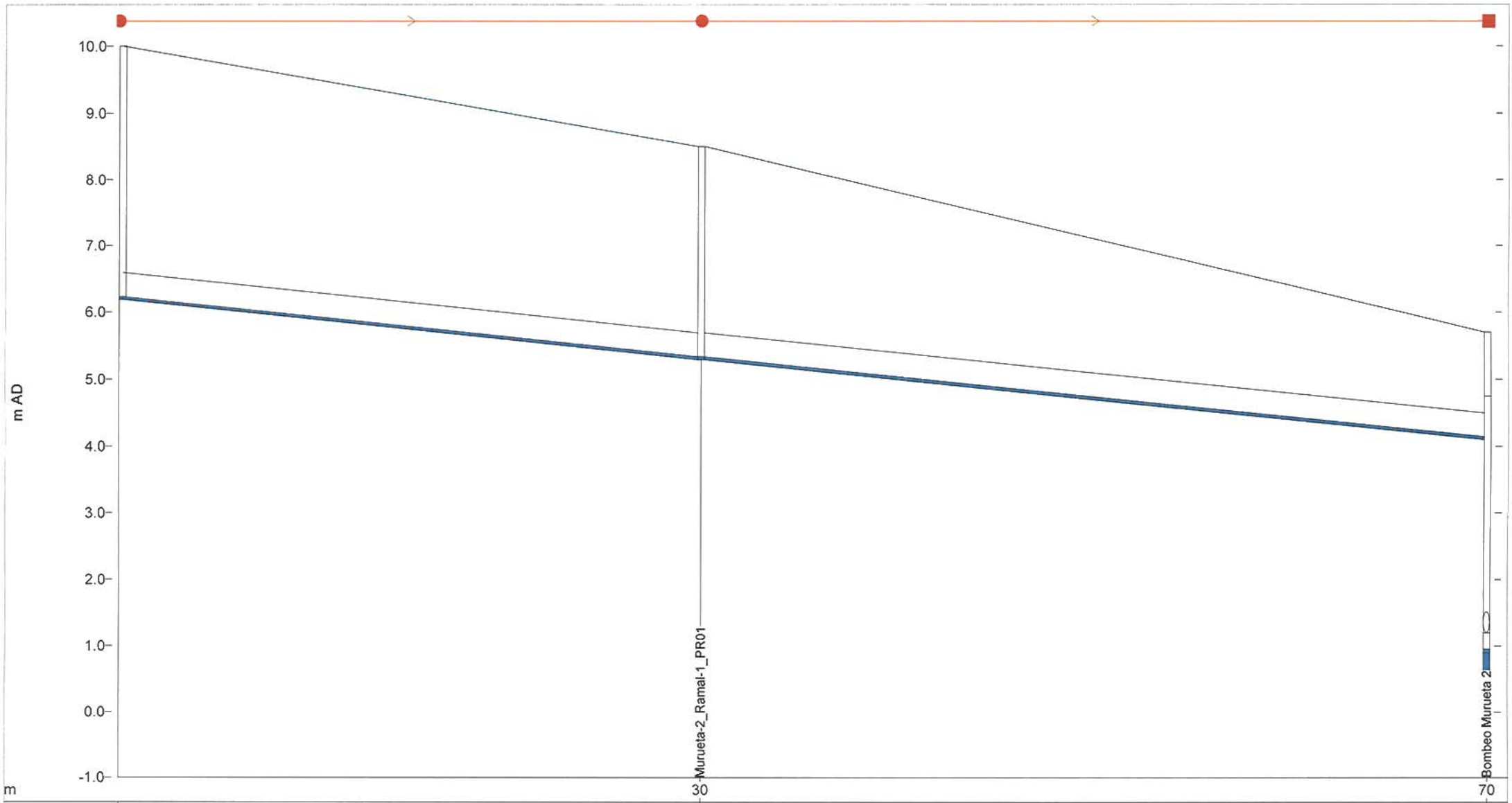
m		13	37		114	137	164	177	190		226
Link	-	-	Incorp San Cristobal_PR06.1		-	-	-	-	Incorp San Cristobal_PR01.1		
width (mm)	300	300	300		300	300	300	300	300		
us inv (m AD)	2.290	2.160	1.930		1.150	1.030	0.900	0.840	0.770		
ds inv (m AD)	2.160	1.930	1.150		1.030	0.900	0.840	0.770	0.590		
Node	-	-	Incorp San Cristobal_PR06		Incorp San Cristobal_PR05		-	-	-		-
ground (m AD)	-	3.310	3.180		3.380	3.540	3.570	3.640	3.590		3.810

Murueta-2 (I02/I)

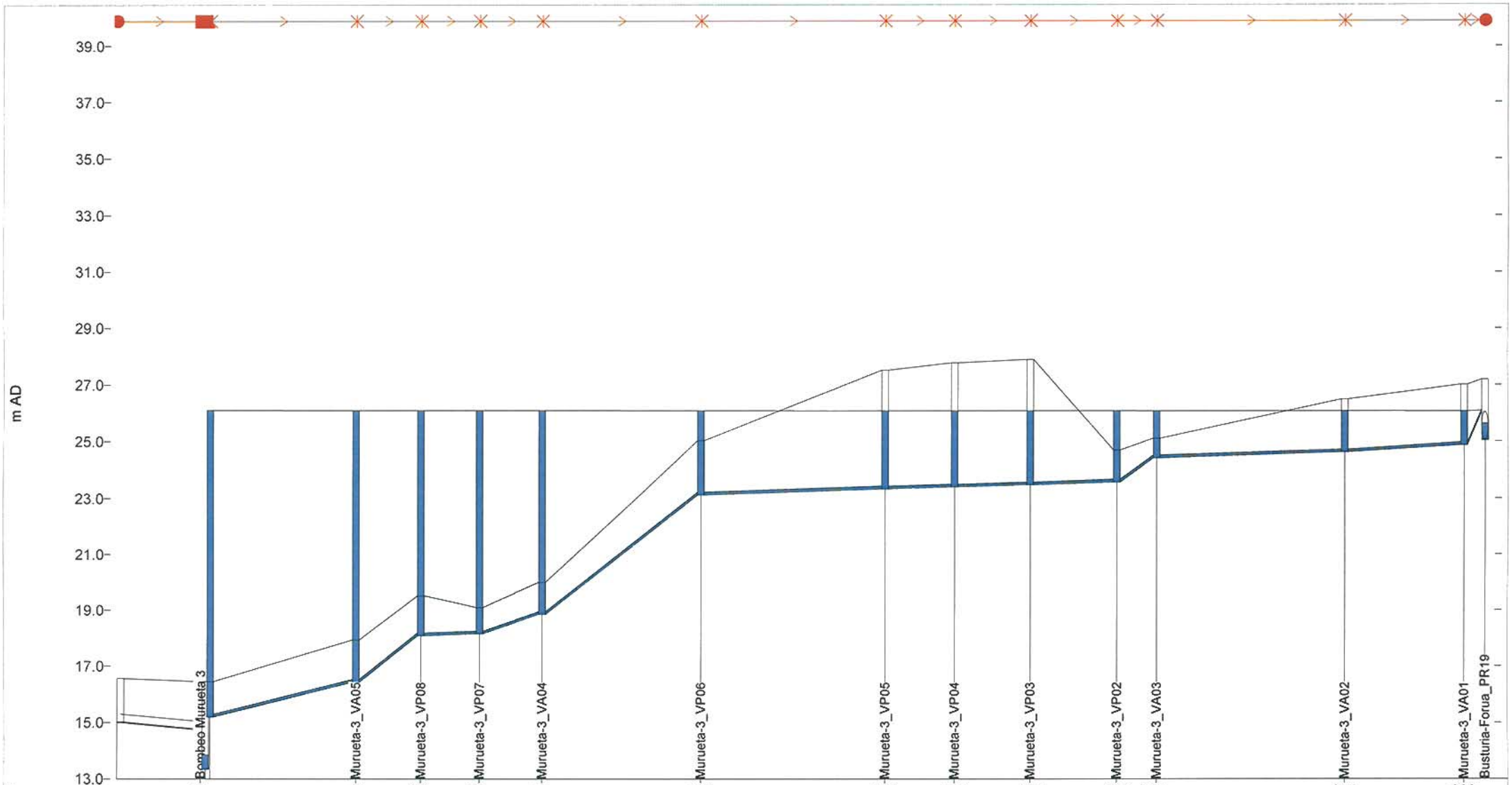


Link	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Murueta-2_VP05.1	Murueta-2_VP04.1	Murueta-2_VP03.1	Murueta-2_VP02.1	Murueta-2_ARC.1		
width (mm)	-	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	300		
us inv (m AD)	-	5.020	5.950	7.320	8.390	-	-	-	11.500	-	13.780	15.500	16.520	18.440	20.870	22.740	23.380	21.750		
ds inv (m AD)	-	5.950	7.320	8.390	9.470	-	-	-	12.800	-	15.500	16.520	18.440	20.870	22.740	23.380	21.750			
Node	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Murueta-2_VP04	Murueta-2_VP03	Murueta-2_VP02	Murueta-2_ARC	-		
ground (m AD)	-	7.100	8.470	9.540	-	-	-	-	-	14.930	16.650	17.660	19.590	22.020	23.890	24.550	24.080			

Murueta-2 (I02/II)

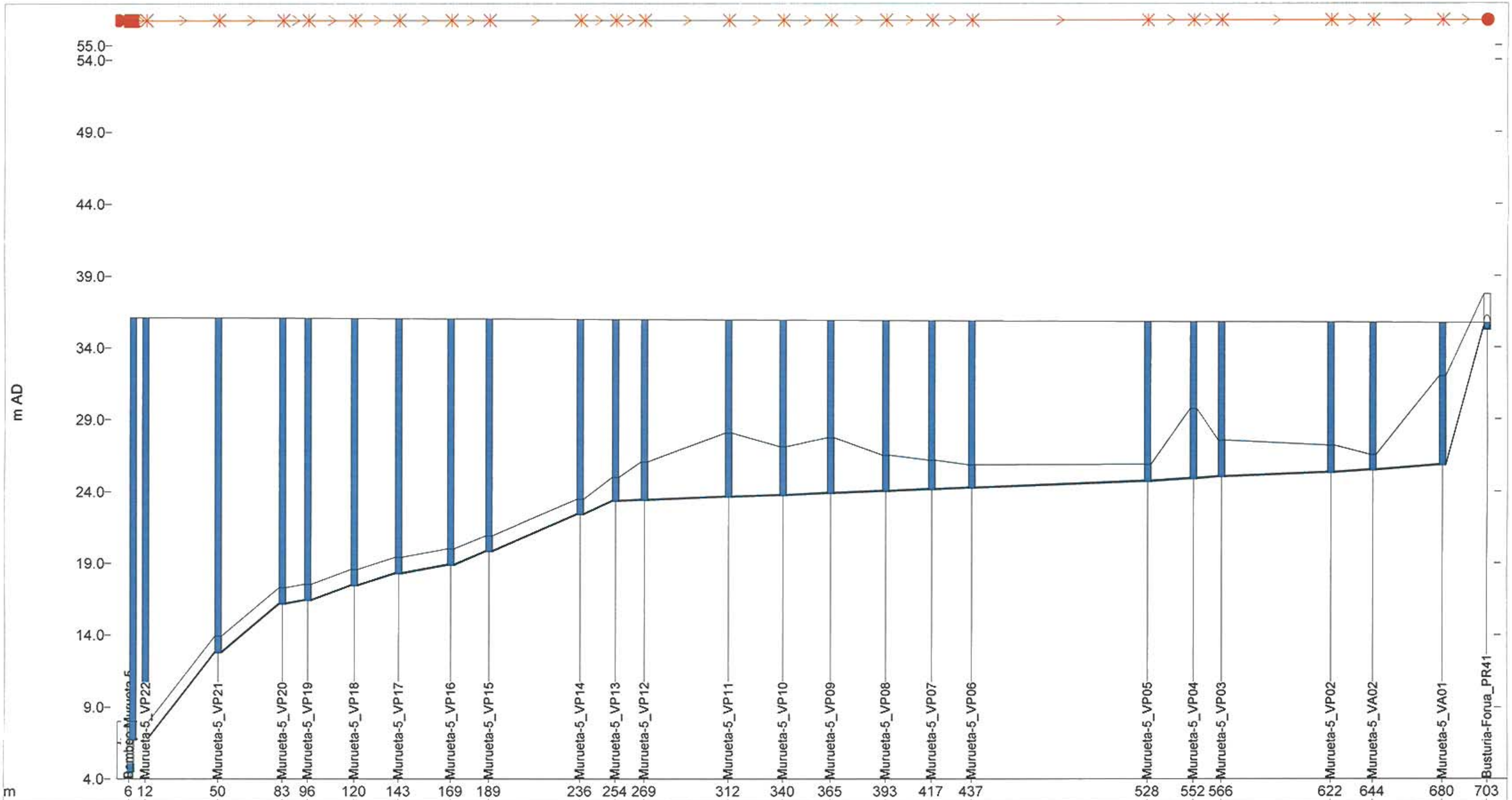


Link	Murueta-2_Ramal-1_PR02.1		Murueta-2_Ramal-1_PR01.1
width (mm)	400		400
us inv (m AD)	6.190		5.290
ds inv (m AD)	5.290		4.100
Node	Murueta-2_Ramal-1_PR02	Murueta-2_Ramal-1_PR01	Bombeo Murueta 2
ground (m AD)	10.000	8.500	5.700



Link	-		-	-	-	-	Murueta-3_VA04.1	Murueta-3_VP06.1	-	-	-	-	Murueta-3_VA03.1		-	-			
width (mm)	300		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	-			
us inv (m AD)	15.000		15.200	16.430	18.080	18.150	18.850	23.130	23.330	23.400	23.470	-	24.420		24.620	-			
ds inv (m AD)	14.750		16.430	18.080	18.150	18.850	23.130	23.330	23.400	23.470	23.570	-	24.620		24.870	-			
Node	-	-	-	-	-	-	-	Murueta-3_VP06	Murueta-3_VP05	-	-	-	-	Murueta-3_VA02		-			
ground (m AD)	-	-	16.450	17.930	19.510	19.100	20.000	25.030	27.520	27.770	27.890	24.690	25.100	26.490	27.010				

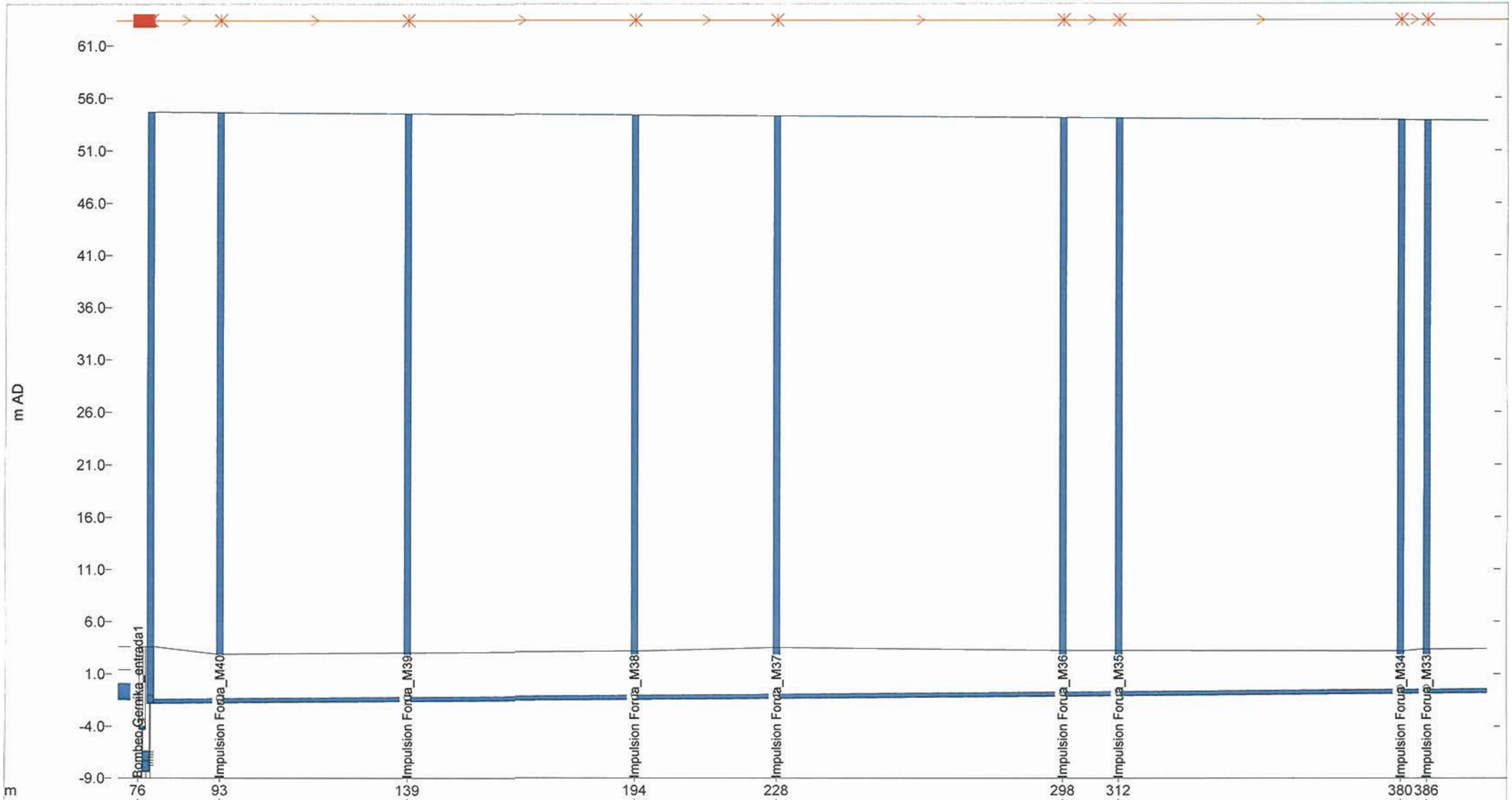
Murueta-5



m (from–to)	Link	width (mm)	us inv (m AD)	ds inv (m AD)
6–12				
12–50	-	100	6.850	12.770
50–83	-	100	12.770	16.150
83–96	-	100	-	-
96–120	-	100	16.390	17.420
120–143	-	100	-	-
143–169	-	100	18.260	18.850
169–189	-	100	-	-
189–236	-	100	19.800	22.380
236–254	-	100	-	-
254–269	-	100	-	-
269–312	-	100	23.390	23.610
312–340	-	100	23.610	23.720
340–365	-	100	23.720	23.870
365–393	-	100	23.870	24.010
393–417	-	100	24.010	24.130
417–437	-	100	-	-
437–528	Murueta-5_VP06.1	100	24.230	24.690
528–552	-	100	24.690	24.870
552–566	-	100	-	-
566–622	-	100	25.000	25.300
622–644	-	100	-	-
644–680	-	100	25.470	25.820
680–703	-	100	-	-

m	Node	ground (m AD)
12	-	-
50	-	13.920
83	-	-
96	-	-
120	-	-
143	-	-
169	-	-
189	-	20.920
236	-	23.480
254	-	-
269	-	26.080
312	-	28.070
340	-	-
365	-	-
393	-	-
417	-	-
437	-	25.870
528	-	25.910
552	-	-
566	-	27.550
622	-	27.200
644	-	26.570
680	-	32.000
703	-	-

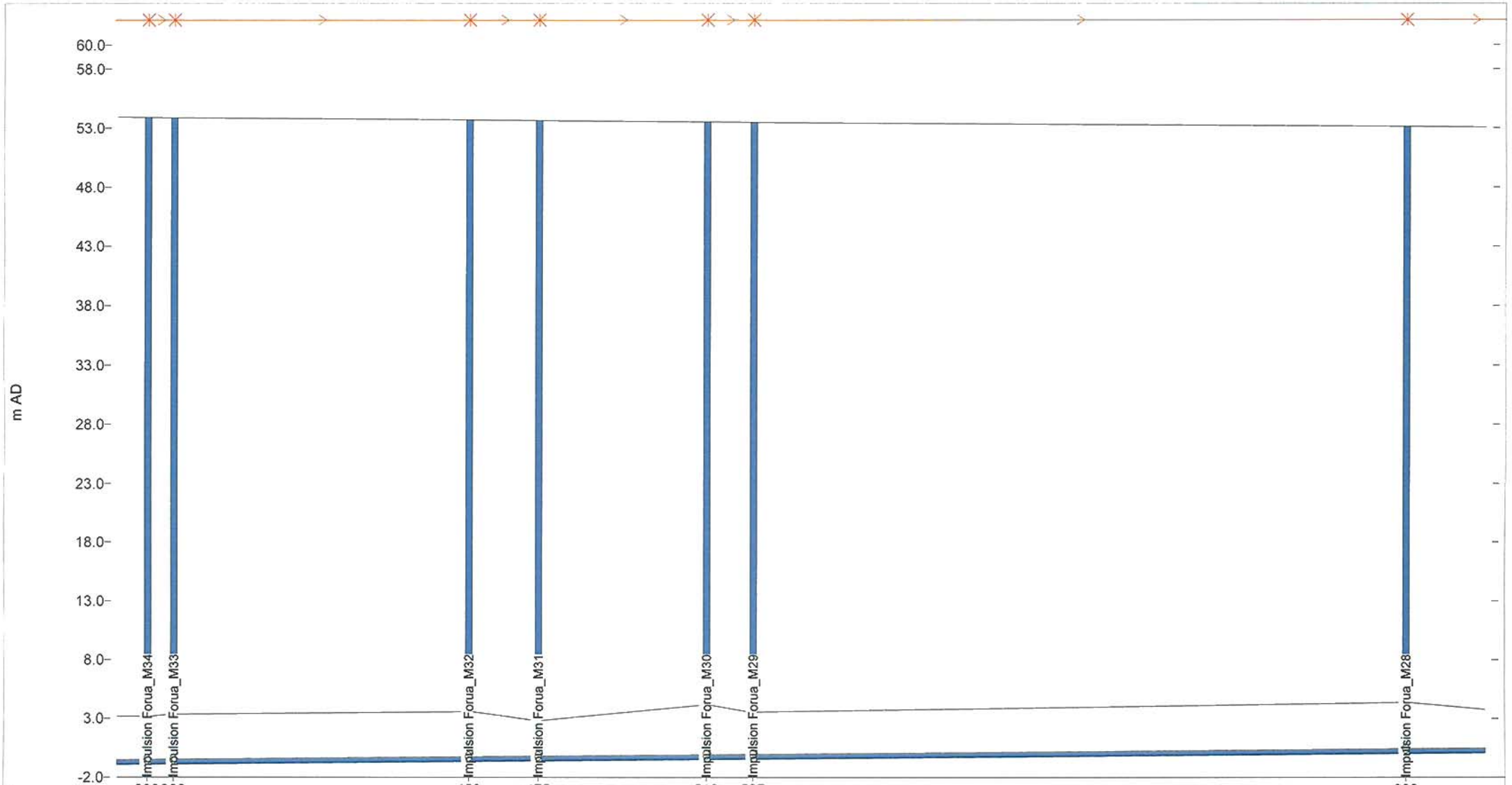
Impulsión de Forua



Link	-	Impulsion Forua_M40.1	Impulsion Forua_M39.1	-	Impulsion Forua_M37.1	-	Impulsion Forua_M35.1	-	In
width (mm)	400	400	400	400	400	400	400	400	
us inv (m AD)	-1.800	-1.740	-1.610	-1.440	-1.340	-1.130	-1.090	-	
ds inv (m AD)	-1.740	-1.610	-1.440	-1.340	-1.130	-1.090	-0.880	-	

Node	-	-	-	Impulsion Forua_M39	Impulsion Forua_M38	Impulsion Forua_M37	Impulsion Forua_M36	Impulsion Forua_M35	Impulsion Forua_M34	Impulsion For
ground (m AD)	600	-	2.870	3.000	3.150	3.500	3.210	3.220	3.170	3.340

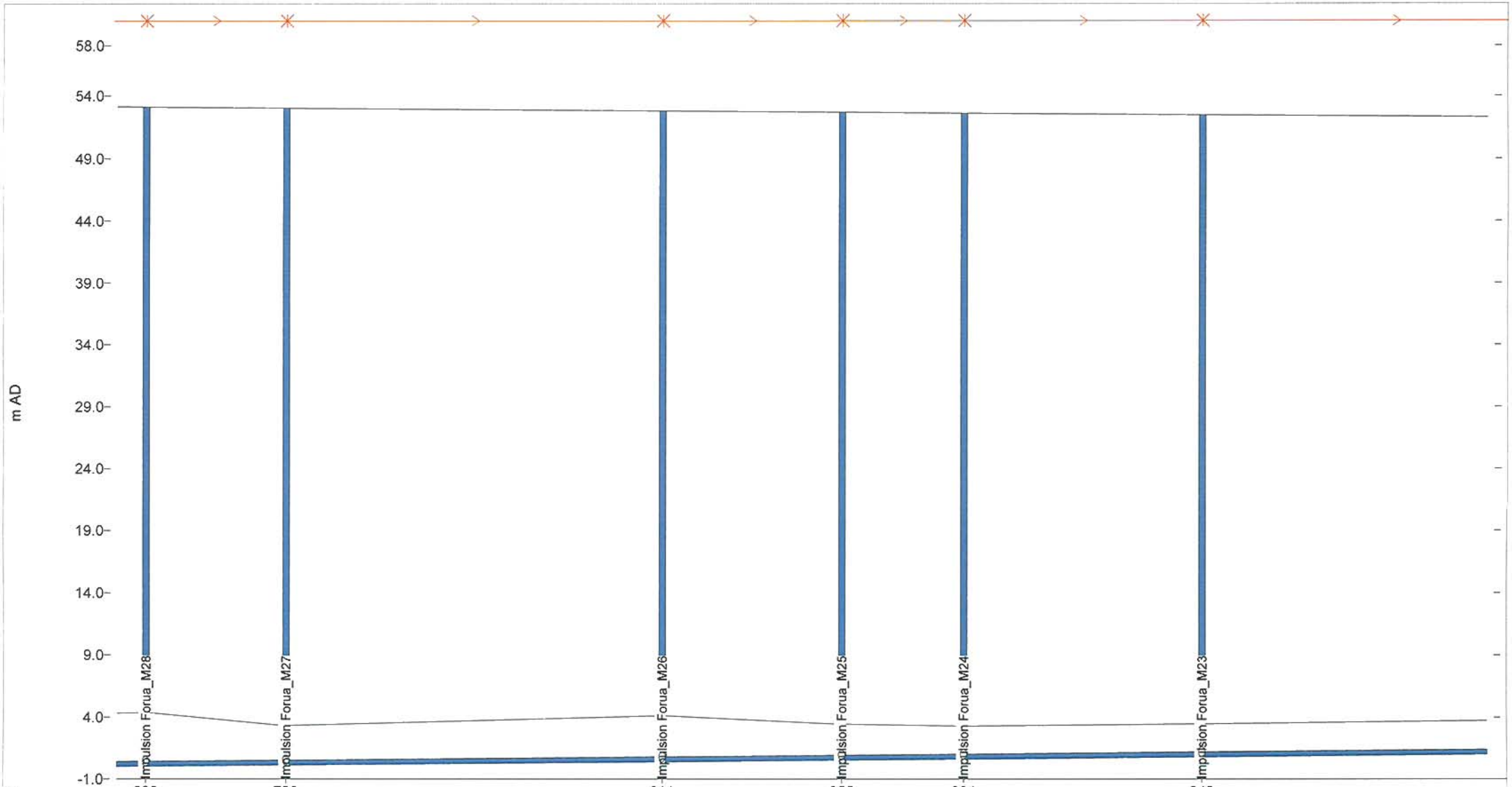
Impulsión de Forua



Link	-	Impulsion Forua_M33.1	-	Impulsion Forua_M31.1	-	Impulsion Forua_M29.1	-
width (mm)	400	400	400	400	400	400	400
us inv (m AD)	-	-0.860	-0.640	-0.590	-0.470	-0.430	0.030
ds inv (m AD)	-	-0.640	-0.590	-0.470	-0.430	0.030	0.130

Node	a_M34	Impulsion Forua_M33	Impulsion Forua_M32	-	-	Impulsion Forua_M29	Impulsion Forua_M28	Imp
ground (m AD)	3.170	3.340	3.560	2.840	4.150	3.550	4.350	

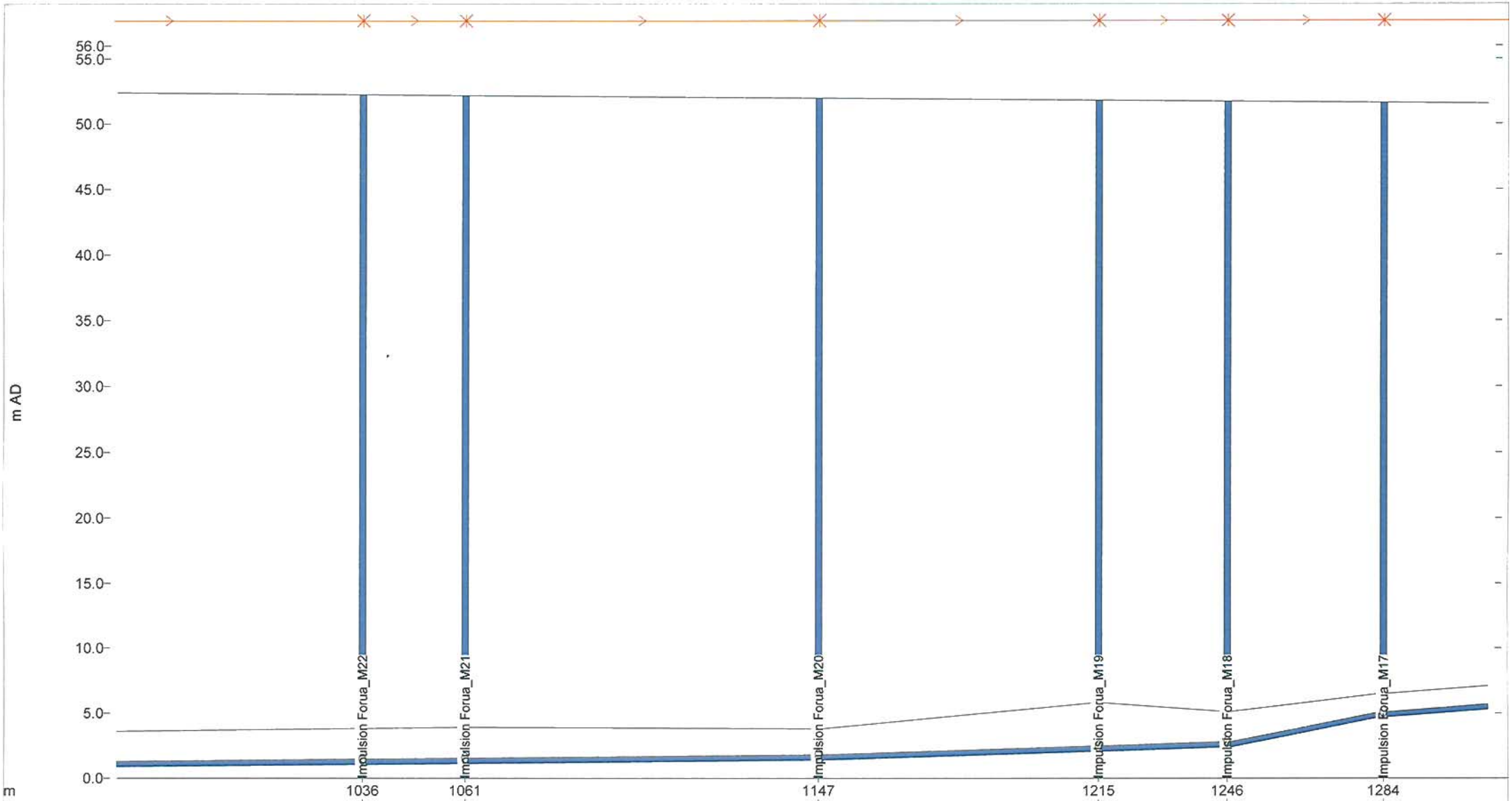
Impulsión de Forua



Link	-	Impulsion Forua_M27.1	Impulsion Forua_M26.1	-	Impulsion Forua_M24.1		Impulsion Forua_M23.1
width (mm)	400	400	400	400	400		400
us inv (m AD)	0.030	0.130	0.410	0.540	0.620		0.800
ds inv (m AD)	0.130	0.410	0.540	0.620	0.800		1.080

Node	ion Forua_M28	Impulsion Forua_M27	Impulsion Forua_M26	-	Impulsion Forua_M24	Impulsion Forua_M23	Im
ground (m AD)	4.350	3.340	4.110	3.450	3.290	3.470	

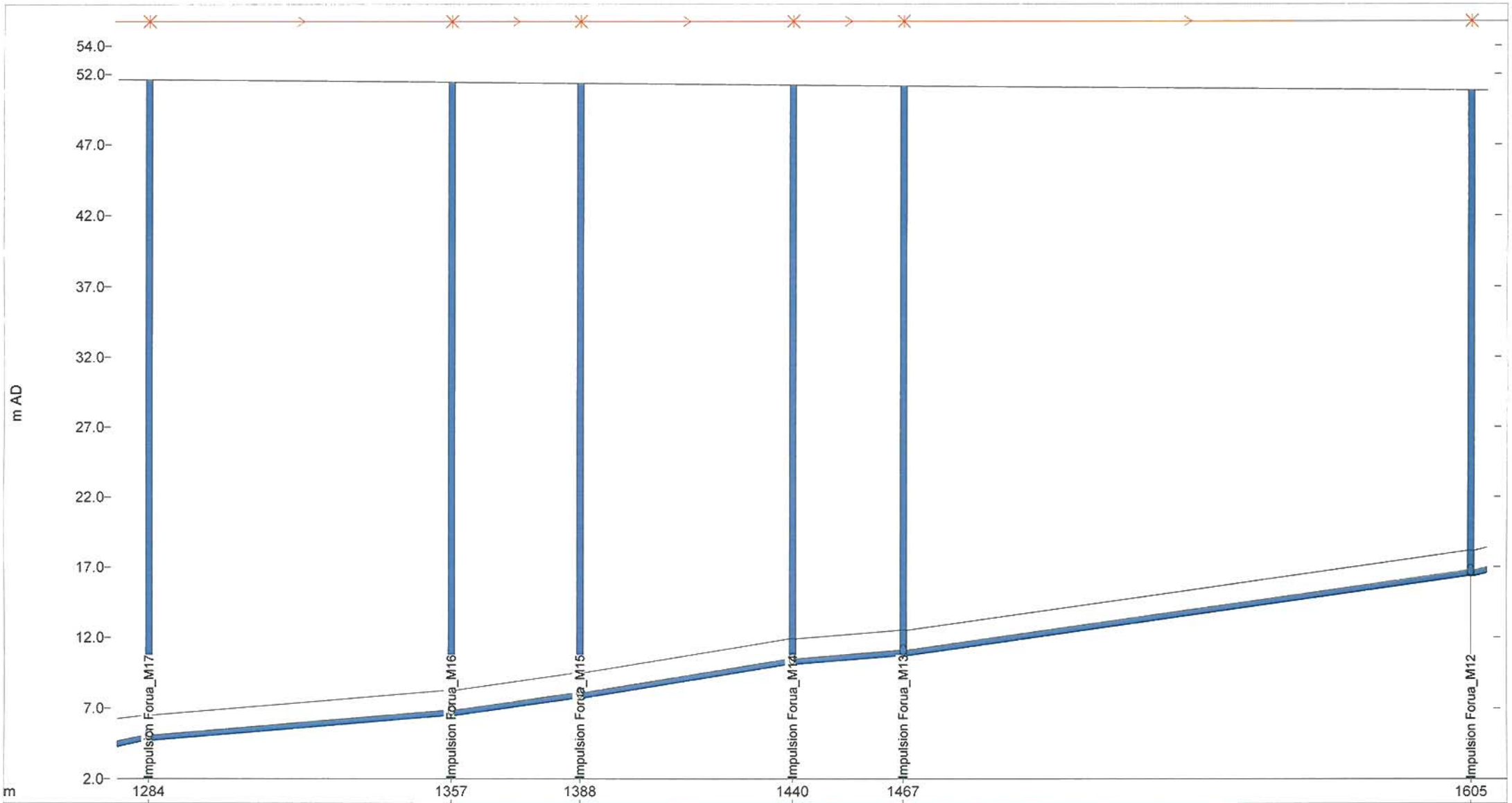
Impulsión de Forua



Link	ulsion Forua_M23.1	-	Impulsion Forua_M21.1	Impulsion Forua_M20.1	-	-	Impulsic
width (mm)	400	400	400	400	400	400	
us inv (m AD)	0.800	1.080	1.150	1.410	2.080	2.400	
ds inv (m AD)	1.080	1.150	1.410	2.080	2.400	4.700	

Node	Impulsion Forua_M22	Impulsion Forua_M21	Impulsion Forua_M20	Impulsion Forua_M19	-	Impulsion Forua_M17
ground (m AD)	3.830	3.900	3.800	5.810	5.130	6.500

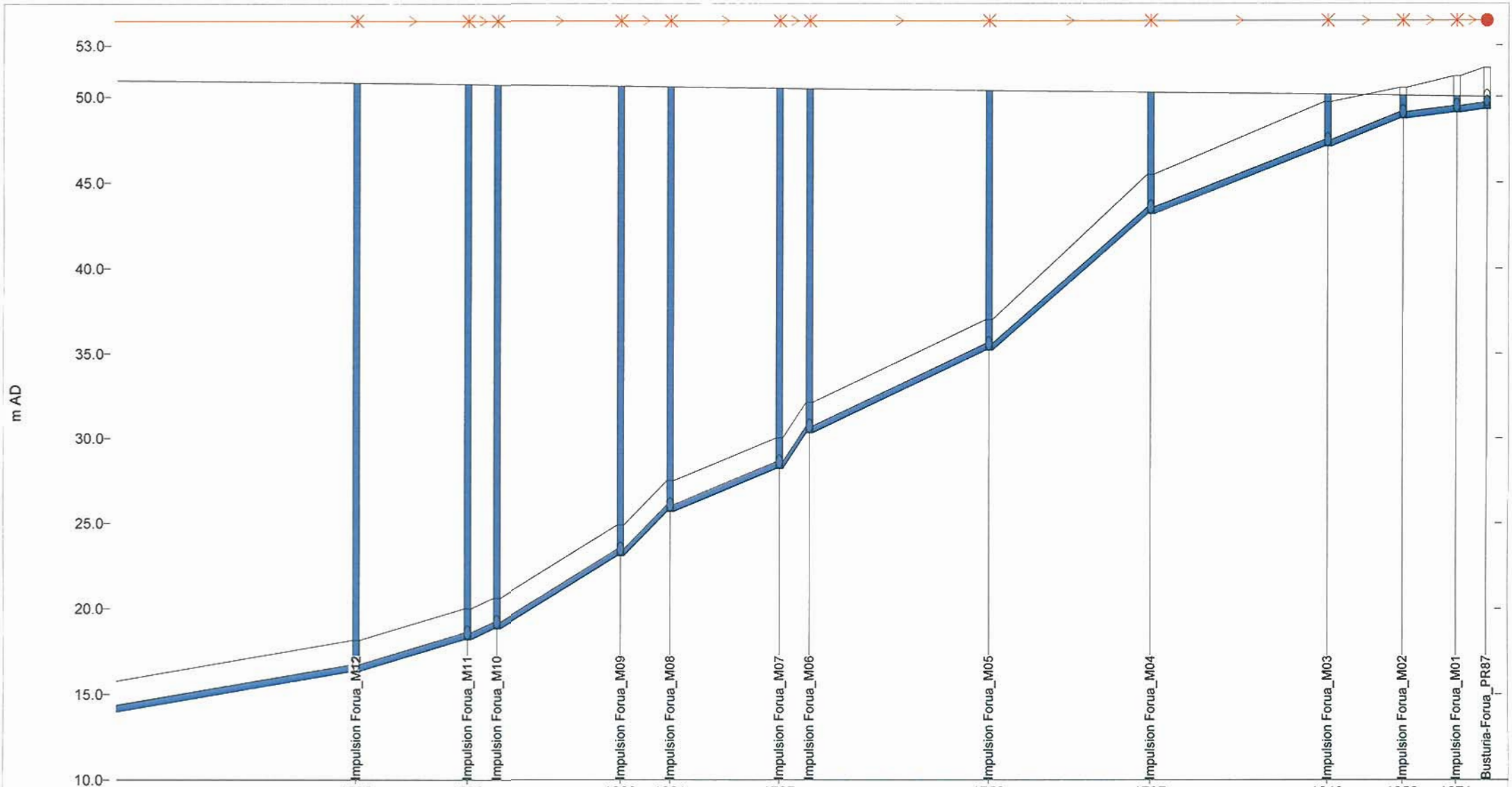
Impulsión de Forua



Link	Impulsion Forua_M17.1	-	Impulsion Forua_M15.1	-	Impulsion Forua_M13.1
width (mm)	400	400	400	400	400
us inv (m AD)	4.700	6.460	7.700	10.100	10.700
ds inv (m AD)	6.460	7.700	10.100	10.700	16.350

Node	sion Forua_M17	Impulsion Forua_M16	Impulsion Forua_M15	Impulsion Forua_M14	Impulsion Forua_M13	Impulsion Forua_M
ground (m AD)	6.500	8.260	9.500	11.900	12.500	18.150

Impulsión de Forua



Link	M13.1	-	-	-	-	-	-	Impulsion Forua_M06.1	Impulsion Forua_M05.1	Impulsion Forua_M04.1	-	-	-		
width (mm)		400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400		
us inv (m AD)		16.350	-	18.830	23.100	25.700	-	30.330	35.200	43.180	47.090	48.720	-		
ds inv (m AD)		18.200	-	23.100	25.700	28.220	-	35.200	43.180	47.090	48.720	49.070	-		
Node	Impulsion Forua_M12	-	-	-	-	-	-	Impulsion Forua_M05	Impulsion Forua_M04	-	-	-	-		
ground (m AD)	18.150	20.000	20.630	24.900	27.500	30.020	32.130	37.000	45.480	49.700	50.520	-			

APÉNDICE Nº10.3

Cálculos hidráulicos del colector

						CAUDAL MAXIMO				CAUDAL MINIMO			
Nº POZO	COTA DE ENTRADA	COTA DE SALIDA	DIAMETRO TUBO	LONGITUD DEL TRAMO	PENDIENTE	CAUDAL	VELOC.	N.FROUDE	LLENADO	CAUDAL	PARTIC.	VELOC.	N.FROUDE
	m	m	mm	m	%	l/s	m/s		%	l/s	mm	m/s	
TRAMO BUSTURIA-FORUA													
B. Busturia	-1,830	-1,830											
			1200	115,22	0,30	942,68	1,64	0,76	50,55	115,91	3,78	0,91	0,77
PR-1	-1,484	-1,484											
			1200	67,04	0,30	942,68	1,64	0,76	50,55	115,91	3,78	0,91	0,77
PR-2	-1,283	0,677											
			1000	22,31	0,50	942,17	1,99	0,91	58,22	115,72	5,81	1,12	0,98
PR-3	0,788	3,848											
			1000	20,84	10,35	942,17	6,01	4,52	25,36	115,72	61,01	3,23	4,13
PR-4	6,005	6,005											
			1000	42,16	0,50	942,17	1,99	0,91	58,22	115,72	5,81	1,12	0,98
PR-5	6,216	7,686											
			1000	120,60	5,39	942,17	4,76	3,27	29,96	115,72	36,82	2,57	3,04
PR-6	14,186	14,186											
			1000	26,82	15,67	942,17	6,97	5,54	22,85	115,72	84,08	3,73	5,02
PR-7	18,389	18,389											
			1000	65,02	1,32	942,17	2,86	1,58	43,65	115,72	12,37	1,57	1,56
PR-8	19,247	19,247											
			1000	75,73	0,50	942,17	1,99	0,91	58,22	115,72	5,81	1,12	0,98
PR-9	19,626	20,576											
			1000	120,69	0,50	942,17	1,99	0,91	58,22	115,72	5,81	1,12	0,98
PR-11	21,179	21,179											
			1000	54,80	0,50	931,65	1,98	0,92	57,80	113,41	5,76	1,11	0,98
PR-12	21,453	21,453											
			1200	40,53	2,80	931,65	3,69	2,43	27,46	113,41	21,17	1,98	2,23
PR-13	22,588	22,588											
			1000	140,86	0,50	931,65	1,98	0,92	57,80	113,41	5,76	1,11	0,98
PR-14	23,293	23,293											
			1200	290,97	0,50	931,65	1,98	1,01	43,36	113,41	5,57	1,08	0,99
PR-15	24,747	24,747											
			1000	57,13	0,50	931,65	1,98	0,92	57,80	113,41	5,76	1,11	0,98
PR-16	25,033	25,033											
			1000	97,76	0,50	931,18	1,98	0,92	57,79	113,27	5,76	1,11	0,98
PR-17	25,522	25,522											
			1000	98,51	4,24	931,18	4,36	2,90	31,69	113,27	30,28	2,35	2,71

						CAUDAL MAXIMO				CAUDAL MINIMO			
Nº POZO	COTA DE ENTRADA	COTA DE SALIDA	DIAMETRO TUBO	LONGITUD DEL TRAMO	PENDIENTE	CAUDAL	VELOC.	N.FROUDE	LLENADO	CAUDAL	PARTIC.	VELOC.	N.FROUDE
	m	m	mm	m	%	l/s	m/s		%	l/s	mm	m/s	
PR-18	29,699	29,699											
			1000	235,76	0,50	931,18	1,98	0,92	57,79	113,27	5,76	1,11	0,98
PR-21	30,878	30,878											
			1200	185,00	0,50	931,18	1,98	1,01	43,35	113,27	5,57	1,08	0,99
PR-22	31,803	31,803											
			1000	52,93	1,36	931,18	2,88	1,61	43,01	113,27	12,54	1,58	1,58
PR-23	32,522	32,522											
			1000	624,72	0,50	926,62	1,98	0,92	57,61	112,57	5,74	1,11	0,98
PR-36	35,646	35,646											
			1000	1478,15	0,50	926,62	1,98	0,92	57,61	112,57	5,74	1,11	0,98
PR-57	39,913	39,913											
			1000	33,48	2,95	926,62	3,82	2,41	34,77	112,57	22,80	2,06	2,28
PR-58	40,901	40,901											
			1000	84,28	0,50	926,62	1,98	0,92	57,61	112,57	5,74	1,11	0,98
PR-60	41,322	41,322											
			1000	175,45	0,50	926,62	1,98	0,92	57,61	112,57	5,74	1,11	0,98
PR-64	42,199	42,199											
			1000	91,70	0,92	926,62	2,49	1,30	48,00	112,57	9,19	1,37	1,31
PR-66	43,038	43,038											
			1000	187,19	0,50	926,62	1,98	0,92	57,61	112,57	5,74	1,11	0,98
PR-70	43,974	43,974											
			1000	105,38	2,51	926,62	3,60	2,22	36,29	112,57	20,12	1,95	2,11
PR-72	46,619	46,619											
			1000	94,71	0,82	926,62	2,39	1,22	49,56	112,57	8,44	1,32	1,24
PR-73	47,396	47,396											
			1000	394,86	0,50	926,62	1,98	0,92	57,61	112,57	5,74	1,11	0,98
ARC-FORUA	49,370	49,370											

						CAUDAL MAXIMO				CAUDAL MINIMO			
Nº POZO	COTA DE ENTRADA	COTA DE SALIDA	DIAMETRO TUBO	LONGITUD DEL TRAMO	PENDIENTE	CAUDAL	VELOC.	N.FROUDE	LLENADO	CAUDAL	PARTIC.	VELOC.	N.FROUDE
	m	m	mm	m	%	l/s	m/s		%	l/s	mm	m/s	
INCORPORACIÓN GAMBE (I01/II)													
PR2	0,680	0,970											
			300	187,83	0,50	0,17	0,18	0,66	3,93	0,02	0,15	0,10	0,57
I01/205	1,909	1,909											
			300	36,62	1,00	0,17	0,23	0,91	3,34	0,02	0,25	0,12	0,78
I01/208	2,275	2,275											
INCORPORACIÓN MURUETA - 1 (I01/I)													
I01/103	0,680	1,220											
			300	67,96	1,00	0,65	0,35	1,00	6,26	0,17	0,66	0,23	0,91
PR-2	1,900	1,900											
INCORPORACIÓN MURUETA - 2 (I02/II) Ramal 1													
Bombeo	4,100	4,100											
			400	69,53	3,00	1,23	0,60	1,73	4,55	0,23	1,67	0,36	1,54
PR-2	6,186	6,186											
INCORPORACIÓN MURUETA - 2 (I02/III) Ramal 2													
Bombeo	1,200	1,200											
			315	30,00	1,00	9,00	0,77	1,15	20,74	2,08	2,06	0,50	1,07
PR-1	1,500	1,500											