

APÉNDICE: 7.4 PROTECCIÓN CATÓDICA

ÍNDICE

	Página
1. OBJETO.....	6
2. NORMATIVA.....	6
3. CONSIDERACIONES PREVIAS.....	7
3.1. CORROSIÓN EN TUBERÍAS ENTERRADAS	8
3.1.1. Causas de la corrosión en tuberías enterradas	8
3.1.2. Grado de corrosión del acero en el suelo	9
3.1.3. Propagación de la corrosión	10
3.1.4. Morfología de la corrosión	10
3.1.5. Resistividad eléctrica de los suelos	10
3.2. PROTECCIÓN PASIVA DE LA CONDUCCIÓN.....	11
3.3. PROTECCIÓN CATÓDICA	12
3.3.1. Factores de influencia en la protección catódica	13
3.3.2. Concepto influencias líneas eléctricas aéreas de alta tensión.....	15
4. CARACTERÍSTICAS DE LA CONDUCCIÓN	16
4.1. TRAMIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS	16
4.2. TRAZADO	17
5. REQUISITOS CONSTRUCTIVOS	18
5.1. REVESTIMIENTO EXTERIOR DE LA CONDUCCIÓN	19
5.1.1. Revestimiento en tramos enterrados	19
5.1.2. Revestimiento en tramos aéreos	19
5.1.3. Aislamiento eléctrico	20
5.1.4. Caudalímetros y elementos motorizados.....	20
5.1.5. Puesta a tierra de elementos electromecánicos.	21
5.1.6. Cruces bajo hincas	23
5.1.7. Armaduras de arquetas, macizos de anclaje y soportes.....	23
5.1.8. Baja resistencia longitudinal	25
5.1.9. Continuidad eléctrica longitudinal de la tubería	25
5.1.10. Juntas aislantes	26
5.1.11. KIT aislante bridas	26
6. MEDIDAS DE CAMPO.....	27
6.1. MEDIDAS DE RESISTIVIDAD	27
6.2. EXISTENCIA DE OTRAS INSTALACIONES	28
7. CONSIDERACIONES INICIALES DE DISEÑO	29
7.1. ESTACIÓN DE PROTECCIÓN CATÓDICA (EPC)	29

7.2.	PUNTOS DE CONTROL	30
7.3.	PUNTOS DE CONTROL EN CRUCES CON TUBERÍAS AJENAS	31
7.4.	JUNTAS AISLANTES	31
7.5.	SISTEMA DE MITIGACIÓN DE INFLUENCIAS ELÉCTRICAS POR CONDUCCIÓN	32
7.6.	SISTEMA DE MITIGACIÓN DE INFLUENCIAS ELÉCTRICAS POR INDUCCIÓN	32
7.7.	PROTECCIÓN CATÓDICA PROVISIONAL:	32
8.	CRITERIO DE PROTECCIÓN	32
8.1.	CÁLCULOS	33
8.2.	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CATÓDICA	33
8.2.1.	Estación de Protección Catódica (EPC)	34
8.2.2.	Puntos de control (Tomas de potencial)	38
8.2.3.	Tomas de potencial especiales	39
8.2.4.	Sistema de mitigación de influencias por conducción	42
8.2.5.	Sistema de mitigación de influencias por inducción	43
8.2.6.	Juntas aislantes	45
9.	RESUMEN MEDICIONES MATERIALES	46
9.1.	ESTACIONES DE PROTECCIÓN CATÓDICA	46
9.2.	MATERIAL DE LÍNEA	50
10.	NORMAS DE INSTALACIÓN	60
10.1.	INSTALACIÓN ESTACIÓN DE PROTECCIÓN CATÓDICA (EPC)	60
10.2.	CONEXIÓN DE LOS CABLES A LA TUBERÍA	61
10.3.	TENDIDO DE LOS CABLES	61
10.4.	TOMAS DE POTENCIAL	62
10.5.	PUNTO DE CONTROL EN CRUCE DE TUBERÍAS	62
10.6.	JUNTAS AISLANTES	62
10.7.	CABLE DE CONTROL DE GRADIENTE	63
10.8.	PUESTA A TIERRA ZINC	64
10.9.	PROTECCIÓN CATÓDICA PROVISIONAL	64
11.	ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS Y MATERIALES	64
11.1.	TRANSFORRECTIFICADOR	64
11.2.	LECHOS ANÓDICOS	65
11.3.	ELECTRODO DE REFERENCIA PERMANENTE	66
11.4.	ELECTRODO REFERENCIA PROBETA	66
11.5.	CAJAS DE TOMA DE POTENCIAL	66
11.6.	CONDUCTORES ELÉCTRICOS	67
11.7.	JUNTAS AISLANTES	68
11.8.	UDCA	68

11.9.	VÍA DE CHISPAS	68
11.10.	ÁNODO DE MAGNESIO.....	69
15.1.	PICAS DE ZINC.....	70
16.	REVISIÓN DEL REVESTIMIENTO.....	70
17.	PUESTA EN SERVICIO	71
18.	MANTENIMIENTO	72
12.	APÉNDICE 7.4.1: RESUMEN PROTECCIÓN CATÓDICA	75
13.	APÉNDICE 7.4.2: TABLAS REGISTRO TOMA DE DATOS.....	76
14.	APÉNDICE 7.4.3: CÁLCULOS.....	88
14.1.	CÁLCULO DE CORRIENTE DE PROTECCIÓN NECESARIA	89
14.2.	DIMENSIONAMIENTO LECHOS ANÓDICOS	90
14.2.1.	Introducción	90
14.2.2.	Lecho anódico horizontal continuo.....	90
14.3.	CÁLCULO DE ATENUACIÓN DE CORRIENTE	98
14.4.	CÁLCULO DE INFLUENCIAS DE LINEAS ELECTRICAS - CONDUCCIÓN	104
14.4.1.	Cálculo.....	104
14.4.2.	Sistema de mitigación.....	106
14.5.	CÁLCULO DE INFLUENCIAS DE LINEAS ELECTRICAS - INDUCCIÓN	107
14.5.1.	Cálculo.....	107
14.5.2.	Sistema de mitigación.....	108
14.6.	CALCULO DE LA PROTECCION PROVISIONAL POR ANODOS DE MAGNESIO.....	109
15.	APÉNDICE 7.4.4: TABLA UBICACIÓN CAJAS TP/TPE	111
16.	APÉNDICE 7.4.5: ESQUEMAS	120
17.	APÉNDICE 7.4.6: SISTEMAS WAX-TAPE	121
18.	APÉNDICE 7.4.7: CINTA DENSOLEN	126

1. OBJETO

El presente documento tiene por objeto realizar los cálculos y diseño de la protección catódica de la conducción de acero helicoidal con objeto de garantizar la calidad de las instalaciones reduciendo en lo posible los costes de mantenimiento.

El estudio define el tipo y ubicación de la Estación de Protección Catódica, así como la situación más idónea de los distintos elementos de control y regulación, como son las estaciones de control, juntas dieléctricas, electrodos de referencia, probetas, etc.

Asimismo, el presente trabajo calcula las posibles influencias eléctricas sobre la tubería debidas a la proximidad con líneas eléctricas de alta tensión, indicando si son necesarias actuaciones preventivas para mitigar sus efectos perjudiciales.

Para el desarrollo de los trabajos se han realizado mediciones de resistividad y recorridos de campo con la identificación de las líneas eléctricas y principales elementos que pudieran producir corrientes vagabundas.

Para el desarrollo de los trabajos se ha contado con la colaboración de la empresa GULDAGER ELECTROLISIS.

2. NORMATIVA

En la confección del Estudio de Protección Catódica se aplicará la siguiente normativa:

- EN 12954 "Protección catódica de estructuras metálicas enterradas o sumergidas. Aplicación a tuberías protegidas catódicamente".
- EN 13509 "Técnicas de Medida en Protección Catódica".
- EN 50162:2005 "Protección catódica contra la corrosión provocada por corrientes vagabundas provenientes de sistemas de corriente continua".
- UNE-EN ISO 18086 "Evaluación del riesgo de corrosión por corriente alterna de las tuberías enterradas. Aplicación a tuberías protegidas catódicamente.
- EN ISO 21809-1 (2011) "Recubrimientos externos para tuberías enterradas o sumergidas empleadas en sistemas de transporte por tubería. Parte 1: Recubrimientos a base de poliolefinas (3 capas de PE y 3 capas de PP)"
- NACE Standar RP 0169-96 "Control of External Corrosion on Underground or Submerged Metallic Piping Systems".
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión REBT-2002.
- Especificación E-E-012 de ENAGAS

3. CONSIDERACIONES PREVIAS

El origen de la corrosión de un metal que está en contacto con un electrolito, es la formación de pilas galvánicas sobre su superficie, parte de la cual actuará como ánodo, frente a otra parte que actuará como cátodo. Una vez establecidas estas pilas, las zonas anódicas cederán electrones a las catódicas, quedando el metal de las primeras en estado iónico, apto para reaccionar con el medio acuoso que le rodea y formar el producto de corrosión correspondiente.

La formación de las pilas de corrosión, puede establecerse entre pequeñas zonas de superficie metálica, muy próximas entre sí (micropilas de corrosión) o entre grandes zonas distantes (macropilas). Todas ellas contribuyen a la corrosión del metal.

Para evitarla, empleamos dos métodos complementarios:

Protección pasiva eliminando el contacto del metal con el electrolito tierra, recubriendo la superficie de la tubería con un material aislante.

Por muy buenas características que tenga un revestimiento, no es posible conseguir con él, un aislamiento total del metal con el electrolito, quedando al descubierto pequeñas zonas del metal por porosidad, grietas e impactos sobre el revestimiento. Estas pequeñas zonas de metal descubierto, actuarán como ánodos, frente al resto del metal cubierto, produciéndose en ellas un proceso de corrosión, que dará como resultado la aparición de taladros en la pared de la tubería.

Si logramos que toda la superficie metálica se convierta en cátodo de una determinada pila, el metal no tendrá emigración de electrones y por lo tanto, permanecerá inmune a la corrosión. Este concepto nos da idea de en qué consiste el segundo método de combatir la corrosión, que es la PROTECCIÓN CATÓDICA.

Al unir eléctricamente dos metales de distinto potencial electroquímico, estando éstos sumergidos en un electrolito, se establecerá una pila galvánica en la que el metal más electronegativo (ánodo), cederá electrones al más electropositivo (cátodo), aumentando el potencial de aquél (haciéndose menos electronegativo) y disminuyendo el potencial de éste (haciéndose más electronegativo). Los electrones (cargas negativas) del ánodo, emigran hacia el cátodo, disminuyendo las cargas negativas del ánodo y aumentándolas en el cátodo.

En el caso de una tubería enterrada, este proceso se realiza de tramo en tramo conectándola a piezas de magnesio o cinc enterradas a poca distancia de la tubería, que se denominarán "Ánodos de sacrificio", ya que se irán disolviendo a expensas de suministrar al acero, la corriente de electrones necesaria para mantenerlo inmune.

Este suministro constante de electrones al acero, puede hacerse desde una fuente de corriente continua externa, la cual tendrá su polo negativo conectado a la tubería que se pretende proteger y el polo positivo a un conductor eléctrico, enterrado a distancia conveniente de la tubería. Con esta disposición, la corriente continua pasa desde el conductor (ánodo) a la tubería a través del electrolito tierra, produciendo semejante concentración de

electrones sobre la superficie de acero, que la obtenida con los ánodos de sacrificio. A este último procedimiento se le denomina "Corriente impresa".

En el proyecto que nos ocupa, el **sistema de protección catódica definitivo a emplear es el de corriente impresa**, aunque se protegerá provisionalmente con ánodos.

3.1. CORROSIÓN EN TUBERÍAS ENTERRADAS

3.1.1. Causas de la corrosión en tuberías enterradas

El suelo es generalmente un medio heterogéneo donde aparecen variaciones en la velocidad de corrosión de los metales. En el suelo natural se puede separar fundamentalmente arena, arcilla, cal y humus. Estos componentes pueden estar mezclados en el suelo en diferentes proporciones, que darán lugar a distintos grados de agresividad, y en contacto y con otros condicionantes dan lugar a los siguientes tipos de corrosión:

a) Corrosión por ataque directo: si el acero de una conducción está en contacto con el suelo se produce una reacción de oxidación (aireación, humedad del suelo, oxígeno, agua, etc.).

b) Corrosión por formación de pilas: debido a contactos entre materiales que presentan potenciales de oxidación – reducción muy diferentes.

El metal cuyo potencial es más negativo se corroe ya que hace de ánodo de la pila. Este fenómeno se utiliza para la protección catódica de las canalizaciones en acero por ánodos de sacrificio.

c) Corrosión bacteriana: se define como el proceso metabólico microbiológico que origina o acelera la corrosión. Es el resultado de la actividad metabólica de un microorganismo que se desarrolla en ausencia completa de oxígeno libre.

Los síntomas característicos de este tipo de corrosión en las conducciones metálicas enterradas son:

- ennegrecimiento local del suelo por el sulfuro de hierro.
- olor a hidrógeno sulfurado, a veces.

d) Corrosión por corrientes vagabundas: son corrientes que circulan por el suelo fuera del circuito previsto, derivando por tuberías enterradas, envolventes metálicas de cables eléctricos y telefónicos de menor resistencia eléctrica que el resto del terreno.

Estas corrientes pueden proceder de:

- vías de ferrocarril (en corriente continua –convencionales- o en corriente alterna –alta velocidad-).
- estaciones de transformación
- equipos de soldadura
- otras conducciones metálicas enterradas que dispongan de sistemas de protección catódica activa (corriente impresa)

- etc.

y en el lugar o punto donde abandonan la superficie metálica se produce una zona anódica y lógicamente la corrosión.

Pero, además de la corrosión, las corrientes vagabundas pueden provocar explosiones en tuberías por las que circulan gases inflamables.

3.1.2. Grado de corrosión del acero en el suelo

Existen ensayos realizados en diferentes suelos para determinar el grado de corrosión específico, todos ellos experimentales, pero de forma general se puede considerar que la corrosión absoluta en el suelo expuesto en la atmósfera industrial es de 0,1 mm/año.

Bajo estas condiciones, se pueden desarrollar unas velocidades de corrosión superiores, como en el caso de estar la tubería en agua de mar.

Tomando como referencia el pH de los suelos se puede establecer:

$\text{pH} \leq 4,5$	suelos muy ácidos	rápida corrosión del metal desnudo
$5 < \text{pH} < 8$	suelos normales	la corrosión depende de otros factores.

Una de las características más importantes en relación con la durabilidad es el espesor de pared de las tuberías.

Considerando que el tipo de corrosión sea uniforme o generalizada (caracterizada porque el ataque está distribuido uniformemente por toda la superficie del metal), e independientemente de ello la misma comienza por el exterior o por el interior del tubo, tanto en un caso como en otro, la capa de óxido formada en un primer momento puede resultar protectora de la tubería, impidiendo que la corrosión progrese, dando lugar a una pasivación, y estimando como dato más desfavorable el de 0,1 mm/año, se obtiene:

$$0,1 \text{ mm/año} \times 10 \text{ años} = 1 \text{ mm menos de espesor}$$

Existen metales y aleaciones (aluminio y acero inoxidable) cuya composición favorece la creación de películas protectoras de óxido; ello ocurre cuando se transporta agua por el interior de las tuberías con cierta concentración de oxígeno. Pero tratándose de acero sin alear esta costra no solo protege la tubería sino que incluso puede propiciar la corrosión de la misma, al crear sobre la tubería zonas aireadas de manera diferente.

Como norma, el ataque de una tubería se traduce en una pérdida de material, pero en muchos casos, la vida en servicio de una instalación colocada en un medio determinado, depende no sólo de la resistencia intrínseca del metal de la tubería frente a la acción del medio en que se encuentre, sino que también es función del espesor de la pared de la tubería.

3.1.3. Propagación de la corrosión

La resistencia de las piezas disminuye en función del espesor de la capa atacada y es posible determinar su vida en servicio por simple medida del mismo, si es corrosión uniforme. Ésta es la razón por la cual se mide la velocidad de ataque, que suele darse en $\text{gr/m}^2\cdot\text{día}$ y en otras en mm/año . Conocida la densidad del material es fácil pasar de una unidad a otra.

La norma DIN establece una clasificación de los materiales en función de las reducciones de espesor:

- Resistentes: $< 0,1 \text{ mm/año}$
- Suficientemente resistentes: $0,1 \text{ mm/año} - 1 \text{ mm/año}$
- Poco resistentes: $> 1 \text{ mm/año}$

3.1.4. Morfología de la corrosión

La corrosión puede desarrollarse de forma uniforme o bien de forma localizada.

La corrosión uniforme es cuando el metal está en un medio corrosivo homogéneo. Es la forma de corrosión más extendida.

La corrosión localizada es cuando solamente afecta a ciertos puntos de la superficie, debido a cualquier razón:

- heterogeneidad del electrolito (aireación diferente, pilas geológicas)
- heterogeneidad del metal.

3.1.5. Resistividad eléctrica de los suelos

La medida de la resistividad puede considerarse indispensable en todo proyecto de canalización de tuberías.

Respecto a la agresividad se suelen considerar los siguientes valores:

- Suelos de resistividad superior a $100 \Omega\cdot\text{m}$ son poco agresivos.
- Suelos de resistividad comprendida entre 50 y $100 \Omega\cdot\text{m}$ son débilmente agresivos.
- Suelos de resistividad inferior a $50 \Omega\cdot\text{m}$ son agresivos, y esto aumenta a medida que la resistividad es más débil.

Las variaciones fuertes de resistividad que se registran en un determinado lugar permiten conducir a un cierto riesgo de corrosión por aireación diferencial o por formación de pilas geológicas, sobre todo en obras de acero enterradas.

No obstante, la medida de la resistividad no permite descubrir a priori los riesgos de corrosión bacteriana y de corrosión electrolítica por corrientes vagabundas, ya que por una parte las bacterias se encuentran, en general, en terrenos margosos o arcillosos con alto contenido de agua y materia orgánica –humus- (débil resistividad), y por otra parte, las zonas de débil resistividad constituyen zonas preferentes de circulación de corrientes vagabundas cuando ya existen.

3.2. PROTECCIÓN PASIVA DE LA CONDUCCIÓN

Los revestimientos habituales de las conducciones se resumen en la siguiente tabla:

Tipo de revestimiento		Grado de preparación requerido de la superficie	Normativa de aplicación	Aplicabilidad	Espesor mínimo e_{m}	Otras Características
Revestimientos metálicos	Metalización (cincado)	Sa 3	UNE-EN 22063:1994	Interior o exterior	120 micras	Riqueza en zinc: 1200 gr/m ²
	Galvanizado		UNE 37501:1988 UNE 37508:1988	Interior o exterior		
Revestimientos a base de resinas epoxy	Epoxy líquido	Sa 2 1/2	AWWAC210-97 prEN10289:2001	Interior o exterior	200 micras	Res tracción: 2,7 N/mm ²
	Epoxy en polvo	Sa 2 1/2	AWWAC213-96 prEN 10310:2001	Interior o exterior	380 micras (int) 300 micras (ext)	Res tracción: 20,6 N/mm ²
	Epoxy reforzado con fibra de vidrio	Sa 2 1/2		Interior o exterior No apto para agua potable	300 micras	Res tracción: 3,7 N/mm ²
	Epoxy sin disolvente	Sa 2 1/2		Interior o exterior	200 micras	Res tracción: 2,5 a 3,0 N/mm ²
	Poliétileno	Sa 2 1/2	DIN 30670:1991	Exterior	1,8 a 5 mm	
Revestimientos a base de materiales plásticos	Poliuretano	Sa 2 1/2	DIN 30671:1992 prEN 10290:2001	Exterior	800 micras	
	Cintas plásticas	Sa 2	AWWAC203-91 AWWAC209-90 AWWAC214-00 DIN 30672:2000	Exterior	1.150 micras	Res tracción: 3,7 N/m ancho
	Polioléfinas	AWWAC216-89	AWWAC215-88 AWWAC217-90 MR0274:1995 RP0185:1996	Exterior		
	Revestimiento de mortero de cemento		AWWAC205-00	Interior o exterior	6 mm (DN≤250) 8 mm (250<DN≤600) 10 mm (600<DN≤900) 13 mm (DN>900)	

Para el caso del presente proyecto el exterior de los tubos se protegerá con una capa mínima de 1.000 micras de poliuretano o de 3 mm de polietileno extruido en caliente, previa preparación de la superficie a grado SA 2½ según la norma UNE-EN ISO 8501-1.

Los valores citados son espesores mínimos. Para cada caso concreto, tanto los espesores como el resto de características de los revestimientos, deberán cumplir lo especificado en las normas indicadas a continuación:

- Revestimiento exterior:
 - Poliuretano: UNE-EN 10290 o AWWA C222
 - Polietileno extruido en caliente: DIN 30670 o ISO 21809-1, para revestimiento tricapa.

Las uniones y soldaduras realizadas en obra se deberán proteger con bandas (cintas) o manguitos termoretráctiles según las normas UNE-EN 12068, UNE-EN 10329 o DIN 30672

El tipo de recubrimiento en obra (banda o manguito) se seleccionará en función de la clase de resistencia mecánica y de la temperatura de servicio de la conducción. Durante la instalación, el solape con el revestimiento aplicado en fábrica deberá ser de al menos 50 mm y el realizado entre bandas será el especificado por el fabricante.

En la unión se deberá conseguir un espesor aproximadamente igual al del recubrimiento exterior aplicado en fábrica al tubo de acero. Para ello, las bandas se enrollarán helicoidalmente y el manguito sobre sí mismo, requiriendo éste la aplicación de calor.

3.3. PROTECCIÓN CATÓDICA

La protección catódica es un sistema activo de protección contra la corrosión de estructuras metálicas enterradas o sumergidas.

La protección contra la corrosión de la estructura se consigue polarizándola negativamente a base de enviar corriente continua a toda su superficie desde un punto externo ajeno a la misma. Esta polarización negativa debe alcanzar un valor determinado (criterio de protección) en el que la velocidad de corrosión se considera nula al no ser posibles termodinámicamente las reacciones de oxidación.

Midiendo el potencial de la estructura utilizando electrodos de referencia se puede saber cuándo se alcanza el nivel de inmunidad.

Esta corriente se puede hacer llegar a la tubería de dos maneras diferentes:

Por ánodos de sacrificio:

Consiste en conectar a la estructura, un electrodo (ánodo) de un material más electronegativo. El ánodo se instalará próximo a la estructura y deberá existir una conexión eléctrica entre ambos.

La diferencia de potencial entre ambos metales dará lugar a la circulación de una corriente, a través del electrolito (terreno o agua), desde el material más electronegativo (ánodo) al otro material (estructura, cátodo). Esto dará lugar al consumo del ánodo y al enriquecimiento de electrones de la estructura aumentando su polarización negativa hasta el nivel de protección.

La intensidad de corriente del ánodo vendrá regulada por la Ley de Ohm:

$$I = (V_{\text{ánodo}} - V_{\text{cátodo prot.}}) / R$$

La resistencia a tierra (R) es la que ofrece el electrolito a la salida y entrada de corriente de dichos materiales.

El material del ánodo utilizado para la protección de estructuras dependerá de las características del electrolito. Así pues, para estructuras enterradas se utilizarán ánodos de magnesio y para estructuras sumergidas, zinc o aluminio si es en agua de mar y magnesio preferentemente si es en agua dulce.

Este sistema de protección por ánodos de sacrificio es indicado cuando se trata de estructuras de escasa superficie y/o muy bien revestidas y en electrolitos de baja/media resistividad. También es utilizado cuando se desea proteger tuberías temporalmente durante su construcción hasta la entrada en funcionamiento de un sistema definitivo, normalmente de corriente impresa.

Por corriente impresa:

Cuando se trata de estructuras de gran superficie el sistema más adecuado tanto técnica como económicamente es por corriente impresa.

Este sistema consta básicamente de un transforrectificador al que se conecta, a su polo positivo, un conjunto de electrodos o ánodos enterrados a cierta distancia de la estructura y a su polo negativo, la estructura a proteger.

Al aplicar una tensión entre el polo positivo y el negativo del equipo, se da lugar a la circulación de una corriente a través del electrolito desde los ánodos hasta la estructura. Esta corriente al entrar en la estructura por los fallos del revestimiento, dará lugar al aumento de la polarización negativa de la misma.

Un sistema de protección catódica (protección activa) asociado a un revestimiento (protección pasiva) garantiza la protección contra la corrosión de una estructura metálica enterrada o sumergida y habitualmente es la opción económicamente más interesante.

3.3.1. Factores de influencia en la protección catódica

Existen muchos factores que influyen en la operatividad de los sistemas de Protección Catódica. Los técnicos en corrosión deben comprender los efectos de algunos de los factores más importantes.

Contenido de humedad del terreno:

Por encima del 15%, hay pocos cambios en la resistividad. Mientras que bajas resistividades del terreno tienden a incrementar la corrosión electroquímica, permiten mejorar la protección catódica pues se disminuye la resistencia entre ánodo y terreno. Ello permite aumentar la capacidad de salida de corriente a un voltaje dado.

Revestimiento:

El revestimiento reduce la cantidad de corriente necesaria para proteger una estructura. Proteger una estructura desnuda requiere normalmente grandes cantidades de intensidad de corriente para proteger toda la superficie de metal expuesta al electrolito. En una estructura revestida, sólo es necesario proteger el metal expuesto en defectos o roturas del revestimiento. Una estructura bien revestida acostumbra a tener sólo un 1% de su superficie expuesta en defectos de revestimiento. No obstante, a medida que el revestimiento envejece, puede ocurrir algún tipo de deterioro. Si se trabaja sobre estructuras con revestimientos muy finos (pinturas), la sobreprotección catódica puede originar el ampollamiento del revestimiento causando a su vez una mayor superficie de metal expuesta al electrolito.

Textura del subsuelo:

- Terrenos arcillosos y limosos:

Los terrenos muy compactados pueden inducir el bloqueo de gases en la superficie de los ánodos, lo que resulta en un incremento de su resistencia con el entorno. Este bloqueo es debido a la imposibilidad de los gases que se generan en su superficie a escapar. Este fenómeno es especialmente frecuente en sistemas de ánodos profundos. Debe habilitarse una manguera perforada de evacuación de gases desde los ánodos hasta la superficie.

Los terrenos compactados pueden reducir los efectos de despolarización en la estructura. Esto ayuda a reducir los requerimientos de corriente de protección.

- Arenas y gravas:

Los suelos porosos permiten un rápido intercambio en el contenido de humedad. Esto puede generar humidificaciones y secados cíclicos en el subsuelo, cambiando por tanto sus características de resistividad. Estos cambios influenciarán la resistencia del circuito de protección catódica. En algunos casos, se requieren rectificadores de intensidad constante para mantener la protección catódica bajo estas circunstancias.

El oxígeno puede penetrar fácilmente en terrenos porosos. El oxígeno actúa como un despolarizante, incrementando por tanto los requerimientos de corriente.

Se pueden generar células de concentración de oxígeno en los puntos de contacto entre la grava y la estructura. La corriente de protección catódica puede ver dificultada su penetración en este punto de contacto. En consecuencia, puede resultar difícil proteger estructuras rodeadas de gravas o de rocas trituradas.

Temperatura:

Las tasas de corrosión tienden a aumentar con el incremento de la temperatura. En consecuencia, en electrolitos más cálidos los requerimientos de corriente suelen ser mayores que en los más fríos. Buenos ejemplos de ambientes con temperaturas elevadas son los contenedores de agua en intercambiadores de calor y los tanques o acumuladores de agua caliente. En las tuberías de gas, aguas abajo de las estaciones de compresión, normalmente se requieren mayores densidades de corriente debido al incremento de temperatura causado por la compresión del gas.

El incremento de temperatura actúa como un reductor de la polarización. Esto también incrementa los requerimientos de corriente.

Contenido en oxígeno:

A medida que se incrementa el contenido en oxígeno, la polarización tiende a disminuir. Por tanto, en ambientes oxigenados, se requerirán mayores cantidades de corriente de protección.

Composición del electrolito:

El propio electrolito puede afectar la efectividad de la protección catódica. La presencia de bacterias, especialmente las sulfato reductoras (ambientes anaerobios, pantanosos, suelos con mucho humus, etc), tiene un efecto despolarizador en las estructuras protegidas. En estos casos, es necesario incrementar los niveles de protección catódica.

Apantallamiento eléctrico:

- Metálico:

Componentes metálicos conectados a una estructura protegida pueden evitar que la corriente de protección alcance la superficie a proteger. Un ejemplo muy claro de este tipo de situaciones se da en contratubos o vainas comunicados con la tubería.

- Dieléctrico:

Si se coloca una lámina de plástico u otro tipo de aislante cerca de la superficie protegida catódicamente, puede que la corriente de protección no llegue adecuadamente a la superficie a proteger. Los revestimientos despegados pueden tener el mismo efecto.

3.3.2. Concepto influencias líneas eléctricas aéreas de alta tensión

Los perjuicios ocasionados sobre las tuberías metálicas enterradas provistas de revestimiento de gran calidad, debido a la proximidad de líneas de alta tensión pueden ser de dos clases:

a) Daños mecánicos sobre la tubería:

Las elevadas tensiones a las que puede estar expuesta una tubería por dichas influencias pueden llegar a deteriorar gravemente el revestimiento aislante e incluso a perforar la propia tubería.

Para que estas tensiones lleguen a producir riesgos en la tubería es preciso que se produzca una perturbación en la línea debido a un defecto de aislamiento a tierra o cortocircuito pues en funcionamiento normal las influencias no suelen ser importantes para la tubería.

b) Daños por corrosión en la tubería:

También existe un riesgo de corrosión de la tubería cuando las tensiones inducidas de forma permanente pueden superar los 4 V o los 10 V, en función de la resistividad del suelo.

c) Daños sobre personas:

Las tensiones inducidas sobre la tubería incluso en funcionamiento normal de la línea eléctrica pueden llegar a ser peligrosas para las personas en contacto con la tubería durante la construcción, explotación o mantenimiento de la misma.

Los riesgos serán lógicamente mucho mayores si coincide con cortocircuito o similar. Las influencias más características que pueden aparecer son:

- Influencias por conducción.
- Influencias por inducción.

Influencias por conducción

Darán lugar a una elevada tensión en la tubería debido a la descarga eléctrica a través de las puestas a tierra de los apoyos de la línea eléctrica. Esta descarga vendrá originada por un cortocircuito de la línea.

En el momento en que se produce un cortocircuito en la línea, la toma de tierra del apoyo es el camino por el que se produce la descarga de la corriente, reproduciéndose en el terreno un gradiente de tensión.

Si dicho gradiente alcanza a la tubería, se produce entre el suelo y la conducción metálica una diferencia de tensión. La tensión máxima admisible, para tuberías con un revestimiento normal de 2,5 mm no debe superar los 5 kV, según valor que se indica en la normativa indicada.

Influencias por inducción

La asimetría entre las fases de la línea eléctrica con la tubería enterrada da lugar a una corriente homopolar, que crea un campo magnético el cual origina una tensión inducida en la tubería.

La Norma UNE-EN ISO 18086 "Evaluación del riesgo de corrosión por corriente alterna de las tuberías enterradas. Aplicación a tuberías protegidas catódicamente" indica que, en una primera etapa, la tensión de la corriente alterna se debe reducir hasta un valor predeterminado, que en ningún caso será superior a 15 V. (anteriores recomendaciones indicaban que las corrientes alternas debían mitigarse a partir de 10 V cuando la resistividad del suelo es superior a 25 Ω m y 4 V cuando sea inferior).

El cálculo es extremadamente complejo, y en el caso de que exista cable guarda en la línea, por un lado, disminuyen considerablemente los efectos, mientras que por el otro complica aún más el cálculo.

El método más práctico consiste en recurrir a diagramas específicos.

4. CARACTERÍSTICAS DE LA CONDUCCIÓN

4.1. TRAMIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS

La conducción de acero helicoidado se divide en los siguientes tramos, en función del número de tuberías y sus diámetros.

Agrupación	Tramo	P.K. tramo	P.K. Acumulado	Elemento	Arqueta	Observación	Nº tuberías	DN tuberías (mm)	DN ext (mm)
CN-T12	Conex			OT pikarana	OT pikarana		2	2.000	2.032
CN-T12	Conex	120,000	120,000	Conexión	Conexión		2	2.000	2.032
CN-T12	CN-T11		136,82	INICIO	INICIO		2	2.000	2.032
CN-T12	CN-T11	14.290,00	14.426,82	Toma	TOMA 11	TOMA 11	2	2.000	2.032
CN-T12	T11-T12		14.426,82	Toma	TOMA 11	TOMA 11	2	1.800	1.829
CN-T12	T11-T12	11.840,00	26.266,82	Toma	TOMA 12	TOMA 12	2	1.800	1.829
T12-DC	T12-T13		26.266,82	Toma	TOMA 12	TOMA 12	2	1.800	1.829
T12-DC	T12-T13	12.500,00	38.766,82	Toma	TOMA 13	TOMA 13	2	1.800	1.829
T12-DC	T13-T13B		38.766,82	Toma	TOMA 13	TOMA 13	2	1.800	1.829
T12-DC	T13-T13B	3.640,00	42.406,82	Toma	DESAGÜE Y TOMA 13BIS	DESAGÜE Y TOMA 13BIS	2	1.800	1.829

Agrupación	Tramo	P.K. tramo	P.K. Acumulado	Elemento	Arqueta	Observación	Nº tuberías	DN tuberías (mm)	DN ext (mm)
T12-DC	T13B-BT		42.406,82	Toma	DESAGÜE Y TOMA 13BIS	DESAGÜE Y TOMA 13BIS	2	1.600	1.626
T12-DC	T13B-BT	6.927,73	49.334,55	Toma	Derivación Tudela	Derivación Tudela	2	1.600	1.626
T12-DC	BT-DC		49.334,55	Toma	Derivación Tudela	Derivación Tudela	2	1.900	1.930
T12-DC	BT-DC	1.644,48	50.979,03	Toma	Deriv Corella	Deriv Corella	2	1.900	1.930
DC-T21/T14	DC-T17		50.979,03	Toma	Deriv Corella	Deriv Corella	2	1.800	1.829
DC-T21/T14	DC-T17	2.730,00	53.709,03	Toma	TOMA 17	TOMA 17	2	1.800	1.829
DC-T21/T14	T17-T18		53.709,03	Toma	TOMA 17	TOMA 17	2	1.600	1.626
DC-T21/T14	T17-T18	3.230,00	56.939,03	Toma	TOMA 18	TOMA 18	2	1.600	1.626
DC-T21/T14	T18-T19		56.939,03	Toma	TOMA 18	TOMA 18	1	1.800	1.829
DC-T21/T14	T18-T19	5.610,00	62.549,03	Toma	TOMA 19	TOMA 19	1	1.800	1.829
DC-T21/T14	T19-T20		62.549,03	Toma	TOMA 19	TOMA 19	1	1.500	1.524
DC-T21/T14	T19-T20	2.440,00	64.989,03	Toma	TOMA 20	TOMA 20	1	1.500	1.524
DC-T21/T14	T20-T21		64.989,03	Toma	TOMA 20	TOMA 20	1	1.300	1.321
DC-T21/T14	T20-T21	2.055,00	67.044,03	Toma	TOMA 21	TOMA 21	1	1.300	1.321
DC-T21/T14	DC-T16	1.150,00	1.150,00	Toma	TOMA 16	TOMA 16	1	1.800	1.829
DC-T21/T14	T16-T14		1.150,00	Toma	TOMA 16	TOMA 16	1	1.600	1.626
DC-T21/T14	T16-T14	3.241,37	4.391,37	Toma	TOMA 14 Y TOMA 15	TOMA 14 Y TOMA 15	1	1.600	1.626

Para el caso del presente proyecto el exterior de los tubos se protegerá con una capa mínima de 1.000 micras de poliuretano o de 3 mm de polietileno extruido en caliente, previa preparación de la superficie a grado SA 2½ según la norma UNE-EN ISO 8501-1.

Las tuberías de los desagües de fondo de la Balsa de Tudela son de acero, si bien discurren a través de una galería. Siendo así deberán estar aisladas del sistema de protección catódica.

4.2. TRAZADO

A continuación se adjunta la descripción del trazado de la conducción exclusivamente desde el punto de vista de la protección catódica.

La descripción se refiere al PK acumulado al considerarse toda la actuación como un conjunto a proteger. La correlación de PKs acumulados y por tramos se realiza conforme a la tabla anteriormente expuesta.

Las tuberías discurren en dirección sur hasta descender abruptamente a la vega del río Aragón, el cual cruzan entre las poblaciones de Santacara y Carcastillo, prosiguiendo en la misma dirección hasta el PK 12 (acumulado) aproximadamente donde giran dirección suroeste hasta la hinca a realizar en el PK 27 (acumulado), donde nuevamente toma dirección sur hasta descender al polígono industrial situado entre las poblaciones de Arguedas

y Valtierra. En este tramo la tubería discurre generalmente entre campos de cultivo, excepto en el último tramo montañoso hasta el polígono.

En el citado polígono cruza la carretera NA-8712 y una conducción de gas natural, para después discurrir por una zona de arrozales y otros cultivos hasta cruzar el río Ebro y posteriormente la línea de ferrocarril mediante hinca.

Poco después discurrirá entre los aerogeneradores de un parque eólico aún en fase de proyecto, cruzará el Canal de Lodosa y la Autovía A-68 y posteriormente la carretera NA- 6810, siendo destacable en este tramo el paralelismo con una línea eléctrica de alta tensión entre los PK 44,800 y PK 47,230.

Prosigue hacia el oeste hasta la futura de Balsa de Tudela y la derivación a Corella.

Desde la derivación, la conducción principal prosigue en primer lugar paralela a la carretera NA-160 y posteriormente entre campos.

A continuación, cambiando de dirección en distintas ocasiones discurre entre campos y barbechos hasta las inmediaciones de la población de Cascante, donde cruza la carretera NA-6900.

Desde este punto se dirige en dirección sureste hasta las inmediaciones de la carretera NA-3042 y la Laguna de Lor, donde finalizará en la Toma 21.

De la derivación de Corella parte el ramal que conecta con la toma 16, y luego con las tomas 14 y 15, primero dirección noroeste y posteriormente dirección oeste. Este tramo discurre entre regadíos y finaliza después de cruzar la carretera NA-8707 donde se ubican las tomas 14 y 15.

La tubería dispone de Tomas Aéreas y numerosas arquetas de Ventosas y Desagües a lo largo de su trazado.

Cabe señalar también que los cruces del Aragón, Ebro, las carreteras NA de tres dígitos, la autopista AP-68 y la línea de ferrocarril se realizará mediante hincas.

Cruza diversas conducciones que disponen de sistemas propios de protección catódica que deberán ser tenidos en cuenta y que se detallan en los siguientes apartados.

También deberán tenerse presentes los cruces y paralelismos con líneas aéreas de alta tensión, los anillos de tierras de los aerogeneradores y el cable desnudo de puesta a tierra que los une.

5. REQUISITOS CONSTRUCTIVOS

Con objeto de asegurar la eficacia del sistema de protección catódica descrito en el presente documento, se estima que la tubería cumplirá con los requisitos constructivos detallados a continuación.

5.1. REVESTIMIENTO EXTERIOR DE LA CONDUCCIÓN

5.1.1. Revestimiento en tramos enterrados

Para el caso del presente proyecto el exterior de los tubos se protegerá con una capa mínima de 1.000 micras de poliuretano o de 3 mm de polietileno extruido en caliente, previa preparación de la superficie a grado SA 2½ según la norma UNE-EN ISO 8501-1

El revestimiento de polietileno posee una elevada rigidez dieléctrica que garantiza un buen aislamiento del metal de la tubería del terreno, minimizando la superficie metálica expuesta a corrosión y optimiza el sistema de protección catódica.

Durante las diversas fases por la que transcurre la tubería desde el transporte, descargas, almacenamiento, montaje, etc., el revestimiento está expuesto a pérdidas de características dieléctricas y a riesgos de desperfectos.

Durante todo el proceso se establecerá un sistema de control del estado del revestimiento que garantice el correcto estado final del mismo. Se reparará cualquier desperfecto que pueda aparecer de acuerdo con el procedimiento indicado por el fabricante.

Una vez tapadas las tuberías y asentado el terreno, se llevará a cabo una inspección del revestimiento por el sistema DCVG (Direct Current Voltage Gradient).

En la unión se deberá conseguir un espesor aproximadamente igual al del recubrimiento exterior aplicado en fábrica al tubo de acero. Para ello, las bandas se enrollarán helicoidalmente y el manguito sobre sí mismo, requiriendo éste la aplicación de calor.

5.1.2. Revestimiento en tramos aéreos

Cuando una tubería se eleva por encima del terreno y pasa de estar enterrada a estar en contacto con la atmósfera, esa transición constituye un punto crítico para la corrosión.

Para aquellos elementos de la tubería aéreos como es el caso de las tomas, el interior de arquetas, y por lo tanto fuera del alcance del sistema de protección catódica y susceptibles a sufrir importantes procesos de corrosión, se recomienda la aplicación del sistema anticorrosivo tipo TRENTON provisto de imprimación con inhibidor de corrosión y cinta de ceras microcristalinas tipo WAX TAPE #2 (o DENSO BLZ.). En el anexo V se incluye información complementaria del sistema.



5.1.3. Aislamiento eléctrico

Para que no existan fugas de corriente a otras estructuras metálicas y pierda efectividad el sistema de protección catódica, la tubería deberá estar aislada eléctricamente de cualquier estructura metálica.

Los principales elementos que deberán aislarse de la tubería son:

Conexiones con otras tuberías

La tubería deberá quedar aislada eléctricamente de cualquier otra conducción metálica mediante juntas aislantes, las cuales, en caso de ser necesarias deberán instalarse aéreas o en el interior de arqueta.

En caso de colocar manerales de gran longitud éstos nunca deben estar en contacto con el tramex.

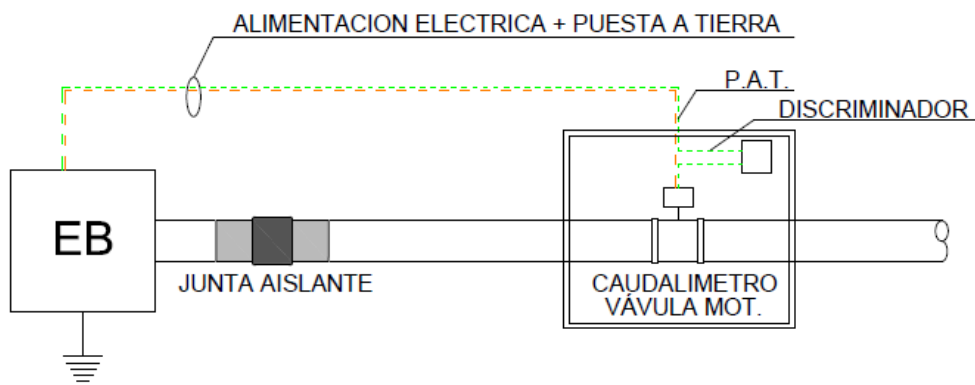
En caso de tener que instalar grifos para toma de muestras, la conducción desde la tubería protegida hasta el grifo tomamuestras no deberá ser metálica.

Se deben evitar las bandejas metálicas de cable o cualquier elemento conductor de la electricidad en contacto directo con la tubería.

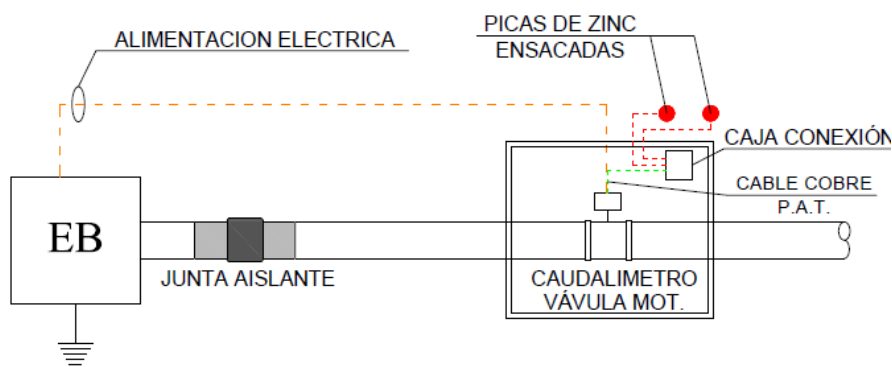
5.1.4. Caudalímetros y elementos motorizados

En el caso de la existencia de algún caudalímetro u otros elementos susceptibles de estar puestos a tierra en el tramo a proteger, se instalará una junta aislante en cada una de las dos bridas del caudalímetro y se instalará un puenteo eléctrico de ambas juntas mediante cable de cobre. Ver esquema CRA-513.

INSTALACION CORRECTA 1: DISCRIMINADOR ACDC PUESTA A TIERRA CAUDALÍMETRO / VÁLVULA MOTORIZADA CON TUBERÍA



INSTALACION CORRECTA 2: PUESTA A TIERRA LOCAL PUESTA A TIERRA CAUDALÍMETRO/VÁLVULA MOTORIZADA CON TUBERÍA



5.1.5. Puesta a tierra de elementos electromecánicos.

Cualquier elemento electromecánico intercalado en las tuberías que deba estar conectado a un sistema de puesta a tierra será independiente y construido a base de picas de zinc y cable de acero revestido o de acero galvanizado desnudo. Ver esquema CRA-419.

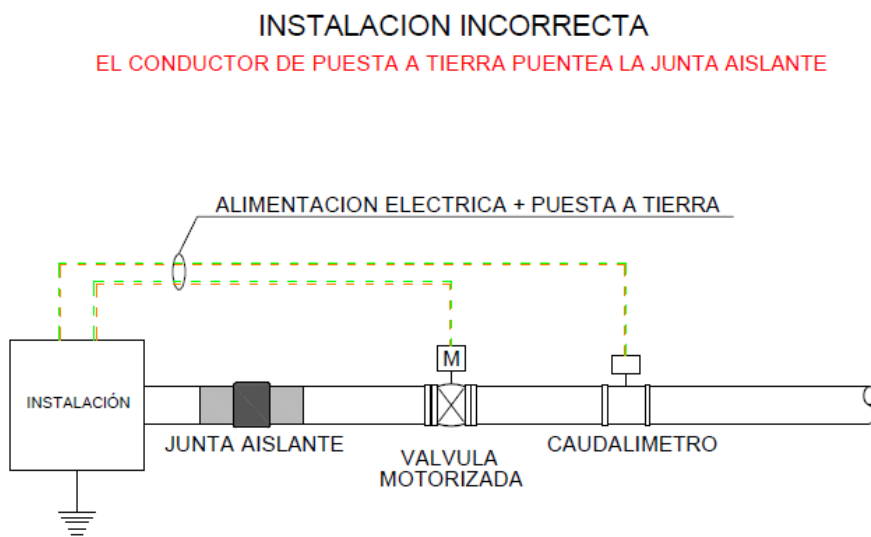
No habrá ninguna toma de tierra de cobre en ningún elemento de la parte protegida con protección catódica de la tubería. En el caso de que haya que colocar tomas de tierra en elementos que se encuentren inmersos en un tramo con protección catódica, se utilizarán picas de zinc para la toma de tierra. En todo momento será una toma de tierra independiente de la común del edificio o sistema de B.T. instalado.

Las tomas de tierra de zinc y de cobre se dimensionarán según el REBT. En el caso de las tomas de tierra de zinc, se dimensionarán además para que el drenaje de corriente no afecte a los potenciales de la tubería.

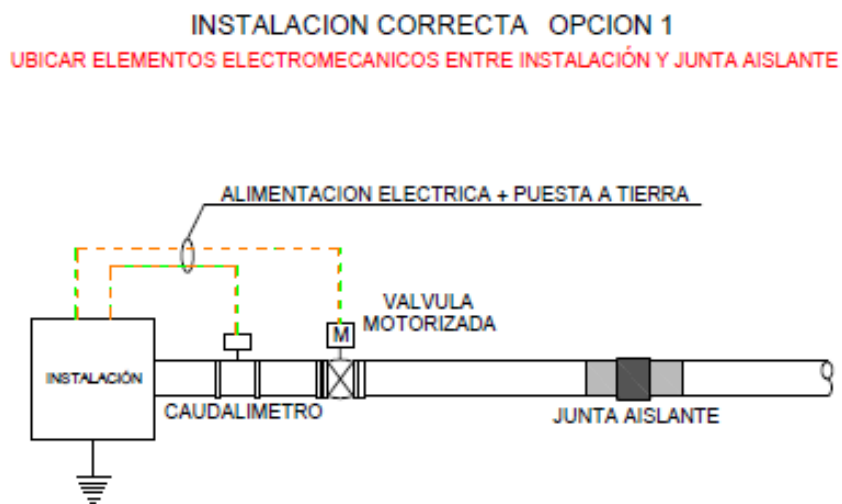
Se deberá tener especial cuidado, en el caso de válvulas motorizadas, de conectar todas las tomas de tierra del actuador a esa toma de tierra de zinc, ya sean las tierras de los motores o de la señal analógica de transmisión

de posicionamiento (en caso de llevarlo), excepto si esta señal analógica está completamente aislada del chasis de la válvula, de manera que se garantice la no continuidad eléctrica entre el sistema de protección catódica y el sistema de tierra del cuadro de la válvula.

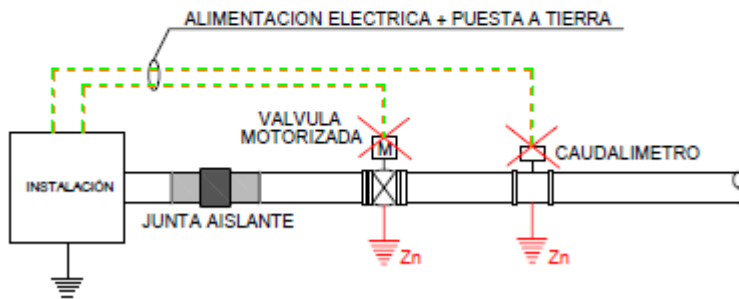
Ejemplo de instalación incorrecta:



Ejemplo de instalación correcta:



INSTALACION CORRECTA OPCION 2
NO CONECTAR CONDUCTOR PUESTA A TIERRA EN ELEMENTOS ELECTROMECHANICOS Y CONSTRUIR P.A.T. INDEPENDIENTE EN ZINC



5.1.6. Cruces bajo hinca

En aquellos cruces bajo carretera o vía de ferrocarril que se efectúen por el interior de hinca, ya sea metálica o de hormigón armado, deberá mantenerse un perfecto aislamiento tubería-hinca. Para ello se utilizarán separadores de material aislante que facilitarán además la instalación de la tubería dentro de la vaina sin afectar al revestimiento.

Debe asegurarse que no entrará ni agua ni lodos en el interior de la hinca mediante cierres herméticos en ambos extremos.

En dichos puntos se instalarán cajas de toma de potencial con cables soldados a la tubería y a la vaina metálica.

5.1.7. Armaduras de arquetas, macizos de anclaje y soportes

Se respetará un perfecto aislamiento de las tuberías respecto de las armaduras de las distintas arquetas o macizos de anclaje existentes en el trazado. El riesgo se genera con las armaduras de los elementos estructurales en contacto con la conducción.

Para ello se construirán "ventanas" en las paredes de la arqueta o para el paso de la tubería que se acabarán de tapar con hormigón en masa.

También estarán perfectamente aisladas todas aquellas piezas que deban ir embebidas en hormigón como son los cuellos de cisne de entrada y salida a las tomas o piezas de anclaje con los correspondientes encintados.

En el caso de apoyos en hormigón en masa no debería haber problema, por lo que no es necesario el encintado de la tubería.

El aislamiento será suficiente siempre y cuando las armaduras no están en contacto con la tubería, aunque la distancia entre ellas sea escasa.

Las tuberías también quedarán aisladas de las armaduras del planché de hormigón de las arquetas o de las instalaciones de las válvulas aéreas en las derivaciones. Las tuberías apoyadas se aislarán de soportes fijados a la solera intercalando una lámina de neopreno de 3 mm entre tubería y soporte. Ver esquema CRA-573.

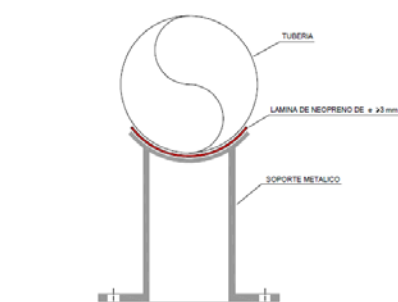
En los forjados o macizos de anclaje se utilizan una serie de barras de acero corrugado que en ningún caso deben estar en contacto con la tubería protegida. Se colocará una lámina de neopreno de al menos 5 mm envolviendo a la tubería en la parte que esté embutida en el hormigón. Se acepta el uso del Sistema Densolen AS39P/R20HT, y el revestimiento original de la tubería.



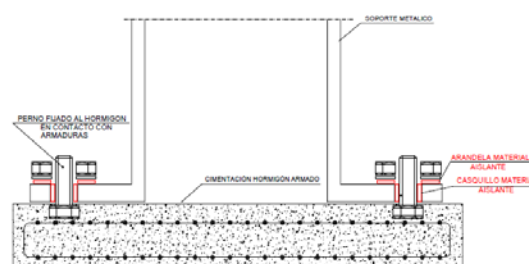
Cuando los soportes, además de soportar el peso de la tubería en sentido vertical, deban de soportar esfuerzos mecánicos direccionales, y/o diversas tracciones o estiramientos, deberán diseñarse al efecto garantizando el aislamiento eléctrico de la tubería.

Si la tubería tuviera que ir soldada al soporte, se aislarán eléctricamente los soportes de los tornillos embebidos en el hormigón mediante casquillos y arandelas aislantes. Ver esquema CRA-573.

AISLAMIENTO EN SOPORTE



AISLAMIENTO EN CIMENTACIÓN





5.1.8. Baja resistencia longitudinal

La estructura a ser protegida debe ser eléctricamente continua. La continuidad debe tener una baja resistencia longitudinal. Los elementos que aumenten esta resistencia longitudinal deberán ser puenteados con cable de sección no menor a 16 mm².



5.1.9. Continuidad eléctrica longitudinal de la tubería

Con el fin de que la corriente de protección se distribuya de la forma más homogénea a lo largo del trazado de la tubería, ésta presentará una buena continuidad eléctrica longitudinal. Para ello se puentearán todos aquellos elementos intercalados unidos mediante bridas, de forma que no introduzcan resistencias a lo largo de las tuberías. Si aplicara, se utilizarán tramos de cable de 25 mm² de sección (ver esquema CRA-533) o bien se puentearán a través de una toma de potencial.



5.1.10. Juntas aislantes

Se deberán colocar juntas aislantes, al inicio y al final de cada conducción con sus vías chispas correspondientes. Si la tubería está conectada a otro sistema de tuberías, que bien no sean tubería de acero, o que tenga una protección catódica independiente también se deberá colocar una junta para separar eléctricamente la conducción que se está construyendo del resto. Cuando haya cámaras u otras construcciones de obra civil que interrumpan la continuidad eléctrica de la tubería, si hay tomas de tierra de cobre se pondrá juntas aislantes a la entrada y la salida del depósito. Se deberá colocar un puente entre la entrada y salida, de al menos de 16 mm² de sección, que garantice la continuidad de la corriente de inyección entre la tubería de llegada y la tubería de salida.

Para el caso del presente proyecto será de aplicación a desarrollos futuros.

5.1.11. KIT aislante bridas

Por su escasa eficiencia, por las posibilidades de fallo, y por la dificultad de una correcta instalación en diámetros grandes, este sistema de aislamiento será el último en utilizarse. Solo se utiliza como sistema complementario a los anteriormente expuestos.

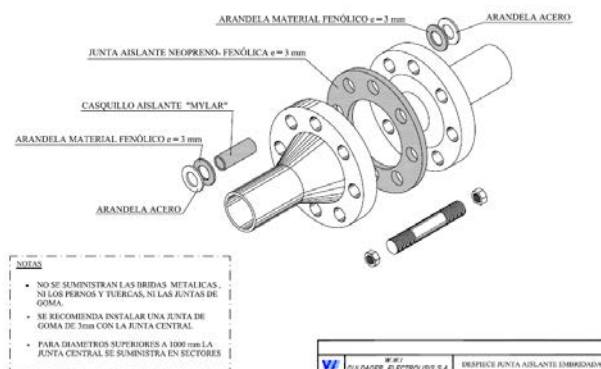
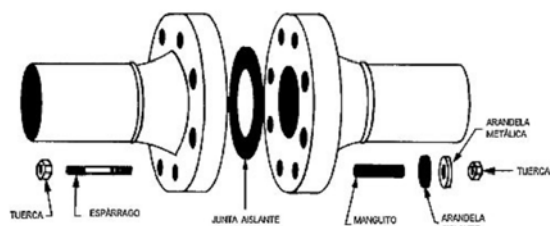
Está compuesto de: Junta aislante de PVC con elemento de sellar de silicona tipo GLV Uniseal. Juego de maniquitos de Mylar y doble arandela de fenol y acero. Todo con certificado de agua potable.

KIT AISLANTE PARA BRIDAS

Los Aislantes para bridas se emplean para aislar eléctricamente secciones de tubería para así controlar sistemas de Protección Catódica y separar materiales disimilares.

Los kit aislantes y los materiales de los distintos componentes son elegidos en función del fluido que porte la tubería, así como de la temperatura a la que vaya a trabajar dicha tubería.

Los conjuntos aislantes incluyen todo el material necesario: Junta, casquillos y arandelas aislantes y metálicas.



Como criterio general en todas las tomas en la entrada y salida de la tubería se dispondrá de kit aislante y toma potencial.

6. MEDIDAS DE CAMPO

6.1. MEDIDAS DE RESISTIVIDAD

Se han medido resistividades del terreno a lo largo de la tubería y frente a las torres de líneas eléctricas próximas, a 1, 2 y 3 metros de profundidad con el fin de calcular las posibles influencias que esas líneas eléctricas puedan ocasionar sobre la conducción.

Dichos trabajos han sido contratados a la empresa GULDAGER.

Asimismo, se han medido resistividades en aquellos puntos del trazado en los que debido a sus características podrían ser favorables para la instalación de las Estaciones de Protección Catódica.

En estos casos, las mediciones se han realizado para valores en superficie de 0,5 a 2,0 metros cada 0,5 metros para posible lecho anódico superficial. En el caso de considerar la instalación de un lecho anódico en pozo profundo, se realizarían mediciones cada 5 m de profundidad.

Las mediciones se han realizado según el método Wenner de 4 picas, que contiene un telurómetro alimentado por una batería de 12V proporcionando una tensión alterna de 108 Hz y que rectifica la tensión de medida para el galvanómetro.

A pesar de que la resistividad no es el único factor que determinará la agresividad del suelo, sí es el más importante. Existe una clasificación comúnmente aceptada del carácter corrosivo de un suelo en función de su resistividad que se indica en la Tabla 1 del Anexo I.

RESISTIVIDAD (ohm x cm)	SUELOS
0 - 900	Muy elevada corrosión (M.E.C.)
900 - 5.000	Severamente corrosivo (S.C.)
5.000 - 10.000	Moderadamente corrosivo (M.C.)
10.000- 20.000	Ligeramente corrosivo (L.C.)
Superior a 20.000	Muy poco corrosivo condicional (M.P.C.)

La heterogeneidad de los diferentes tipos de terreno puede conllevar la creación de pilas de corrosión de larga distancia o geológicas.

Los valores de resistividad obtenidos en campo se recogen en la Tabla 3 del Anexo I.

6.2. EXISTENCIA DE OTRAS INSTALACIONES

A lo largo de la traza de la tubería pueden existir otras instalaciones o servicios que se cruzan o aproximan y que pueden generar influencias sobre la tubería, por lo que deberán analizarse. Estas instalaciones son principalmente:

a. Otras estructuras con o susceptibles de disponer de protección catódica

A lo largo de la traza se han detectado cruces con tuberías susceptibles de disponer de sistemas de protección catódica propiedad de compañías como Canal de Navarra (fase-1), Nedgia, CLH o ENAGAS.

En todos estos puntos deberán preverse tomas de potencial comunes a ambas compañías a fin de controlar las posibles influencias mutuas entre los sistemas de protección catódica.

b. Líneas eléctricas

La tubería se cruza y aproxima con diferentes líneas eléctricas de alta tensión,

A partir de los datos obtenidos en campo, se calcularán las posibles influencias que se puedan generar en la tubería debido a las aproximaciones a esos puntos.

También se han tenido en cuenta los aerogeneradores y sus sistemas de puesta a tierra, tanto de los parques existentes como de aquellos que se conoce actualmente que están en fase de proyecto.

Los datos obtenidos se registran en la Tabla 3 (datos conducción) y Tabla 4 (datos inducción) del Anexo I.

c. Vías de Ferrocarril

Se cruza en una ocasión la línea de ferrocarril convencional Zaragoza-Castejón.

d. Líneas de ferrocarril de alta velocidad (AVE)

No se detectan cruces con vías de ferrocarril de alta velocidad, si bien está prevista en un futuro la construcción de una línea de AVE que cruzará la traza aproximadamente en el PK 43+325.

Deberá tenerse en cuenta a fin de disponer tanto de juntas aislantes monoblock como la instalación de un sistema de mitigación de corriente alterna.

7. CONSIDERACIONES INICIALES DE DISEÑO

Debido a la tipología de estructura a proteger, así como el consumo de corriente esperado, se propone la instalación de un sistema de protección por corriente impresa, priorizando siempre que sea posible aquellas tomas en la que esté previsto el suministro eléctrico

A partir de estas consideraciones, en el presente punto se describe de forma genérica en qué podrá estar basado el sistema de protección catódica, así como las consideraciones iniciales de diseño para cada uno de los diferentes componentes descritos.

En los apartados posteriores del presente documento se indican cuál de estos elementos es necesario y se detallan los cálculos y el dimensionamiento de cada uno de ellos.

7.1. ESTACIÓN DE PROTECCIÓN CATÓDICA (EPC)

La corriente de protección catódica será inyectada mediante diferentes EPC, que estarán compuestas de:

a. Transforrectificador de funcionamiento automático-manual:

Equipo mediante el cual se inyectará la corriente de protección catódica al lecho anódico dispensor. Este equipo deberá estar alimentado a 230 Vac.

b. Lecho anódico:

La corriente de protección debe ser emitida desde una cierta distancia de la tubería con el fin de conseguir la correcta distribución de la corriente y por lo tanto una protección homogénea a lo largo de la tubería.

En función del tipo de lecho anódico que se seleccione, la distancia mínima será:

- Lecho superficial: 50 m
- Lecho profundo: 10 m

Además, en el caso del lecho superficial, no deberá existir a esa distancia, ninguna estructura metálica enterrada propia o ajena (otras tuberías, puestas a tierra, etc.), con el fin de no crear en ellas, riesgos de corrosión por corrientes vagabundas.

La selección del tipo de lecho anódico se hará principalmente en función del espacio disponible para instalar un tipo u otro. También se considerará el valor de la resistividad del terreno.

El lecho superficial será del tipo horizontal continuo, en interior de zanja de 1,8 m (profundidad) y 0,4 m (ancho) y longitud la que corresponda por resistencia. Los ánodos se instalarán distribuidos equidistantemente en su interior rodeados de coque de petróleo calcinado, con un contenido en carbón superior al 95%.

El lecho profundo se instalará en el interior de un pozo de diámetro y profundidad la que corresponda por cada diseño. Se incluirá una longitud inactiva en la parte más superficial del pozo necesaria para mantener la separación deseada de la tubería.

Los ánodos se distribuirán equidistantemente en la longitud activa rodeados de coque de petróleo calcinado también con un contenido en carbón superior al 95%. Para evacuar los gases generados al exterior, se instalará un tubo de venteo a lo largo de la totalidad del pozo. Sobre el pozo se construirá una arqueta con ventilación que permita el acceso de los gases al exterior.

Para equilibrar la corriente de cada uno de los ánodos se instalará una caja de conexionado provista de resistencias variables y fusibles que se instalará junto al transforrectificador sobre una bancada común.

En base a los trabajos de campo y a la documentación disponible, se estima viable la instalación de **lechos horizontales continuos**, las longitudes de los cuales se detalla posteriormente.

c. Electrodo de referencia permanente:

Se instalará un electrodo de referencia permanente de Cu/CuSO_4 para gobernar el rectificador en modo automático con objeto de mantener el potencial de protección constante, independientemente de las condiciones ambientales (ph, humedad, temperatura, etc.).

d. Conexión cable - tubería de negativo de referencia:

Al rectificador se llevará un cable conectado a la tubería para poder medir potenciales de polarización.

e. Conexión cable - tubería de negativo de potencia:

Al rectificador se llevará otro cable conectado a la tubería para poder cerrar el circuito de potencia.

7.2. PUNTOS DE CONTROL

Con el objeto de evaluar la efectividad del sistema de protección catódica es preciso disponer de puntos de medida del potencial de la tubería a lo largo de su trazado. Se instalarán pues diversos puntos de medida o Tomas de Potencial constituidas a base de la instalación de un electrodo de referencia tipo probeta, una conexión a la tubería y una caja de conexionado donde se conectarán dichos cables.

El electrodo de referencia será de Cu/CuSO_4 del tipo probeta, con el fin de obtener los potenciales libres de caídas $I \times R$ de acuerdo a lo solicitado por la normativa.

Para poder medir potenciales respecto al electrodo, se conectará un cable de negativo de referencia a la tubería.

Los cables del electrodo y de la tubería se conectarán en una caja de toma de potencial (TP).

En los puntos en los que la tubería discorra a través de una hincia con tubo de protección metálico también se instalarán tomas de potencial que, además de los elementos anteriores, también dispondrán de un cable conectado a la vaina.

7.3. PUNTOS DE CONTROL EN CRUCES CON TUBERÍAS AJENAS

Análogamente a la tubería objeto del estudio, pueden existir otras tuberías protegidas catódicamente por sistemas de corriente impresa. En estas condiciones, existe el riesgo de que la corriente de alguno de los equipos (propio o ajeno) influya sobre la tubería ajena.

Si una tubería llega a captar corriente de uno de los equipos ajenos, tendrá la tendencia en algún punto de baja resistencia a abandonar la tubería para regresar al circuito de origen.

En los cruces entre tuberías, la distancia es la más escasa y por lo tanto donde existe el mayor riesgo de que tenga lugar dicho trasiego de corriente.

Para verificar si existe influencia mutua entre tuberías se instalará un electrodo en el cruce y se conectará un cable a cada tubería. El cable del electrodo y los de las tuberías se conectarán en el interior de una caja aérea que se instalará próxima a ese punto.

En su interior será posible medir las posibles influencias anódicas y/o catódicas en cada una de las tuberías.

Si en la puesta en marcha se confirman influencias peligrosas, deberán tomarse acciones correctivas para su mitigación o eliminación.

7.4. JUNTAS AISLANTES

Tal como se detalla en el apartado "requisitos constructivos", las tuberías a proteger deberán quedar aisladas de otras estructuras metálicas ajenas al sistema de protección catódica.

Por ello deberán instalarse juntas aislantes tipo embridado (ver esquema CRA-302A) en todos aquellos puntos en que las tuberías se hagan aéreas; tales como aquellas "tomas" que dispongan de elementos susceptibles de ser puestos a tierra, desagües en los que no se pueda garantizar su aislamiento de las armaduras de las arquetas, ramales, etc.

A fin de controlar posibles corrientes vagabundas, es aconsejable la instalación de juntas aislantes tipo monoblock en el cruce del ferrocarril y en el caso de futuras conexiones de ramales de conducciones metálicas. La instalación de este tipo de junta en esos puntos es imprescindible. Este tipo de junta evitará influencias de corriente de los sistemas de protección de los ramales sobre la conducción principal y viceversa, así como puentes de la corriente a través del agua en un sentido u otro que pueden dar lugar a procesos de corrosión en el interior de las tuberías.

La junta aislante monobloc deberá quedar instalada en el interior de una arqueta no inundable. En el caso de que no pueda garantizarse la estanqueidad de esa arqueta y el nivel del agua en su interior alcanzara la parte inferior de la junta, se deberá prever una protección pasiva exterior que evite el puente de la corriente a través del agua.

Para proteger las juntas aislantes contra elevadas sobretensiones, habitualmente de origen atmosférico, se instalará en cada una, un descargador de sobretensiones tipo vía de chispas, de las características que indica la normativa.

7.5. SISTEMA DE MITIGACIÓN DE INFLUENCIAS ELÉCTRICAS POR CONDUCCIÓN

En el caso de que los cálculos así lo indiquen, se deberá implementar un sistema de mitigación de influencias eléctricas por conducción, compuesto por:

- Cable de control de gradiente.
- Vía de chispas.
- Caja de toma de potencial.

7.6. SISTEMA DE MITIGACIÓN DE INFLUENCIAS ELÉCTRICAS POR INDUCCIÓN

En el caso de que los cálculos así lo indiquen, se deberá implementar un sistema de mitigación de influencias eléctricas por inducción, compuesto por:

- Cable de control de gradiente.
- Unidad de drenaje de corriente alterna o UDCA.
- Electrodo de referencia Cu/CuSO₄ con probeta de acero de 1cm².

7.7. PROTECCIÓN CATÓDICA PROVISIONAL:

Dado que puede transcurrir un período largo desde el inicio de la instalación de las tuberías y la puesta en marcha de la protección catódica definitiva por Corriente Impresa, se debería plantear la instalación de un sistema de protección provisional.

Esta protección se llevará a cabo con ánodos de magnesio dimensionados para un corto período. Los ánodos se instalarán enterrados junto a determinadas arquetas, separados 2 metros de la tubería y a la profundidad de ésta.

Se instalarán por grupos a lo largo de la tubería. Los grupos se conectarán en el interior de arquetas existentes con el fin de poderlos desconectar una vez se proceda a la puesta en servicio del sistema definitivo. La distancia máxima entre grupos anódicos será de un kilómetro.

8. CRITERIO DE PROTECCIÓN

Para obtener la protección contra la corrosión de una tubería enterrada, es preciso rebajar su potencial hasta valores inferiores a **-850 mV** medidos respecto a un electrodo de referencia de Cu/CuSO₄. Según se indica en la norma UNE-EN 12954, este valor de potencial será libre de caídas $I \times R$.

En previsión a la existencia eventual de bacterias sulfurreductoras y pilas geológicas, el potencial mínimo de protección se fijará en **-950 mV** respecto a dicho electrodo de referencia.

8.1. CÁLCULOS

Los cálculos necesarios para el diseño del sistema de protección catódica anteriormente descrito se detallan en el Anexo II del presente documento. Estos son:

1. Cálculo de corriente de protección
2. Dimensionamiento de lechos anódicos
3. Cálculos de atenuación de corriente
4. Cálculos de influencias eléctricas por conducción
5. Cálculos de influencias eléctricas por inducción
6. Cálculo protección catódica provisional (si aplicara)

8.2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CATÓDICA

En base a los cálculos detallados en el Anexo II, el sistema de protección catódica resultante se describe a continuación.

Se considerará un único sistema de protección catódica compuesto por varias EPC distribuidas a lo largo de la traza. La ubicación de las EPC se ha realizado para su implantación dentro del recinto de las Tomas o inicio de la actuación con acometida eléctrica o en su defecto suministrada con célula fotovoltaica.

En el trazado en que existen dos tuberías paralelas, éstas se puentearán entre sí a través de los cables a negativo de trabajo de la EPC.

Si fuera necesario podrán puentearse en puntos intermedios entre equipos.

En el supuesto en que por causas como influencias del ferrocarril u otras como podrían ser la existencia de importantes diferencias en el estado del revestimiento, las zonas de influencia de las EPC podrían aislarse entre sí abriendo alguno de los puentes en las juntas aislantes del cruce del ferrocarril o de las diferentes Tomas.

Como criterio general en todas las tomas, pasos de arquetas y macizos de anclaje todas las conducciones se protegerán con encintado. En los tramos de conducción apoyados en hormigón en masa no será necesario el encintado de la conducción.

En las tomas, a la entrada y salida de tramo aéreo, se aislará la conducción con juntas aislantes y se ejecutarán los revestimientos en los elementos de la conducción expuestos en apartados anteriores.

Se distribuirán puntos de control a lo largo de toda la traza, tomas de control potencial y en los cruces con

conducciones existentes (gas, CLH, ..) se colocarán además de tipo especial.

Todas la tomas de potencial siempre que ha sido posible se ubican en arquetas o junto a caminos de forma que permitan un fácil acceso para su control y mantenimiento.

Todas las hincas dispondrán de junta aislante y además tomas de potencial especiales.

En aquellos puntos en los que se supere la tensión máxima permitida por inducción y/o conducción se conectará la tubería a un cable de control de gradiente paralelo a la misma a través de un elemento de desacoplo, en este caso una Unidad de Drenaje de Corriente Alterna (UDCA) ubicada en el interior de una caja de aluminio sobre poste que se fijará al terreno con un dado de hormigón.

8.2.1. Estación de Protección Catódica (EPC)

El sistema constará de seis EPC, ubicadas en los siguientes emplazamientos:

DESCRIPCIÓN-EMPLAZAMIENTO	EMPLAZAMIENTO (PK acumulado)	EPC	TRAMO PROTEGIDO (PK acum.)		EQUIPO	
			PK INICIAL	PK FINAL	V/A	POTENCIA
Inicio CN	Inicio de la actuación. Canal de Navarra fase-1	EPC-1	0	8410	70/35	3,3 kW
TOMA 11	8+410	EPC-2	8410	20000	70/35	1,1 kW
TOMA 12	26+130	EPC-3	20000	32500	70/35	3,3 kW
TOMA 13	38.630	EPC-4	32.500	45.000	70/35	3,3 kW
TOMA 16	RAMAL 1+150	EPC-5	45.000	52.000	70/25	2,2 kW
			0	4.391		
TOMA 20	64.852	EPC-6	52.000	66.907	70/25	2,2 kW

Nota: Pks referidos a origen acumulado. La EPC ubicada en el origen protegerá además a la conexión con la balsa de Mostrakas

8.2.1.1. Transforrectificador

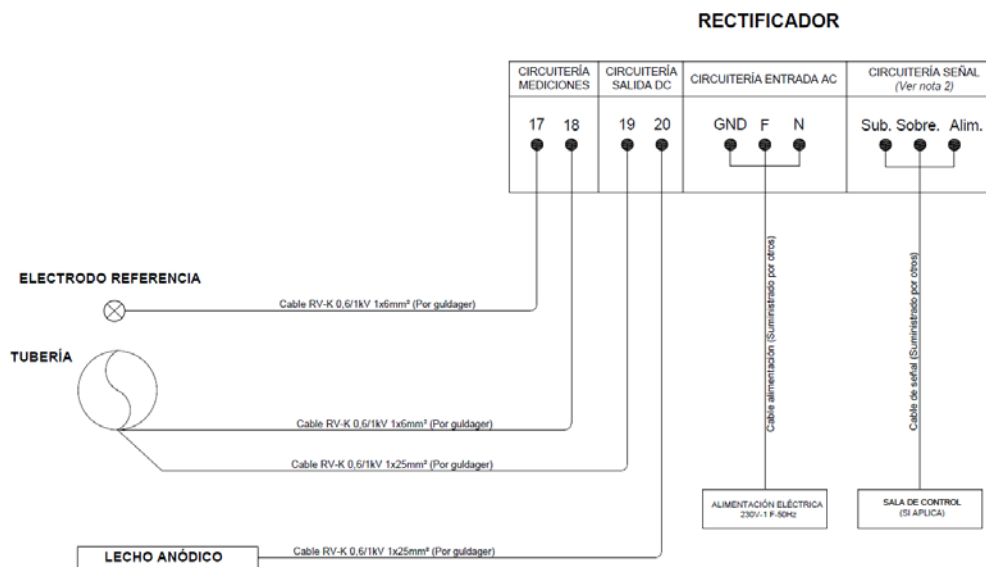
En cada caso se instalará un transforrectificador de tensión e intensidad requerida según la tabla anterior, de funcionamiento manual automático y alimentación alterna monofásica a 230 Vac.

Ubicación: Se ubicarán sobre una peana en el interior del recinto de las tomas indicadas en la tabla anterior.

Esquemas Anexo IV:

- CRA-165: Esquema unifilar EPC

DIAGRAMA UNIFILAR EPC



8.2.1.2. Lecho anódico

Se instalará un lecho anódico horizontal continuo, en el interior de una zanja de 0,3 m de ancho y 1,8 m de profundidad, rellena con coque de petróleo calcinado.

La longitud de la zanja, el número de ánodos de Titanio MMO (dimensiones 1.500 x 20 x 3 mm), y la cantidad de coque de petróleo se detallan en la siguiente tabla:

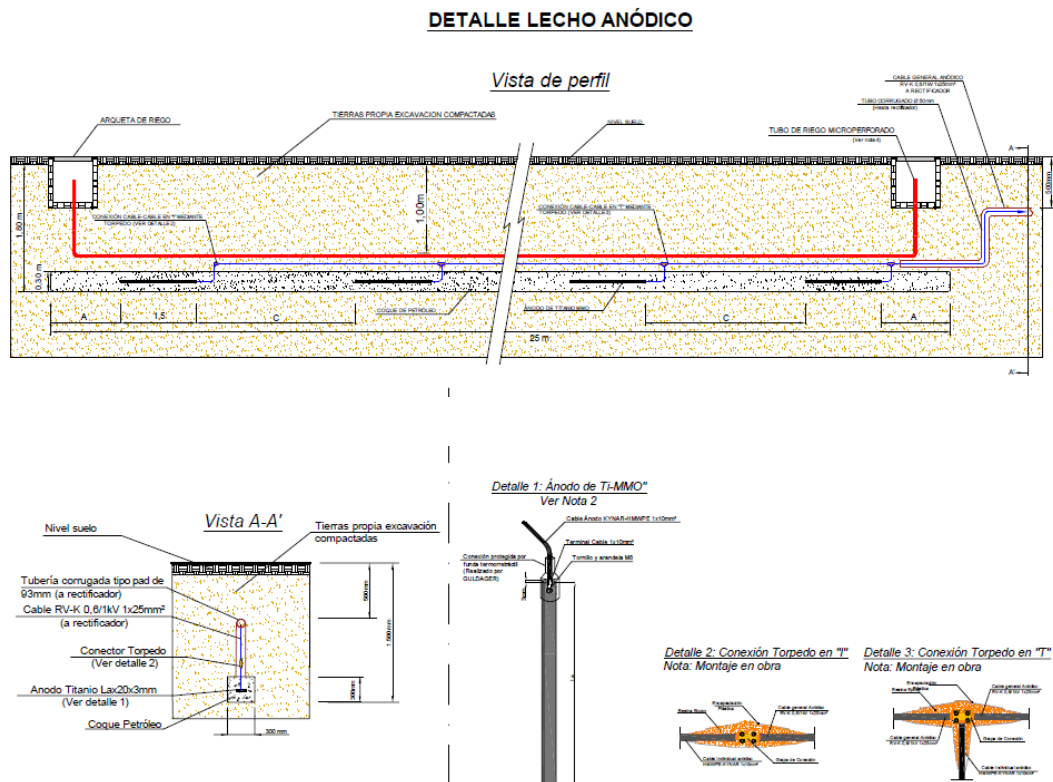
DESCRIPCIÓN	EPC	LONG. LECHO ANÓDICO (m)	Nº ÁNODOS	COQUE PETRÓLEO (Kg)
ORIGEN	EPC-1	60	12	4.800
TOMA 11	EPC-2	70	14	5.600
TOMA 12	EPC-3	40	10	3.600
TOMA 13	EPC-4	50	10	4.000
TOMA 16	EPC-5	60	10	4.800
TOMA 20	EPC-6	40	8	3.600

Los ánodos irán conectados entre sí a través de conexiones encapsuladas en resina epoxi al cable general anódico RV-K 0,6/1kV de sección 1 x 25 mm², el cual irá conectado directamente al polo positivo del rectificador.

Ubicación: Se ubicarán en un lugar a decidir con la dirección facultativa (ver CRC-3616) a 50 metros de separación tanto de las tuberías a proteger como de otras estructuras metálicas enterradas adyacentes.

Esquemas Anexo IV:

- CRA-300: Lecho horizontal continuo.



8.2.1.3. Electrodo de referencia

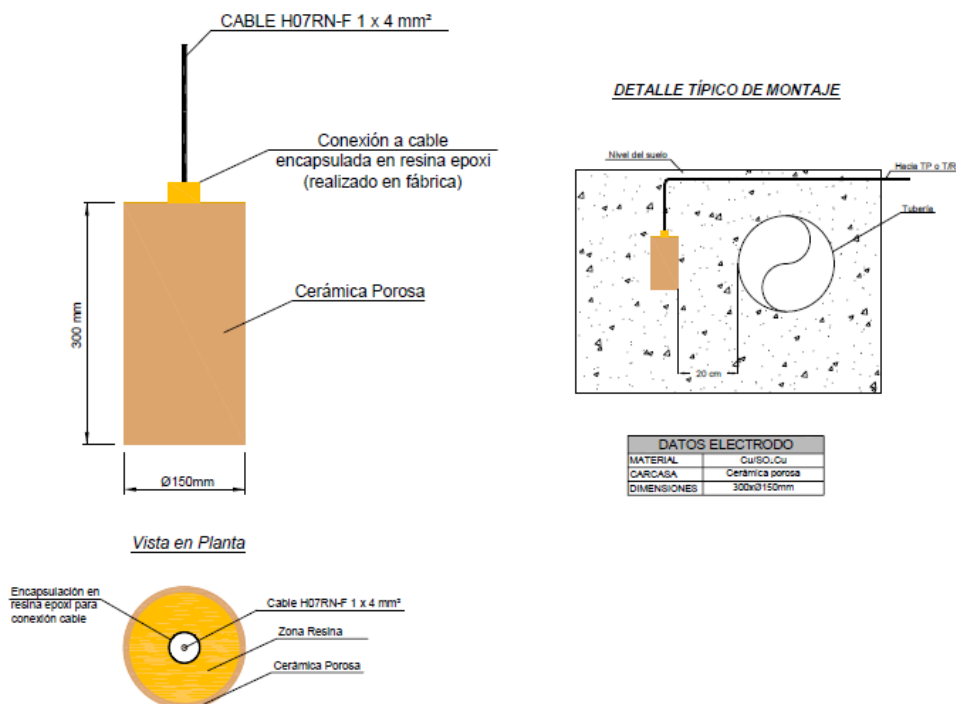
Para gobernar cada rectificador en modo automático, manteniendo el potencial de protección constante a lo largo del tiempo, se instalará un electrodo de referencia cerámico Cu/CuSO₄, con cable suficiente tipo RV-K 0,6/1kV de sección 1 x 6 mm², conectado directamente en el rectificador.

Ubicación: El electrodo se instalará enterrado a 20 cm de la tubería; se realizará en un lugar a decidir con la dirección facultativa en un punto próximo al transforrectificador. .

Esquemas Anexo IV:

- CRA-164: Electrodo de referencia cerámico Cu/CuSO₄.

ELECTRODO DE REFERENCIA PERMANENTE Cu/SO₄Cu



8.2.1.4. Conexiones a tubería

Se conectarán 2 cables directamente a cada tubería:

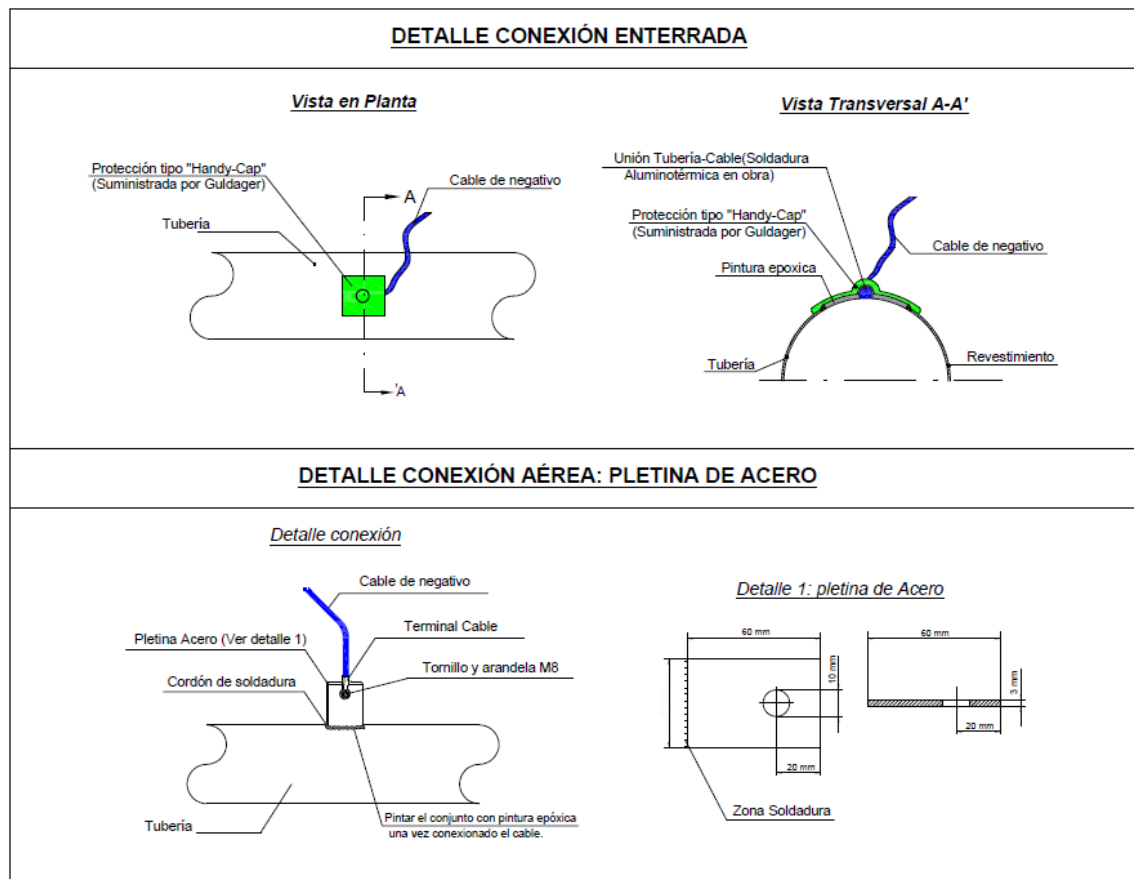
- Cable de negativo de potencia RV-K 0,6/1kV de sección 1 x 25 mm².
- Cable de negativo de referencia RV-K 0,6/1kV de sección 1 x 6 mm².

Ambos cables se conectarán directamente al rectificador.

Ubicación: Las conexiones de los cables a la tubería se realizarán en un lugar a decidir con la dirección facultativa en un punto próximo al transforrectificador.

Esquemas Anexo IV:

- CRA-179: Detalles conexiones cable – tubería



8.2.2. Puntos de control (Tomas de potencial)

Para controlar la efectividad del sistema de PC, se instalarán varios puntos de control a lo largo del trazado, aprovechando las arquetas y tomas existentes de la tubería. Las tomas de potencial del tipo "simple" o TPN, constarán de:

- 1 electrodo de referencia cerámico Cu/CuSO₄ con una probeta de acero de 10 cm².
- 1 conexión a cada una de las tuberías mediante 5 m cable RV-K 0,6/1kV de sección 1 x 6 mm².
- 1 caja de conexión de policarbonado a fijar en pared interior de la arqueta.

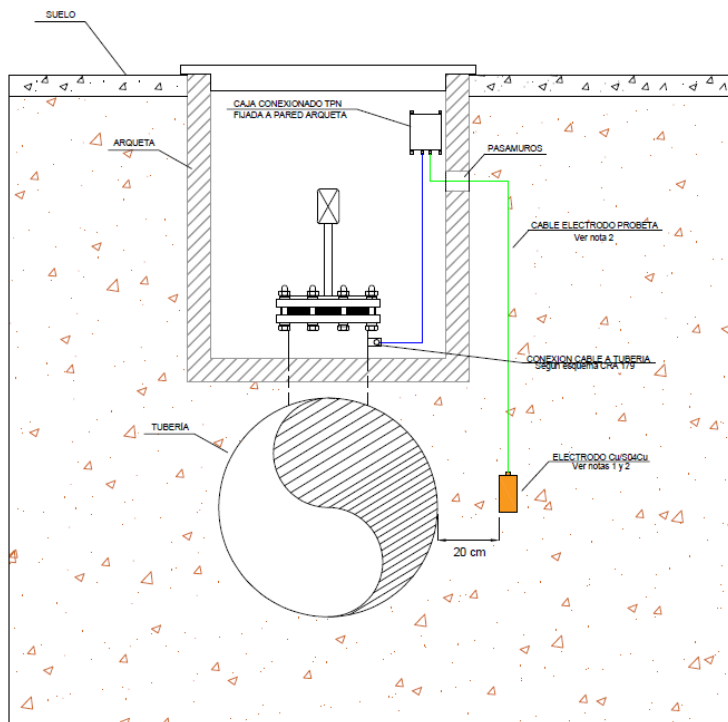
Se instalarán un total de 19 TPN distribuidas por la tubería (ver anexo III) incluidos aquellos puntos en que la tubería deba discurrir en el interior de una hinca.

Con carácter general se instalan en arquetas de desagüe y ventosas.

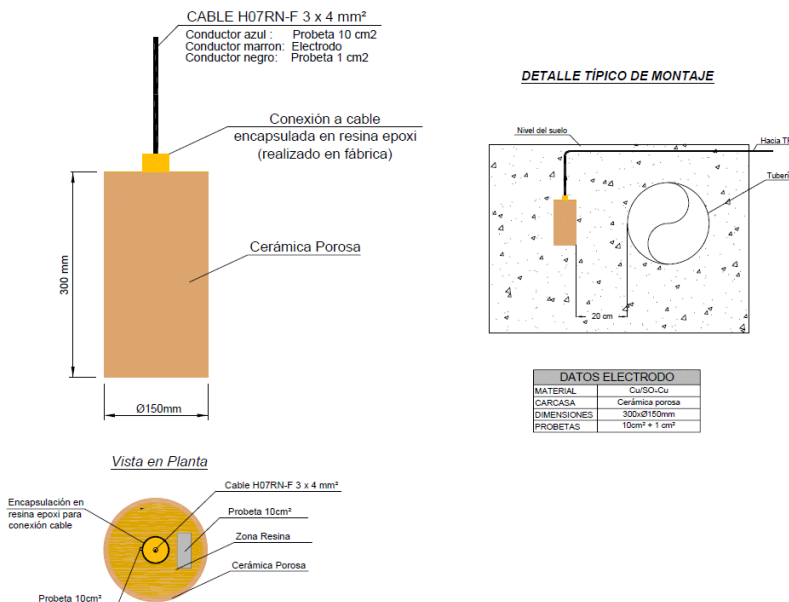
Esquemas Anexo I:

- CRA-332: Toma de potencial simple TPN en arqueta.
- CRA-164D: Electrodo probeta Cu/CuSO₄ 10 cm².

DETALLE TOMA DE POTENCIAL SIMPLE (TPN) EN ARQUETA



ELECTRODO DE REFERENCIA PERMANENTE Cu/SO4Cu con probetas de 10cm² y 1cm²



8.2.3. Tomas de potencial especiales

8.2.3.1. Cruces otras tuberías

Para controlar las posibles influencias mutuas entre ambos sistemas de protección catódica, se instalarán en los cruces con las tuberías de otras compañías. Serán de aluminio (alguna compañía podría pedir que se instalaran materiales con sus especificaciones) y se instalarán en un poste fijado al terreno mediante un dado de hormigón.

Estos puntos son los siguientes:

Conducción principal:

PK 0+660 Cruce con las tuberías existentes del Canal de Navarra (Tramo X).

PK 7+470 Cruce gasoducto de la compañía Nedgia

PK 31+160 Cruce gasoducto de la compañía Nedgia

PK 32+480 Cruce oleoducto de la compañía CLH

PK 42+564 Cruce gasoducto de la compañía Nedgia

PK 48+575 Cruce gasoducto de la compañía ENAGAS

Derivación a Corella:

PK 4+180 Cruce gasoducto de la compañía Nedgia

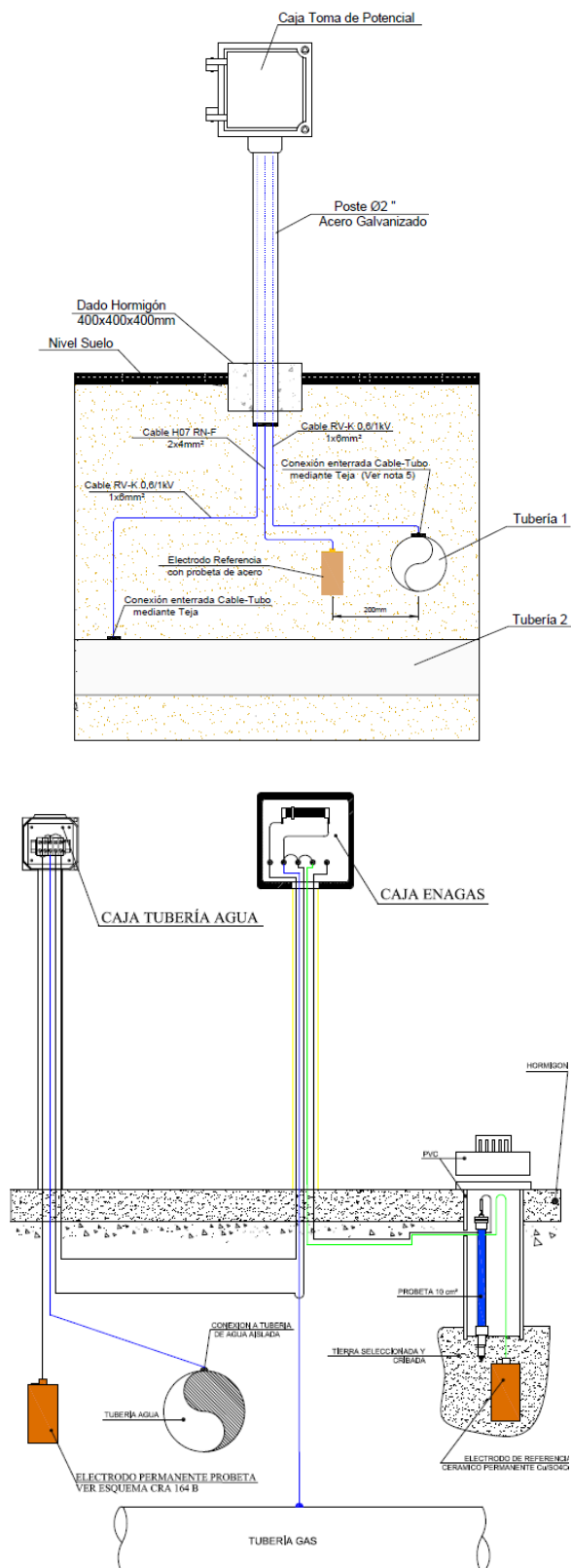
Constarán de:

- 1 electrodo de referencia cerámico Cu/CuSO_4 con una probeta de acero de 10 cm^2 (alguna compañía podría pedir que se instalaran materiales con sus especificaciones).
- 1 conexión a cada una de las tuberías mediante 5 m cable RV-K 0,6/1kV de sección $1 \times 6 \text{ mm}^2$.
- 1 conexión a la tubería de la otra compañía mediante 5 m cable RV-K 0,6/1kV de sección $1 \times 6 \text{ mm}^2$.
- 1 caja de conexión de aluminio a instalar en poste.

Esquemas Anexo IV:

- CRA-250: Cruce tuberías.
- CRA-588: Cruce tubería agua con ENAGAS

**ESQUEMA MONTAJE CAJAS DE TOMA DE POTENCIAL EN CRUCE TUBERÍAS
(MONTAJE TIPO 2: PROBETA ENCAPSULADA)**



8.2.3.2. Hincas

Para controlar el aislamiento entre la tubería y la vaina metálica se instalarán tomas de potencial en dichos puntos. Constarán de:

- 1 electrodo de referencia cerámico Cu/CuSO₄ con una probeta de acero de 10 cm².
- 1 conexión a cada una de las tuberías y a las vainas metálicas mediante 5 m cable RV-K 0,6/1kV de sección 1 x 6 mm².
- 1 caja de conexión de aluminio a instalar en poste o policarbonato si se trata de una arqueta.

8.2.3.3. En juntas aislantes

A fin de controlar los potenciales a ambos lados de las mismas, se instalarán tomas de potencial que serán de poliuretano o bien aluminio, según el emplazamiento. Constarán de:

- 1 electrodo de referencia cerámico Cu/CuSO₄ con una probeta de acero de 10 cm².
- 1 conexión a cada lado de la junta aislante en cada una de las tuberías mediante 5 m cable RV-K 0,6/1kV de sección 1 x 25 mm².
- 1 cable puente entre los dos lados protegidos por el sistema de protección catódica (en el caso del cruce del ferrocarril)
- 1 caja de conexión de aluminio a instalar en poste o policarbonato si se trata de una arqueta.

8.2.4. Sistema de mitigación de influencias por conducción

En aquellos puntos en los que se supere la tensión máxima permitida por conducción se conectará la tubería a un cable de control de gradiente paralelo a la misma a través de un elemento de desacoplo, en este caso una vía de chispas ubicada en el interior de una caja de aluminio sobre poste que se fijará al terreno con un dado de hormigón.

Los tramos entre los que deberán tenderse los Cables de Control de Gradiente son:

APOYO	TENSIÓN NOM	PK Inicial	PK Final	Observaciones
7	Aerogenerador	37,330	38,609	Se tomarán como una misma afectación
	Toma de Tierra	38,710	40,010	
9	Aerogenerador	39,460	41,420	

APOYO	TENSIÓN NOM	PK Inicial	PK Final	Observaciones
11	220	41,875	42,760	
12	220	41,875	42,760	

Nota: Pks referidos a origen acumulado.

Dado que en algunas de las zonas de influencias se solapan, los tramos con cable de control de gradiente son los siguientes:

Del PK 37,330 al PK 38,609 y del PK 38,710 al PK 42,760. En el caso de que el cruce de la autovía A-68 se realizara por galería y las tuberías quedaran aéreas, el cable de acero galvanizado se sustituiría por cable de cobre revestido de sección 1 x 50 mm².

Los elementos de desacoplo se instalarán en los extremos y a una distancia entre sí que no deberá superar los 500 metros, siendo recomendable instalarlas cada 300 metros aproximadamente. Se intentará hacerlas coincidir con puntos que puedan ser accesibles en un futuro. Estos puntos son los siguientes:

- a) PK 37,330; PK 37,680; PK 38,000; PK 38,300 y PK 38,609
- b) PK 38,710; PK 39,085; PK 39,460; PK 39,770; PK 40,200; PK 40,600; PK 41,420; PK 41,875; PK 42,250; PK 42,510; PK 42,760

Constarán de:

- 1 electrodo de referencia cerámico Cu/CuSO₄ con una probeta de acero de 10 cm² y otra para el control de alterna de 1 cm².
- 1 conexión a cada una de las tuberías mediante 5 m cable RV-K 0,6/1kV de sección 1 x 6 mm².
- Cable de control de gradiente paralelo a cada lado de la tubería
- 1 caja de conexión de aluminio a instalar en poste que albergará la vía de chispas.

8.2.5. Sistema de mitigación de influencias por inducción

En aquellos puntos en los que se supere la tensión máxima permitida por inducción y/o conducción se conectará la tubería a un cable de control de gradiente paralelo a la misma a través de un elemento de desacoplo, en este caso una Unidad de Drenaje de Corriente Alterna (UDCA) ubicada en el interior de una caja de aluminio sobre poste que se fijará al terreno con un dado de hormigón. Estos puntos son:

- a) PK 44,800; PK 45,100; PK 45,430; PK 45,730; PK 46,060; PK 46,370; PK 46,670; PK 47,700 y PK

47,230

- b) También se instalará un Sistema de mitigación en el cruce con la futura línea del tren de Alta Velocidad en el PK 43+325

El cable de control de gradiente discurrirá continuo de la primera a la última UDCA.

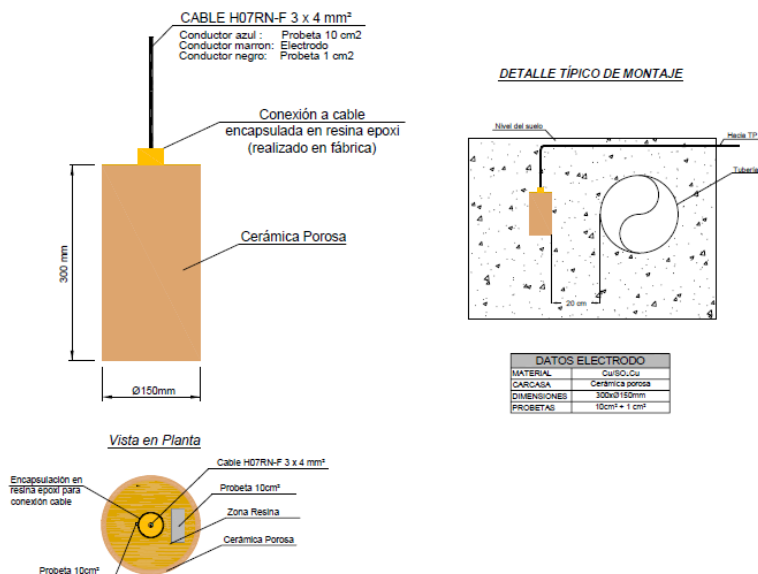
Constarán de:

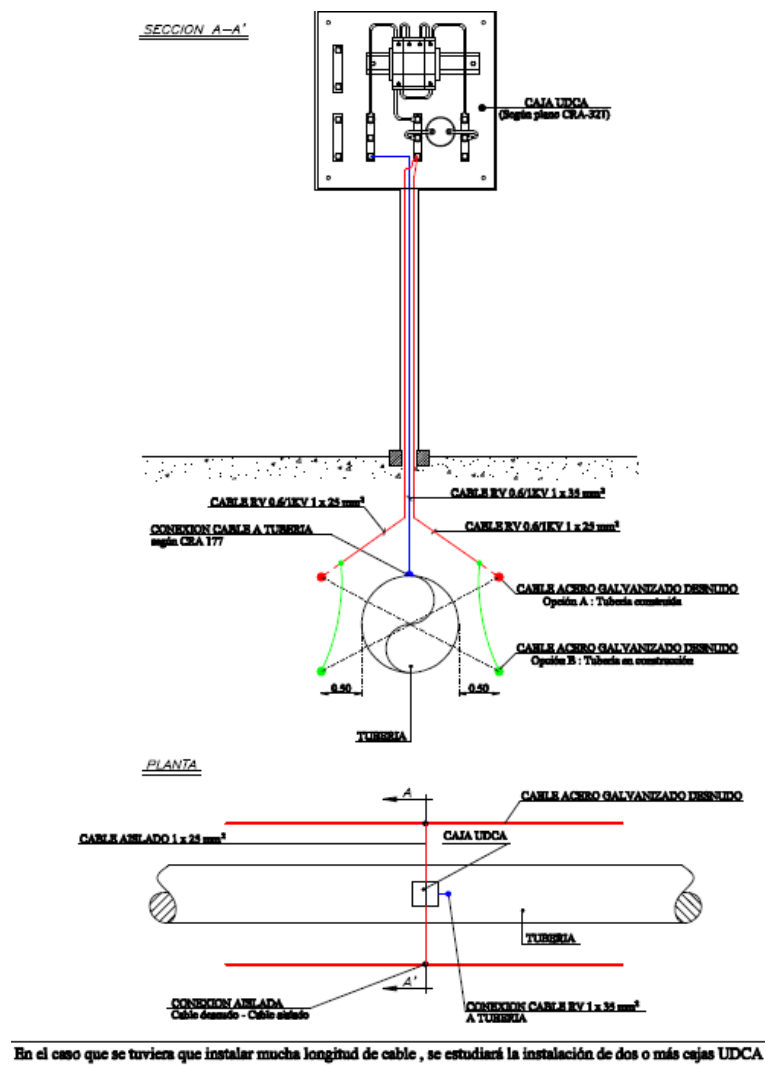
- 1 electrodo de referencia cerámico Cu/CuSO₄ con dos probetas de acero, una probeta de acero de 10 cm² y otra para el control de alterna de 1 cm².
- 1 conexión a cada una de las tuberías mediante 5 m cable RV-K 0,6/1kV de sección 1 x 6 mm².
- Cable de control de gradiente paralelo a cada lado de la tubería
- 1 caja de conexión de aluminio a instalar en poste que albergará la UDCA.

Esquemas Anexo IV:

- CRA-318C: UDCA.
- C RA-164I: Electrodo probeta Cu/CuSO₄ 10cm² + 1cm²

ELECTRODO DE REFERENCIA PERMANENTE Cu/SO₄Cu
con probetas de 10cm² y 1cm²





8.2.6. Juntas aislantes

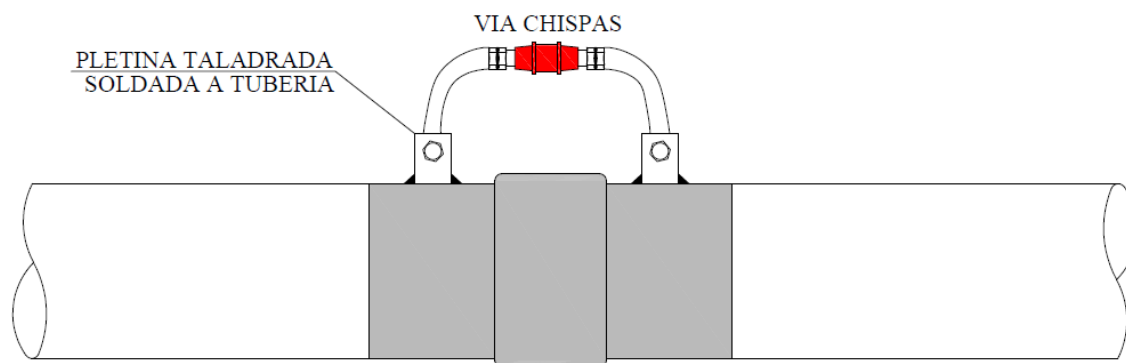
Se instalarán juntas aislantes en:

- En aquellos puntos en los que sea necesario aislar las tuberías protegidas catódicamente de otras estructuras metálicas y sistemas de puesta a tierra, se instalarán juntas dieléctricas. Estos puntos son:
- Al inicio y al final de la conducción
- En la entrada y salida de las Tomas, una vez la tubería se hace aérea
- En la entrada y salidas de la derivación
- A fin de controlar las posibles corrientes vagabundas procedentes del ferrocarril, se instalarán juntas dieléctricas del tipo Monoblock en:
- A ambos lados del cruce del ferrocarril a una distancia mínima de 100 metros respecto de las vías.

- Esta lista no es exhaustiva, puesto que puede haber puntos de entrega a terceros, derivaciones, tuberías de desagüe, etc., que sea preciso aislar del sistema de protección catódica desarrollado en este documento.

Esquemas Anexo IV:

CRA-545: Vía chispas en JAM



Una vez instaladas y con el sistema de protección catódica funcionando, se comprobará su correcto funcionamiento, debiendo de garantizar que la corriente de protección catódica solo actúa en la parte de la tubería a proteger y no fuga a la parte de la tubería que no se vaya a proteger.

9. RESUMEN MEDICIONES MATERIALES

9.1. ESTACIONES DE PROTECCIÓN CATÓDICA

EPC – 1 ORIGEN

Descripción del material	Ud	Cant.
EPC-01		
Rectificador 70V-35A en armario intemperie.	Ud	1
Ánodos Ti-MMO 1.500 x 20 x 3 mm, con 3 m de cable KYNAR 1 x 10 mm ²	Ud	12
Conexión encapsulada en resina Epoxi tipo “Torpedos” de tres vías	Ud	11
Conexión encapsulada en resina Epoxi tipo “Torpedos” de dos vías	Ud	2
Cable anódico tipo RV-K de sección 1 x 25 mm ² (Longitud estimada a confirmar)	m	130
Coque petróleo calcinado	kg	4.800
Manguera perforada	m	64
Arqueta riego	Ud	2

Descripción del material	Ud	Cant.
Caja de conexionado 12 ánodos IP.55 y prensaestopas.	m	1
Electrodo de referencia permanente Cu/CuSO ₄ con 30 m cable RV 0.6/1 KV 1 x 6 mm ² (cantidad estimada)	Ud	1
Teja de acero 70 x 70 x 3 mm con 30 m cable RV 0.6/1 KV 1 x 6 mm ² (cantidad estimada) y Handy cap	Ud	2
Teja de acero 70 x 70 x 3 mm con 30 m cable RV 0.6/1 KV 1 x 25 mm ² (cantidad estimada) y Handy cap	Ud	2
Obra civil	PA	1
Montaje y Conexionado	PA	1

EPC – 2 PK 8+410

Item	Descripción del material	Ud	Cant.	Precio Unit. (€)
1.	EPC-01			
1.1.	Rectificador 70V-35A en armario intemperie.	Ud	1	10.000,00
1.2.	Ánodos Ti-MMO 1.500x20x3mm, con 3m de cable KYNAR 1x10mm ²	Ud	14	665,00
1.3.	Conexión encapsulada en resina Epoxi tipo "Torpedos" de tres vías	Ud	13	34,00
1.4.	Conexión encapsulada en resina Epoxi tipo "Torpedos" de dos vías	Ud	2	32,00
1.5.	Cable anódico tipo RV-K de sección 1x25mm ² (Longitud estimada a confirmar)	m	145	7,00
1.6.	Coque petróleo calcinado	kg	5600	2,10
1.7.	Manguera perforada	m	74	6,10
1.8.	Arqueta riego	Ud	2	620,00
1.9.	Caja de conexionado 10 ánodos IP.55 y prensaestopas.	m	1	500,00
1.10.	Electrodo de referencia permanente Cu/CuSO ₄ con 30 m cable RV 0.6/1 KV 1 x 6 mm ² (cantidad estimada)	Ud	1	196,00
1.11.	Teja de acero 70 x 70 x 3 mm con 30 m cable RV 0.6/1 KV 1 x 6 mm ² (cantidad estimada) y Handy cap	Ud	2	114,00
1.12.	Teja de acero 70 x 70 x 3 mm con 30 m cable RV 0.6/1 KV 1 x 25mm ² (cantidad estimada) y Handy cap	Ud	2	240,00
1.13.	Obra civil	PA	1	31.000,00
1.14.	Montaje y Conexionado	PA	1	6.100,00

EPC – 3 TOMA 12

Descripción del material	Ud	Cant.
EPC-03		
Rectificador 70V-35A en armario intemperie.	Ud	1
Ánodos Ti-MMO 1.500 x 20 x 3 mm, con 3 m de cable KYNAR 1 x 10 mm ²	Ud	10
Conexión encapsulada en resina Epoxi tipo “Torpedos” de tres vías	Ud	9
Conexión encapsulada en resina Epoxi tipo “Torpedos” de dos vías	Ud	2
Cable anódico tipo RV-K de sección 1 x 25 mm ² (Longitud estimada a confirmar)	m	110
Coque petróleo calcinado	kg	3.600
Manguera perforada	m	44
Arqueta riego	Ud	2
Caja de conexionado 10 ánodos IP.55 y prensaestopas.	m	1
Electrodo de referencia permanente Cu/CuSO4 con 30 m cable RV 0.6/1 KV 1 x 6 mm ² (cantidad estimada)	Ud	1
Teja de acero 70 x 70 x 3 mm con 30 m cable RV 0.6/1 KV 1 x 6 mm ² (cantidad estimada) y Handy cap	Ud	2
Teja de acero 70 x 70 x 3 mm con 30 m cable RV 0.6/1 KV 1 x 25mm ² (cantidad estimada) y Handy cap	Ud	2
Obra civil	PA	1
Montaje y Conexionado	PA	1

EPC – 4 TOMA 13

Descripción del material	Ud	Cant.
EPC-04		
Rectificador 70V-35A en armario intemperie.	Ud	1
Ánodos Ti-MMO 1.500 x 20 x 3 mm, con 3 m de cable KYNAR 1 x 10 mm ²	Ud	10
Conexión encapsulada en resina Epoxi tipo “Torpedos” de tres vías	Ud	9
Conexión encapsulada en resina Epoxi tipo “Torpedos” de dos vías	Ud	2
Cable anódico tipo RV-K de sección 1 x 25 mm ² (Longitud estimada a confirmar)	m	120
Coque petróleo calcinado	kg	4.000
Manguera perforada	m	54
Arqueta riego	Ud	2
Caja de conexionado 10 ánodos IP.55 y prensaestopas.	m	1
Electrodo de referencia permanente Cu/CuSO4 con 30 m cable RV 0.6/1 KV 1 x 6 mm ² (cantidad estimada)	Ud	1
Teja de acero 70 x 70 x 3 mm con 30 m cable RV 0.6/1 KV 1 x 6 mm ² (cantidad estimada) y Handy cap	Ud	2
Teja de acero 70 x 70 x 3 mm con 30 m cable RV 0.6/1 KV 1 x 25 mm ² (cantidad estimada) y Handy cap	Ud	2

Descripción del material	Ud	Cant.
Obra civil	PA	1
Montaje y Conexionado	PA	1

EPC – 5 TOMA 16

Descripción del material	Ud	Cant.
Rectificador 70V-25A en armario intemperie.	Ud	1
Ánodos Ti-MMO 1.500 x 20 x 3 mm, con 3 m de cable KYNAR 1 x 10 mm ²	Ud	10
Conexión encapsulada en resina Epoxi tipo “Torpedos” de tres vías	Ud	9
Conexión encapsulada en resina Epoxi tipo “Torpedos” de dos vías	Ud	2
Cable anódico tipo RV-K de sección 1 x 25 mm ² (Longitud estimada a confirmar)	m	130
Coque petróleo calcinado	kg	4.800
Manguera perforada	m	64
Arqueta riego	Ud	2
Caja de conexionado 10 ánodos IP.55 y prensaestopas.	m	1
Electrodo de referencia permanente Cu/CuSO4 con 30 m cable RV 0.6/1 KV 1 x 6 mm ² (cantidad estimada)	Ud	1
Teja de acero 70 x 70 x 3 mm con 30 m cable RV 0.6/1 KV 1 x 6 mm ² (cantidad estimada) y Handy cap	Ud	2
Teja de acero 70 x 70 x 3 mm con 30 m cable RV 0.6/1 KV 1 x 25 mm ² (cantidad estimada) y Handy cap	Ud	2
Obra civil	PA	1
Montaje y Conexionado	PA	1

EPC – 6 TOMA 20

Descripción del material	Ud	Cant.
Rectificador 70V-25A en armario intemperie.	Ud	1
Ánodos Ti-MMO 1.500 x 20 x 3 mm, con 3 m de cable KYNAR 1 x 10 mm ²	Ud	8
Conexión encapsulada en resina Epoxi tipo “Torpedos” de tres vías	Ud	7
Conexión encapsulada en resina Epoxi tipo “Torpedos” de dos vías	Ud	2
Cable anódico tipo RV-K de sección 1 x 25 mm ² (Longitud estimada a confirmar)	m	110
Coque petróleo calcinado	kg	3.600
Manguera perforada	m	44
Arqueta riego	Ud	2
Caja de conexionado 10 ánodos IP.55 y prensaestopas.	m	1
Electrodo de referencia permanente Cu/CuSO4 con 30 m cable RV 0.6/1 KV 1 x 6 mm ² (cantidad estimada)	Ud	1
Teja de acero 70 x 70 x 3 mm con 30 m cable	Ud	2

Descripción del material	Ud	Cant.
RV 0.6/1 KV 1 x 6 mm ² (cantidad estimada) y Handy cap		
Teja de acero 70 x 70 x 3 mm con 30 m cable RV 0.6/1 KV 1 x 25 mm ² (cantidad estimada) y Handy cap	Ud	2
Obra civil	PA	1
Montaje y Conexionado	PA	1

9.2. MATERIAL DE LÍNEA

TRAMO CN-T11

Item	Descripción del material	Ud	Cant.
2.	MATERIALES LÍNEA		
2.1.	Caja toma de potencial de policarbonato con prensaestopas	Ud	5
2.2.	Caja toma de potencial TPE (200 X 200) con poste acero galvanizado diámetro 2" y 2 m.	Ud	2
2.3.	Caja toma de potencial TPE (320 x 320) con poste acero galvanizado diámetro 2" y 2 m.	Ud	2
2.4.	Electrodo probeta estándar	Ud	9
2.5.	Ánodos de magnesio tipo R-09 de 4,1 Kg de peso neto, ensacados con mezcla activadora y 5 m de cable. Protección catódica provisional)	Ud	108
2.6.	Teja de acero 70 x 70 x 3 mm o pletina taladrada con 5 m cable RV 0.6/1 KV 1 x 6 mm ² con Handy-cap.	Ud	20
2.7.	Teja de acero 70 x 70 x 3 mm o pletina taladrada con 20 m cable RV 0.6/1 KV 1 x 25 mm ² con Handy-cap.	Ud	13
2.8.	Cable acero galvanizado 12 mm	m	30
2.9.	Cable RV 0.6 / 1 KV 1 x 25 mm ²	m	20
2.10.	Empalme encapsulado cable 1 x 25 mm ² picas / cable gradiente	Ud	8
2.11.	Picas de zinc 1000 mm ensacada	Ud	8
2.12.	Vías de chispas con cable y pletina para conexión	Ud	9
2.13.	Junta aislante embridada DN 2200 mm PN16	Ud	2
2.14.	Junta aislante embridada DN 2000 mm PN16	Ud	4
2.15.	Junta aislante embridada DN 1800 mm PN16	Ud	2
2.16.	Junta aislante embridada DN 1300 mm PN16	Ud	1
2.17.	Junta aislante embridada DN 300 mm PN16	Ud	2
2.18.	Obra civil	PA	1
2.19.	Montaje y Conexionado	PA	1
2.20.	Puesta en marcha e informe	PA	1

TRAMO T11-T12

Item	Descripción del material	Ud	Cant.
3.	MATERIALES LÍNEA		
3.1.	Caja toma de potencial de policarbonato con prensaestopas	Ud	5
3.2.	Caja toma de potencial TPE (320 x 320) con poste acero galvanizado diámetro 2" y 2 m.	Ud	1
3.3.	Electrodo probeta estándar	Ud	5
3.4.	Ánodos de magnesio tipo R-09 de 4,1 Kg de peso neto, ensacados con mezcla activadora y 5 m de cable. Protección catódica provisional)	Ud	72
3.5.	Teja de acero 70 x 70 x 3 mm o pletina taladrada con 5 m cable RV 0.6/1 KV 1 x 6 mm ² con Handy-cap.	Ud	10
3.6.	Teja de acero 70 x 70 x 3 mm o pletina taladrada con 20 m cable RV 0.6/1 KV 1 x 25 mm ² con Handy-cap.	Ud	7
3.7.	Cable acero galvanizado 12 mm	m	15
3.8.	Cable RV 0.6 / 1 KV 1 x 25 mm ²	m	10
3.9.	Empalme encapsulado cable 1 x 25 mm ² picas / cable gradiente	Ud	4
3.10.	Picas de zinc 1000 mm ensacada	Ud	4
3.11.	Vías de chispas con cable y pletina para conexión	Ud	5
3.12.	Junta aislante embridada DN 1800 mm PN16	Ud	4
3.13.	Junta aislante embridada DN 500 mm PN16	Ud	1
3.14.	Junta aislante embridada DN 300 mm PN16	Ud	2
3.15.	Obra civil	PA	1
3.16.	Montaje y Conexionado	PA	1
3.17.	Puesta en marcha e informe	PA	1

TRAMO T12-T13

Item	Descripción del material	Ud	Cant.
4.	MATERIALES LÍNEA		
4.1.	Caja toma de potencial de policarbonato con prensaestopas	Ud	3
4.2.	Caja toma de potencial TPE (200 X 200) con poste acero galvanizado diámetro 2" y 2 m.	Ud	5
4.3.	Caja toma de potencial TPE (320 x 320) con poste acero galvanizado diámetro 2" y 2 m.	Ud	3
4.4.	Vía de chispas en caja TPE con poste de acero galvanizado diámetro 2" y 2 m	Ud	5

Item	Descripción del material	Ud	Cant.
4.5.	Electrodo probeta estándar	Ud	10
4.6.	Electrodo probeta alterna	Ud	5
4.7.	Ánodos de magnesio tipo R-09 de 4,1 Kg de peso neto, ensacados con mezcla activadora y 5 m de cable. Protección catódica provisional)	Ud	192
4.8.	Teja de acero 70 x 70 x 3 mm o pletina taladrada con 5 m cable RV 0.6/1 KV 1 x 6 mm ² con Handy-cap.	Ud	30
4.9.	Teja de acero 70 x 70 x 3 mm o pletina taladrada con 20 m cable RV 0.6/1 KV 1 x 25 mm ² con Handy-cap.	Ud	25
4.10.	Cable acero galvanizado 12 mm	m	2.575
4.11.	Cable RV 0.6 / 1 KV 1 x 25 mm ²	m	760
4.12.	Empalme encapsulado cable 1 x 25 mm ² picas / cable gradiente	Ud	19
4.13.	Picas de zinc 1000 mm ensacada	Ud	4
4.14.	Vías de chispas con cable y pletina para conexión	Ud	9
4.15.	Junta aislante embridada DN 1800 mm PN25	Ud	4
4.16.	Junta aislante embridada DN 800 mm PN25	Ud	1
4.17.	Junta aislante embridada DN 300 mm PN16	Ud	2
4.18.	Junta aislante monoblock DN 1800 PN16	Ud	4
4.19.	Obra civil	PA	1
4.20.	Montaje y Conexionado	PA	1
4.21.	Puesta en marcha e informe	PA	1

TRAMO T13-T13b

Item	Descripción del material	Ud	Cant.
5.	MATERIALES LÍNEA		
5.1.	Caja toma de potencial TPE (320 x 320) con poste acero galvanizado diámetro 2" y 2 m.	Ud	1
5.2.	Vía de chispas en caja TPE con poste de acero galvanizado diámetro 2" y 2 m	Ud	11
5.3.	Electrodo probeta estándar	Ud	1
5.4.	Electrodo probeta alterna	Ud	11
5.5.	Electrodo probeta alterna ENAGÁS.	Ud	0
5.6.	Ánodos de magnesio tipo R-09 de 4,1 Kg de peso neto, ensacados con mezcla activadora y 5 m de cable. Protección catódica provisional)	Ud	144
5.7.	Teja de acero 70 x 70 x 3 mm o pletina taladrada con 20 m cable RV 0.6/1 KV 1 x 25 mm ² con Handy-cap.	Ud	32

Item	Descripción del material	Ud	Cant.
5.8.	Cable acero galvanizado 12 mm	m	7.115
5.9.	Cable RV 0.6 / 1 KV 1 x 25 mm ²	m	340
5.10.	Empalme encapsulado cable 1 x 25 mm ² picas / cable gradiente	Ud	37
5.11.	Picas de zinc 1000 mm ensacada	Ud	4
5.12.	Vías de chispas con cable y pletina para conexión	Ud	8
5.13.	Junta aislante embridada DN 1800 mm PN16	Ud	2
5.14.	Junta aislante embridada DN 1600 mm PN16	Ud	2
5.15.	Junta aislante embridada DN 800 mm PN16	Ud	4
5.16.	Junta aislante embridada DN 300 mm PN16	Ud	2
5.17.	Obra civil	PA	1
5.18.	Montaje y Conexionado	PA	1
5.19.	Puesta en marcha e informe	PA	1

TRAMO T13b-BT

Item	Descripción del material	Ud	Cant.
6.	MATERIALES LÍNEA		
6.1.	Caja toma de potencial TPE (200 X 200) con poste acero galvanizado diámetro 2" y 2 m.	Ud	3
6.2.	Caja toma de potencial TPE (320 x 320) con poste acero galvanizado diámetro 2" y 2 m.	Ud	1
6.3.	UDCA en caja TPE con poste de acero galvanizado diámetro 2" y 2 m	Ud	11
6.4.	Vía de chispas en caja TPE con poste de acero galvanizado diámetro 2" y 2 m	Ud	2
6.5.	Electrodo probeta estándar	Ud	3
6.6.	Electrodo probeta alterna	Ud	13
6.7.	Electrodo probeta alterna ENAGÁS.	Ud	1
6.8.	Ánodos de magnesio tipo R-09 de 4,1 Kg de peso neto, ensacados con mezcla activadora y 5 m de cable. Protección catódica provisional)	Ud	204
6.9.	Teja de acero 70 x 70 x 3 mm o pletina taladrada con 5 m cable RV 0.6/1 KV 1 x 6 mm ² con Handy-cap.	Ud	10
6.10.	Teja de acero 70 x 70 x 3 mm o pletina taladrada con 20 m cable RV 0.6/1 KV 1 x 25 mm ² con Handy-cap.	Ud	35
6.11.	Cable acero galvanizado 12 mm	m	6.475
6.12.	Cable RV 0.6 / 1 KV 1 x 25 mm ²	m	1.000
6.13.	Cable RV 0.6 / 1 KV 1 x 50 mm ²	m	150
6.14.	Empalme encapsulado cable 1 x 25 mm ² picas /	Ud	43

Item	Descripción del material	Ud	Cant.
	cable gradiente		
6.15.	Picas de zinc 1000 mm ensacada	Ud	4
6.16.	Vías de chispas con cable y pletina para conexión	Ud	4
6.17.	Junta aislante embridada DN 1900 mm PN16	Ud	2
6.18.	Junta aislante embridada DN 1600 mm PN16	Ud	2
6.19.	Junta aislante monoblock DN 1600 PN16	Ud	4
6.20.	Obra civil	PA	1
6.21.	Montaje y Conexionado	PA	1
6.22.	Puesta en marcha e informe	PA	1

TRAMO BT-DC

Item	Descripción del material	Ud	Cant.
7.	MATERIALES LÍNEA		
7.1.	Caja toma de potencial TPE (320 x 320) con poste acero galvanizado diámetro 2" y 2 m.	Ud	1
7.2.	Electrodo probeta estándar	Ud	1
7.3.	Ánodos de magnesio tipo R-09 de 4,1 Kg de peso neto, ensacados con mezcla activadora y 5 m de cable. Protección catódica provisional)	Ud	12
7.4.	Teja de acero 70 x 70 x 3 mm o pletina taladrada con 20 m cable RV 0.6/1 KV 1 x 25 mm ² con Handy-cap.	Ud	6
7.5.	Cable acero galvanizado 12 mm	m	15
7.6.	Cable RV 0.6 / 1 KV 1 x 25 mm ²	m	10
7.7.	Empalme encapsulado cable 1 x 25 mm ² picas / cable gradiente	Ud	4
7.8.	Picas de zinc 1000 mm ensacada	Ud	4
7.9.	Vías de chispas con cable y pletina para conexión	Ud	5
7.10.	Junta aislante embridada DN 1900 mm PN16	Ud	2
7.11.	Junta aislante embridada DN 1800 mm PN16	Ud	3
7.12.	Obra civil	PA	1
7.13.	Montaje y Conexionado	PA	1
7.14.	Puesta en marcha e informe	PA	1

TRAMO DC-T17

Item	Descripción del material	Ud	Cant.
8.	MATERIALES LÍNEA		
8.1.	Caja toma de potencial de policarbonato con prensaestopas	Ud	1
8.2.	Caja toma de potencial TPE (200 X 200) con poste acero galvanizado diámetro 2" y 2 m.	Ud	1
8.3.	Caja toma de potencial TPE (320 x 320) con poste acero galvanizado diámetro 2" y 2 m.	Ud	1
8.4.	Electrodo probeta estándar	Ud	3
8.5.	Ánodos de magnesio tipo R-09 de 4,1 Kg de peso neto, ensacados con mezcla activadora y 5 m de cable. Protección catódica provisional)	Ud	36
8.6.	Teja de acero 70 x 70 x 3 mm o pletina taladrada con 5 m cable RV 0.6/1 KV 1 x 6 mm ² con Handy-cap.	Ud	6
8.7.	Teja de acero 70 x 70 x 3 mm o pletina taladrada con 20 m cable RV 0.6/1 KV 1 x 25 mm ² con Handy-cap.	Ud	7
8.8.	Cable acero galvanizado 12 mm	m	15
8.9.	Cable RV 0.6 / 1 KV 1 x 25 mm ²	m	10
8.10.	Empalme encapsulado cable 1 x 25 mm ² picas / cable gradiente	Ud	4
8.11.	Picas de zinc 1000 mm ensacada	Ud	4
8.12.	Vías de chispas con cable y pletina para conexión	Ud	5
8.13.	Junta aislante embridada DN 1800 mm PN16	Ud	2
8.14.	Junta aislante embridada DN 1600 mm PN16	Ud	2
8.15.	Junta aislante embridada DN 800 mm PN16	Ud	1
8.16.	Junta aislante embridada DN 300 mm PN16	Ud	2
8.17.	Obra civil	PA	1
8.18.	Montaje y Conexionado	PA	1
8.19.	Puesta en marcha e informe	PA	1

TRAMO T17-T18

Item	Descripción del material	Ud	Cant.	Importe Total (€)
1.	MATERIALES LÍNEA			
1.1.	Caja toma de potencial de policarbonato con prensaestopas	Ud	1	60,00 €
1.2.	Caja toma de potencial TPE (320 x 320) con poste acero galvanizado diámetro 2" y 2 m.	Ud	1	680,00 €

Item	Descripción del material	Ud	Cant.	Importe Total (€)
1.3.	Electrodo probeta estándar	Ud	2	236,00 €
1.4.	Ánodos de magnesio tipo R-09 de 4,1 Kg de peso neto, ensacados con mezcla activadora y 5 m de cable. Protección catódica provisional)	Ud	24	2.160,00 €
1.5.	Teja de acero 70 x 70 x 3 mm o pletina taladrada con 5 m cable RV 0.6/1 KV 1 x 6 mm ² con Handy-cap.	Ud	2	108,00 €
1.6.	Teja de acero 70 x 70 x 3 mm o pletina taladrada con 20 m cable RV 0.6/1 KV 1 x 25 mm ² con Handy-cap.	Ud	5	900,00 €
1.7.	Cable acero galvanizado 12 mm	m	15	105,00 €
1.8.	Cable RV 0.6 / 1 KV 1 x 25 mm ²	m	10	70,00 €
1.9.	Empalme encapsulado cable 1 x 25 mm ² picas / cable gradiente	Ud	4	40,00 €
1.10.	Picas de zinc 1000 mm ensacada	Ud	4	640,00 €
1.11.	Vías de chispas con cable y pletina para conexión	Ud	4	1.580,00 €
1.12.	Junta aislante embridada DN 1800 mm PN16	Ud	1	3.146,00 €
1.13.	Junta aislante embridada DN 1600 mm PN16	Ud	2	5.364,00 €
1.14.	Junta aislante embridada DN 1300 mm PN16	Ud	1	2.100,00 €
1.15.	Junta aislante embridada DN 300 mm PN16	Ud	2	994,00 €
1.16.	Obra civil	PA	1	625,00 €
1.17.	Montaje y Conexionado	PA	1	1.800,00 €
1.18.	Puesta en marcha e informe	PA	1	2.300,00 €

TRAMO T18-T19

Item	Descripción del material	Ud	Cant.
1.	MATERIALES LÍNEA		
1.1.	Caja toma de potencial de policarbonato con prensaestopas	Ud	2
1.2.	Caja toma de potencial TPE (320 x 320) con poste acero galvanizado diámetro 2" y 2 m.	Ud	1
1.3.	Electrodo probeta estándar	Ud	3
1.4.	Ánodos de magnesio tipo R-09 de 4,1 Kg de peso neto, ensacados con mezcla activadora y 5 m de cable. Protección catódica provisional)	Ud	18
1.5.	Teja de acero 70 x 70 x 3 mm o pletina taladrada con 5 m cable RV 0.6/1 KV 1 x 6 mm ² con Handy-cap.	Ud	2
1.6.	Teja de acero 70 x 70 x 3 mm o pletina taladrada con 20 m cable RV 0.6/1 KV 1 x 25 mm ² con Handy-cap.	Ud	4
1.7.	Cable acero galvanizado 12 mm	m	15

1.8.	Cable RV 0.6 / 1 KV 1 x 25 mm ²	m	10
1.9.	Empalme encapsulado cable 1 x 25 mm ² picas / cable gradiente	Ud	4
1.10.	Picas de zinc 1000 mm ensacada	Ud	4
1.11.	Vías de chispas con cable y pletina para conexión	Ud	3
1.12.	Junta aislante embridada DN 1600 mm PN16	Ud	1
1.13.	Junta aislante embridada DN 1500 mm PN16	Ud	1
1.14.	Junta aislante embridada DN 1300 mm PN16	Ud	1
1.15.	Junta aislante embridada DN 300 mm PN16	Ud	1
1.16.	Obra civil	PA	1
1.17.	Montaje y Conexionado	PA	1
1.18.	Puesta en marcha e informe	PA	1

TRAMO T19-T20

Item	Descripción del material	Ud	Cant.	Importe Total (€)
1.	MATERIALES LÍNEA			
1.1.	Caja toma de potencial TPE (320 x 320) con poste acero galvanizado diámetro 2" y 2 m.	Ud	1	680,00 €
1.2.	Ánodos de magnesio tipo R-09 de 4,1 Kg de peso neto, ensacados con mezcla activadora y 5 m de cable. Protección catódica provisional)	Ud	6	540,00 €
1.3.	Teja de acero 70 x 70 x 3 mm o pletina taladrada con 20 m cable RV 0.6/1 KV 1 x 25 mm ² con Handy-cap.	Ud	4	720,00 €
1.4.	Cable acero galvanizado 12 mm	m	15	105,00 €
1.5.	Cable RV 0.6 / 1 KV 1 x 25 mm ²	m	10	70,00 €
1.6.	Empalme encapsulado cable 1 x 25 mm ² picas / cable gradiente	Ud	4	40,00 €
1.7.	Picas de zinc 1000 mm ensacada	Ud	4	640,00 €
1.8.	Vías de chispas con cable y pletina para conexión	Ud	3	1.185,00 €
1.9.	Junta aislante embridada DN 1500 mm PN16	Ud	1	2.364,00 €
1.10.	Junta aislante embridada DN 1300 mm PN16	Ud	1	2.100,00 €
1.11.	Junta aislante embridada DN 700 mm PN16	Ud	1	975,00 €
1.12.	Junta aislante embridada DN 300 mm PN16	Ud	1	497,00 €
1.13.	Obra civil	PA	1	415,00 €
1.14.	Montaje y Conexionado	PA	1	1.800,00 €
1.15.	Puesta en marcha e informe	PA	1	2.300,00 €

TRAMO T20-T21

Item	Descripción del material	Ud	Cant.
1.	MATERIALES LÍNEA		
1.1.	Caja toma de potencial de policarbonato con prensaestopas	Ud	1
1.2.	Caja toma de potencial TPE (320 x 320) con poste acero galvanizado diámetro 2" y 2 m.	Ud	1
1.3.	Electrodo probeta estándar	Ud	2
1.4.	Ánodos de magnesio tipo R-09 de 4,1 Kg de peso neto, ensacados con mezcla activadora y 5 m de cable. Protección catódica provisional)	Ud	12
1.5.	Teja de acero 70 x 70 x 3 mm o pletina taladrada con 5 m cable RV 0.6/1 KV 1 x 6 mm ² con Handy-cap.	Ud	1
1.6.	Teja de acero 70 x 70 x 3 mm o pletina taladrada con 20 m cable RV 0.6/1 KV 1 x 25 mm ² con Handy-cap.	Ud	4
1.7.	Cable acero galvanizado 12 mm	m	15
1.8.	Cable RV 0.6 / 1 KV 1 x 25 mm ²	m	10
1.9.	Empalme encapsulado cable 1 x 25 mm ² picas / cable gradiente	Ud	4
1.10.	Picas de zinc 1000 mm ensacada	Ud	4
1.11.	Vías de chispas con cable y pletina para conexión	Ud	3
1.12.	Junta aislante embridada DN 1300 mm PN16	Ud	2
1.13.	Junta aislante embridada DN 900 mm PN16	Ud	1
1.14.	Junta aislante embridada DN 300 mm PN16	Ud	1
1.15.	Obra civil	PA	1
1.16.	Montaje y Conexionado	PA	1
1.17.	Puesta en marcha e informe	PA	1

TRAMO DC-T16

Item	Descripción del material	Ud	Cant.	Importe Total (€)
1.	MATERIALES LÍNEA			
1.1.	Caja toma de potencial TPE (320 x 320) con poste acero galvanizado diámetro 2" y 2 m.	Ud	1	680,00 €
1.2.	Ánodos de magnesio tipo R-09 de 4,1 Kg de peso neto, ensacados con mezcla activadora y 5 m de cable. Protección catódica provisional)	Ud	6	540,00 €
1.3.	Teja de acero 70 x 70 x 3 mm o pletina taladrada con 20 m cable RV 0.6/1 KV 1 x 25 mm ² con Handy-cap.	Ud	4	720,00 €

Item	Descripción del material	Ud	Cant.	Importe Total (€)
1.4.	Cable acero galvanizado 12 mm	m	15	105,00 €
1.5.	Cable RV 0.6 / 1 KV 1 x 25 mm ²	m	10	70,00 €
1.6.	Empalme encapsulado cable 1 x 25 mm ² picas / cable gradiente	Ud	4	40,00 €
1.7.	Picas de zinc 1000 mm ensacada	Ud	4	640,00 €
1.8.	Vías de chispas con cable y pletina para conexión	Ud	3	1.185,00 €
1.9.	Junta aislante embridada DN 1600 mm PN16	Ud	1	2.682,00 €
1.10.	Junta aislante embridada DN 1500 mm PN16	Ud	1	2.364,00 €
1.11.	Junta aislante embridada DN 1100 mm PN16	Ud	1	1.742,00 €
1.12.	Junta aislante embridada DN 300 mm PN16	Ud	1	497,00 €
1.13.	Obra civil	PA	1	415,00 €
1.14.	Montaje y Conexionado	PA	1	1.800,00 €
1.15.	Puesta en marcha e informe	PA	1	2.300,00 €

TRAMO T16-T14/15

Item	Descripción del material	Ud	Cant.
2.	MATERIALES LÍNEA		
2.1.	Caja toma de potencial de policarbonato con prensaestopas	Ud	1
2.2.	Caja toma de potencial TPE (200 X 200) con poste acero galvanizado diámetro 2" y 2 m.	Ud	2
2.3.	Caja toma de potencial TPE (320 x 320) con poste acero galvanizado diámetro 2" y 2 m.	Ud	1
2.4.	Electrodo probeta estándar	Ud	4
2.5.	Ánodos de magnesio tipo R-09 de 4,1 Kg de peso neto, ensacados con mezcla activadora y 5 m de cable. Protección catódica provisional)	Ud	24
2.6.	Teja de acero 70 x 70 x 3 mm o pletina taladrada con 5 m cable RV 0.6/1 KV 1 x 6 mm ² con Handy-cap.	Ud	5
2.7.	Teja de acero 70 x 70 x 3 mm o pletina taladrada con 20 m cable RV 0.6/1 KV 1 x 25 mm ² con Handy-cap.	Ud	4
2.8.	Cable acero galvanizado 12 mm	m	15
2.9.	Cable RV 0.6 / 1 KV 1 x 25 mm ²	m	10
2.10.	Empalme encapsulado cable 1 x 25 mm ² picas / cable gradiente	Ud	4
2.11.	Picas de zinc 1000 mm ensacada	Ud	4
2.12.	Vías de chispas con cable y pletina para conexión	Ud	3

Item	Descripción del material	Ud	Cant.
2.13.	Junta aislante embridada DN 1500 mm PN16	Ud	1
2.14.	Junta aislante embridada DN 1100 mm PN16	Ud	1
2.15.	Junta aislante embridada DN 700 mm PN20	Ud	1
2.16.	Junta aislante embridada DN 300 mm PN16	Ud	1
2.17.	Obra civil	PA	1
2.18.	Montaje y Conexionado	PA	1
2.19.	Puesta en marcha e informe	PA	1

10. NORMAS DE INSTALACIÓN

10.1. INSTALACIÓN ESTACIÓN DE PROTECCIÓN CATÓDICA (EPC)

a. Transforrectificador

El transforrectificador se instalará en intemperie, aunque se aconseja su instalación en el interior de edificio o de una caseta de obra u hormigón prefabricado que se construya para tal efecto.

En el caso en el que no pueda instalarse en interior, el transforrectificador se instalará sobre una peana, por donde accederán los cables por el interior de tubulares de PVC. En este caso, el armario del equipo será de poliéster IP-55.

Se instalarán tres tubulares que accederán por la parte inferior del rectificador, uno para el cable de alimentación, uno para los de potencia del circuito y otro para los de señal de referencia.

Alimentación eléctrica

El equipo irá alimentado a tensión alterna monofásica de **230 Vac**. La acometida deberá disponer de todos los elementos de protección de acuerdo con el reglamento vigente.

Deberá contratarse una acometida de 3,0 a 3,3 kW, a excepción de la EPC-2 (Toma 11) en que el sistema de placas solares y batería deberá calcularse para que el equipo funcione ininterrumpidamente con una potencia de **0,9 kW**.

b. Lecho anódico horizontal continuo

En el lugar indicado en apartados anteriores, se construirá la zanja del lecho anódico según se describe a continuación.

Una vez abierta la zanja se verterá en su interior la mitad del coque de petróleo calcinado; a continuación, se situarán los ánodos distribuidos equidistantemente y se acabará de verter el resto de carbón.

Se realizará un primer pre-tapado de la zanja con un espesor de 30 cm de tierra de la propia excavación. Se tenderán los cables anódicos y el tubo de riego hasta el extremo de la arqueta. A continuación, se acabará de tapar la zanja con la misma tierra de la excavación, evitando en todo momento la presencia de rocas u otras impurezas.

Electrodo de referencia permanente

El electrodo de referencia permanente que gobernará la EPC se instalará enterrado a una distancia de 20 cm de la generatriz lateral de la tubería, en un punto a definir próximo al transforrectificador.

Una vez colocado el electrodo en el fondo de la excavación se realizará un tapado superficial de 30/40 cm con las propias tierras de la excavación exentas de piedras y se verterá agua abundante para favorecer el compactado y humedecimiento de la mezcla activadora del electrodo. A continuación, se precederá a tapar totalmente la excavación.

El cable del electrodo, junto con los negativos de trabajo y referencia se conducirán hasta el transforrectificador.

10.2. CONEXIÓN DE LOS CABLES A LA TUBERÍA

a. Conexión a tubería enterrada

Aunque no se prevea, en caso de tener que realizar conexiones enterradas, los cables a soldar a la tubería en zona enterrada irán previamente soldados mediante soldadura aluminotérmica a una chapa de acero curvada. La teja y el cable se revestirán con resina epoxi líquida.

Esta chapa de acero se soldará a la tubería mediante soldadura eléctrica.

Una vez soldada la teja, se revestirá inicialmente la conexión mediante sistema anticorrosivo y protector mecánico Wax Tape #1. Se asegurará que no quede ninguna superficie metálica sin revestir y que no quedan espacios huecos bajo del sistema de revestimiento.

b. Conexión a tubería aérea

Cuando la conexión del cable es a una tubería aérea o en el interior de arqueta la conexión del cable se llevará acabo directamente a una pletina de acero provista de un taladro previamente soldada (por otros) a la tubería.

La conexión se realizará mediante tornillo, tuerca y arandelas planas y dentadas. La conexión se aislará del ambiente mediante cinta autovulcanizable.

10.3. TENDIDO DE LOS CABLES

Los cables pertenecientes a los equipos de protección catódica se instalarán en el interior de un tubo corrugado de Ø 63 mm mínimo e irán en zanja de 0,8 m de profundidad. Cuando los cables atraviesen campos de labor, la profundidad de la zanja se aumentará hasta 1,2 metros.

Para identificación de estos cables en la zanja, se colocará una banda de cinta plástica a una profundidad de unos 50 cm.

En zonas muy pedregosas pueden tomarse medidas protectoras colocando el corrugado sobre lecho de arena e instalación de rasillas sobre el trazado de los cables.

10.4. TOMAS DE POTENCIAL

Todas las tomas de potencial se instalarán coincidiendo con arquetas existentes, según lo descrito en apartados anteriores.

En los puntos indicados se llevará a cabo la siguiente instalación:

- Se conectará un cable a la calderería según procedimiento indicado en el punto 13.2.
- Se instalará un electrodo de referencia tipo probeta enterrado junto a la tubería a unos 20 cm de ésta, antes o después de la arqueta. Se seguirán las mismas indicaciones que para la instalación del electrodo permanente detalladas anteriormente.
- El cable del electrodo se introducirá en el interior de la arqueta
- Se fijará la caja de conexionado en la pared de la arqueta.

Los cables del electrodo y de la tubería se conectarán en el interior de la caja. Las conexiones a la caja de potencial se efectuarán utilizando los terminales de presión adecuados para la sección de los cables. Los cables accederán al interior por los prensaestopas ubicados en la parte inferior.

10.5. PUNTO DE CONTROL EN CRUCE DE TUBERÍAS

Se llevará a cabo mediante el siguiente procedimiento:

- Se instalará un electrodo probeta entre las dos tuberías según indicaciones anteriormente descritas.
- Se conectará un cable de 1 x 6 mm² a la tubería propia mediante teja de acero soldada.
- A la tubería de la otra compañía se soldará otro cable de las mismas características. Esta soldadura deberá ser aprobada y supervisada por la empresa propietaria de la tubería.
- Los tres cables se conectarán en el interior de una caja que se instalará aérea en ese punto.
- Existe la posibilidad de que la empresa propietaria solicite la instalación de una caja independiente homologada de acuerdo con su normativa, para su control.

10.6. JUNTAS AISLANTES

En el cruce con el ferrocarril y en el caso de futuras conexiones con la tubería existente, se deberá contemplar la instalación de juntas aislantes.

Estas juntas aislantes preferiblemente serán del tipo monobloc y se instalarán soldadas a la tubería por ambos extremos.

Para su instalación se seguirán las instrucciones del fabricante evitando en todo momento que el calor en el entorno del elemento aislante central supere los 70°C.

La junta se instalará en el interior de arqueta. Los cordones de soldadura se pintarán con la misma pintura del resto de calderería, tanto exterior como interiormente.

Para su protección contra sobretensiones se instalará un descargador del tipo vía de chispas. El descargador se instalará atornillado a las pletinas existentes a ambos lados de la junta.

Enterrado junto a la tubería, del lado protegido de la junta, se instalará un electrodo de referencia tipo probeta. El cable del electrodo y un cable de cada lado de la vía de chispas se conectarán en el interior de una caja de conexionado que se fijará en el interior de la arqueta.

Juntas aislantes tipo embridadas

Para el caso de la instalación de las juntas embridadas deberán instalarse todos los elementos aislantes: la junta central, un casquillo por cada tornillo y dos arandelas aislantes además de las de acero para cada tornillo, una a cada lado.

Una vez instalados todos los elementos deberá comprobarse el aislamiento de cada tornillo respecto a cada una de las dos bridas. Para ello se utilizará un téster en modo ohmímetro. Con las juntas se facilitan instrucciones para llevar a cabo la medición.

En el caso de que exista algún tornillo no aislado será preciso sustituir sus elementos aislantes.

Para su protección contra sobretensiones se instalará un descargador del tipo vía de chispas. El descargador se instalará atornillado a las pletinas existentes a ambos lados de la junta.

Enterrado junto a la tubería, del lado protegido de la junta, se instalará un electrodo de referencia tipo probeta. El cable del electrodo y un cable de cada lado de la vía de chispas se conectarán en el interior de una caja de conexionado que se fijará en el interior de la arqueta.

10.7. CABLE DE CONTROL DE GRADIENTE

Los cables de control de gradiente se instalarán en el interior de la zanja de la tubería a la altura de su cota inferior, a una distancia de entre 20 y 40 cm de las generatrices laterales de la tubería. Los cables se conectarán entre sí en sus dos extremos y en los puntos en que se instalen las UDCA intermedias.

Deberá tenerse sumo cuidado en que no se produzcan, ni se puedan producir en el futuro, contactos entre el cable y la tubería.

Se instalará cable revestido en los tramos en que los cables de control de gradiente se instalen junto a vainas de protección o bien en los tramos en los que la tubería sea aérea.

10.8. PUESTA A TIERRA ZINC

La toma de tierra será mediante picas de zinc preempaquetadas en mezcla activadora. Se enterrarán en posición vertical u horizontal a una profundidad mínima de 0,8 metros, separadas 5 metros entre sí y a 2 m de distancia de la tubería, fuera de la arena de relleno de la zanja.

El cable de la puesta a tierra se conectará al caudalímetro, la válvula motorizada u otros elementos que precisen estar puestos a tierra.

10.9. PROTECCIÓN CATÓDICA PROVISIONAL

La instalación de un sistema de PC provisional se realizará mediante ánodos de magnesio. Estos ánodos se enterrarán en grupos, en posición vertical u horizontal a una profundidad equivalente a la del eje de la tubería, separados 2 m entre sí y a 2 m de distancia de la tubería, fuera de la arena de relleno de la zanja.

El cable de cada ánodo se conectará a un cable general cuyo extremo se conectará a la tubería o a la caja de toma de potencial si existiera.

Antes de taparlos con tierra se humedecerán vertiéndoles un cubo de agua y se compactará la tierra a su alrededor.

11. ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS Y MATERIALES

11.1. TRANSFORRECTIFICADOR

- Alimentación a 230 Vac monofásica, 50 Hz.
- Funcionamiento manual / automático.
- Armario construido en poliéster IP-55 para fijación en pared, con tejadillo para protección intemperie.
- Medidores locales mediante indicadores digitales o analógicos:
 - o Voltaje de salida
 - o Intensidad de salida
 - o Potencial de referencia
- Protecciones eléctricas
 - o Circuito de entrada Ac.
 - o Circuito de salida Dc.
 - o Electrodo de referencia.
- Elementos de regulación:
 - o Lazo regulación tensión (Modo manual)
 - o Lazo regulación potencial (Modo Automático)

- Regulación de tensión máxima y mínima.
- Regulación de intensidad máxima.
- Panel de controles dotado de:
 - Voltímetro, amperímetro, voltímetro de consigna.
 - Selectores de modo de funcionamiento.
 - Potenciómetro de regulación de precisión, con enclavamiento.
 - Interruptor ON-OFF
- Sistema regulación: Puente tiristores onda completa
- Máximo factor de Rizado: 5%
- Eficiencia: 80%.
- Conforme a: CEE89/336 (compatibilidad electromagnética)

11.2. LECHOS ANÓDICOS

a. Ánodos

Los ánodos serán de titanio grado 1 activado a base de una capa de una mezcla de óxidos de distintos metales MMO (Metal Mixed Oxides) aplicada electrocatalíticamente sobre su superficie.

El ánodo del tipo Stp. 1.0 tiene una longitud de 1,0 m; 20 mm de anchura y 3 mm de grueso.

Para una máxima densidad anódica de 100 A/m², el ánodo Stp 1.0 tiene una capacidad máxima de corriente de 4 Amperios en lecho de backfill de carbón de coque de petróleo

Cada ánodo irá conectado a un cable del tipo KYNAR-HMWPE de 10 mm² de sección, recubierto parcialmente con material termorretráctil resistente al medio agresivo que puede generarse en las proximidades del ánodo.

En el caso de lecho en pozo profundo, la intensidad de cada ánodo con su cable independiente podrá ser regulada y equilibrada desde el exterior del lecho anódico con el fin de que nunca pueda sobrepasar la intensidad máxima admisible.

b. Backfill

El backfill en el que estarán instalados los ánodos será de carbón de coque de petróleo de las siguientes características:

Granulometría:	3 a 8 mm
Resistividad:	5 a 25 Ω x cm
Máxima densidad de corriente:	5 A/m ²
Contenido en carbono:	> 95%

c. Conexiones cable-ánodo

La conexión del cable al ánodo se realizará mecánicamente y se protegerá con encapsulaciones rellenas con resina epoxy.

11.3. ELECTRODO DE REFERENCIA PERMANENTE

El electrodo de referencia permanente se instalará para el control del transforrectificador de la EPC.

El electrodo está constituido por una varilla en espiral de cobre electrolítico montado en el interior de un recipiente cerámico poroso, relleno de sulfato de cobre (Cu/CuSO_4).

El proveedor suministrará el electrodo con una longitud de cable suficiente para que no sean precisos empalmes.

11.4. ELECTRODO REFERENCIA PROBETA

Con el fin de medir el potencial real de la tubería (OFF) se instalarán electrodos probeta en todas las tomas de potencial.

El electrodo probeta consistirá en un electrodo de referencia permanente estándar de Cu/CuSO_4 , el cual llevará adosado un testigo metálico junto al punto de contacto del tapón poroso con el terreno.

La probeta del electrodo estándar tiene una superficie de 10 cm^2 y la de alterna 1 cm^2 .

Dos cables, uno del electrodo y el otro de la probeta metálica se conectarán en el interior de la caja de conexionado, quedando el cable correspondiente a la probeta permanentemente conectado al cable de la tubería.

11.5. CAJAS DE TOMA DE POTENCIAL

a. Cajas en interior de arquetas

La caja estará construida en PVC o policarbonato, de dimensiones $160 \times 130 \times 83 \text{ mm}$, a fijar en pared, provista de tres prensaestopas y un grado de protección IP-55 según UNE 20324.

b. Cajas aéreas

Serán las cajas correspondientes a las instalaciones de cruce con otras tuberías, o bien donde no sea posible la instalación de cajas en arquetas.

Serán de fundición de aluminio, de dimensiones $200 \times 200 \times 105 \text{ mm}$, IP-65 y soportadas en un tubo de acero galvanizado de 2".

Aquellas que deban albergar elementos de desacoplo como vías de chispas o UDCAS sus dimensiones serán de $320 \times 320 \times 145 \text{ mm}$.

11.6. CONDUCTORES ELÉCTRICOS

A excepción de los cables anódicos, todos los cables utilizados para la instalación del sistema de protección catódica serán del tipo RV 0.6/1 kV formados por conductores de Cu, aislados con polietileno reticulado y cubierta de policloruro de vinilo, fabricados de conformidad con la Norma UNE 21123.

Las secciones que se utilizarán serán las siguientes:

a. En la EPC

- Para los cables individuales de cada ánodo 1 x 10 mm² (HMWPE-KYNAR)
- Para la conexión al lecho anódico y a la tubería, sección 1 x 25 mm²
- Para el electrodo de referencia permanente y negativo de medida de 1 x 6 mm²

b. En la conducción

- Para los electrodos probeta, sección 3 x 2,5 mm².
- Para las conexiones a tubería en tomas de potencial, sección 1 x 6 mm².
- Si aplica, para los puentes de continuidad eléctrica a la tubería, sección 1 x 50 mm².

c. En los sistemas de mitigación

- Para los electrodos probeta, sección 3 x 2,5 mm².
- Para las conexiones a tubería y al CCG, sección 1 x 25 mm².
- El CCG será cable de acero galvanizado desnudo de diámetro 12 mm.

d. En los ánodos de magnesio

- Cable de 1 x 4 mm² para los ánodos de magnesio del sistema provisional de protección.
- Cable de 1 x 10 mm² para el cable anódico general de cada grupo.

e. Características principales

- Tipo RV – K 0,6/1 kV s/ IEC-502

Conductor	Circular a base de conductores flexibles de cobre
Aislamiento	XLPE polietileno reticulado
Cubierta	PVC policloruro de vinilo

- Tipo HMWPE - KYNAR

Conductor	Circular a base de hilos de cobre
Aislamiento	PVDF, espesor radial, 0,51 mm

Cubierta	Polietileno de alto peso molecular conforme a ASTM D-1 248, tipo 1, Clase C, Grado 5, espesor radial 1,65 mm
Sección	1 x 10 mm ²

11.7. JUNTAS AISLANTES

a. Tipo monobloc

- *Temperatura diseño:* -10° a +120°C
- *Resistencia aislamiento eléctrico:* > 200 MΩ (1000 VDC)
- *Resistencia dieléctrica media:* > 15 kV
- *Revestimiento externo:* epoxy 300 μm
- *Revestimiento interno:* epoxy alimentario 300 μm

b. Tipo embridado

Constituida por una junta central fabricada en Neopreno, plaqueada con láminas de resina fenólica, de 3,2 mm de espesor, casquillos de material fenólico para aislamiento de los tornillos (uno por tornillo) y dos arandelas por tornillo de material fenólico.

Características técnicas:

- *Rigidez dieléctrica en aceite a 23°C:* 20.000 Volts/mm
- *Resistencia a la compresión a 23°C:* 168 N/mm²
- *Absorción de agua, ASTM D-570:* 0,6 %
- *Resistencia aislamiento* 1,2 x 10⁶ Megaohms

11.8. UDCA

En su interior sobre la placa de montaje se instalará el conjunto formado por un descargador de corriente de rayo, un descargador de sobretensiones, una inductancia de desacoplamiento y un condensador.

Sus principales características pueden encontrarse en la Especificación EE-350.

11.9. VÍA DE CHISPAS

Para la conexión del Sistema de Mitigación y protección de las juntas aislantes se instalarán vías de chispas de separación de las siguientes características:

- *Corriente de choque de rayo (1°/350):* 100 kA
- *100% corriente de respuesta de choque de rayo* < 1,25 kV

- Tensión respuesta en AC (50Hz) < 0,5 kV
- Corriente nominal de descarga 100 kA
- Clase de protección: IP67
- Material carcasa: PVC imperm.
- Homologación BVS 06 ATEX E 099

11.10. ÁNODO DE MAGNESIO

a. Descripción

- Denominación: Ánodo de magnesio ensacado
- Tipo: WIGE-R09
- Peso neto 4,1 kg
- Peso bruto 9 kg
- Dimensiones ensacado 630 x Ø135 mm

b. Características eléctricas

- Potencial respecto Cu/CuSO₄: -1.70 V
- Capacidad (Amp. Hr/kg): 1230
- Rendimiento: 50 %

c. Características físicas

Ánodo sin ensacar:

Dimensiones: Ø 68 x 550 mm

Peso: 4,1 kg

Ánodo ensacado:

Dimensiones: Ø 135 mm

Long. 630 mm

Peso: 9 kg

d. Composición química ánodo:

- Aluminio: 0.01 % máx.

- Cobre: 0.02 % máx.
- Hierro: 0.03 % máx.
- Manganeso: 0.5 – 1.30 %
- Níquel: 0.001 % máx.
- Magnesio: Resto
- Impurezas (total): 0.3 % máx.
- Impurezas (cada uno): 0.003 % máx.

e. Composición mezcla activadora:

- Yeso en polvo: 75 %
- Bentonita: 20 %
- Sulfato Sodio: 5 %

15.1. PICAS DE ZINC

a. Pica

Dimensiones	Φ35 x 1000 mm
Peso	5 kg
Aleación de zinc	U.S. MIL Spec. A-18.001 K

b. Mezcla activadora

Bentonita	20%
Yeso	75%
SO ₄ HNa	5%
Peso pica ensacada	10 kg

16. REVISIÓN DEL REVESTIMIENTO

Para garantizar la buena calidad del revestimiento una vez acabada de instalar la tubería y tapada, se llevará a cabo la revisión del revestimiento por el sistema DCVG (Direct Current Voltage Gradient).

Funcionamiento del sistema

El sistema denominado DCVG utiliza un pulso de corriente continua que se inyecta a la tubería de la misma forma que un sistema de protección catódica, generando una señal que no se puede confundir y no presenta dudas en las medidas sobre el tubo.

Esto se lleva a cabo intercalando en el negativo o positivo del transforrectificador un interruptor ON-OFF sincronizado mediante GPS ajustándolo para obtener una diferencia de potencial adecuada a la sensibilidad requerida.

Esta señal de corriente ON/OFF dará lugar a gradientes de potencial (IR) en el suelo alrededor de los defectos del revestimiento de la tubería.

Un operador que sigue la traza del tubo detecta la señal en las zonas próximas a los defectos del revestimiento.

Los gradientes de potencial detectados son medidos con un voltímetro especial de alta sensibilidad y con la ayuda de dos (2) sondas en contacto con el terreno manipuladas por el técnico.

Las medidas se llevan a cabo en intervalos aproximados de entre diez (10) y quince (15) metros.

La posición exacta del defecto se determina haciendo coincidir el gradiente nulo en diferentes direcciones.

17. PUESTA EN SERVICIO

Una vez se haya finalizado la instalación de todo el sistema y se disponga de alimentación eléctrica en la Estación de Protección Catódica se procederá a la regulación y puesta en marcha.

La puesta en servicio deberá ser llevada a cabo por un técnico cualificado y certificado en protección catódica, y deberá disponer de una experiencia mínima de 5 años en protección catódica.

Para la realización de la puesta en marcha se seguirá el procedimiento descrito a continuación:

1ª Fase:

- Si aplicara, se desconectarán los ánodos de magnesio que se hayan instalado.
- Se medirá el potencial natural en todos los puntos de control de la tubería.
- Si aplicara, se medirá el aislamiento de las juntas aislantes y el buen estado de las vías de chispas.
- Se instalarán registros Data Logger en aquellos puntos en los que se observen oscilaciones de los potenciales naturales. En la probeta se instalará un interruptor ON/OFF programado a 59" ON y 1" OFF.
- En los posibles puntos de cruce de la tubería con las otras conducciones metálicas, se medirá el

potencial natural de ambas tuberías respecto al electrodo permanente y al portátil.

- Se comprobará el correcto conexionado de todos los cables a las cajas de toma de potencial y de las vías de chispas.
- En los electrodos probeta, antes de conectar la probeta, se comprobará la diferencia de potencial del electrodo instalado con un electrodo de referencia portátil. A continuación, se medirá el potencial natural de la probeta y finalmente se puenteará el cable de la probeta al cable de la tubería en el interior de la caja.

2ª Fase:

- Se procederá a la energización de la EPC regulándola a un potencial (ON) de referencia de -1,50 V.
- Tras un periodo de polarización se comprobará que los potenciales OFF obtenidos en las probetas están en todo momento comprendidos entre -0,85 V y -1,20 V. Si esto no se consiguiera, se aumentará la regulación de la EPC y se respetarán los periodos de polarización que sean necesarios. Esta operación se repetirá hasta que se consiga ese potencial de inmunidad. A continuación, se medirán los potenciales de polarización en todas las tomas de potencial. El sistema de protección catódica quedará validado al cumplirse los criterios de protección descritos anteriormente.
- Se realizarán mediciones de tensión y corriente alterna inducidas en tubería y probeta de 1 cm². En el caso de que se obtengan tensiones instantáneas superiores a 4 Vac, realizar un registro Vac e Iac de 24h.
- Se instalarán registros Data Logger en aquellos puntos en los que se han observado oscilaciones de los potenciales naturales. En la probeta se instalará un interruptor ON/OFF programado a 59" ON y 1" OFF. Se compararán con los potenciales obtenidos en la primera fase, con objeto de verificar si se han reducido las corrientes vagabundas. En caso de detectar influencias importantes, realizar un registro en probeta de 24H.
- Se medirán los parámetros correspondientes a los sistemas de mitigación tanto de AC como de DC, en caso de que hubiese alguno instalado.

18. MANTENIMIENTO

Las operaciones de mantenimiento recomendadas para conseguir una correcta eficacia son las siguientes:

- Semanalmente:

La verificación semanal puede ser llevada a cabo por el personal de mantenimiento del cliente.

- Verificación del funcionamiento de los transforrectificadores.
- Anotación de los parámetros de funcionamiento. Comprobación del cumplimiento de las tolerancias marcadas en el manual de mantenimiento.

– Trimestralmente

La verificación trimestral debería ser llevada a cabo por técnicos especialistas en protección catódica.

- Registros de 24 horas de potencial en aquellos puntos afectados por corriente vagabundas.
- Registro de 24 horas de tensión e intensidad alterna inducida a la tubería.
- Mediciones instantáneas de potencial ON/OFF en tomas seleccionadas.

– Anualmente

La verificación anual debe ser llevada a cabo por técnicos especialistas en protección catódica, debidamente cualificados y certificados, con un mínimo de 5 años en Protección catódica.

- Análisis de los datos obtenidos por el sistema de telecontrol o manual a lo largo del año.
- Registros de 24 horas de potencial en aquellos puntos afectados por corrientes vagabundas.
- Registro de 24 horas de tensión e intensidad alterna inducida a la tubería.
- Registros de potencial ON/OFF en todas las probetas no afectadas por corrientes vagabundas o por tensión alterna inducida.
- Si aplicara, medición de potenciales de alterna en los sistemas de mitigación.
- Comprobación del correcto funcionamiento de los electrodos de referencia fijos comparando su medición con un electrodo portátil patrón correctamente calibrado. No se aceptarán errores superiores a $\pm 5\%$.
- Accionamiento de los distintos componentes del rectificador, comprobando el buen funcionamiento de éstos, así como de los módulos manual y automático.
- Limpieza y conservación de los distintos elementos del equipo (armario, cajas de potencial, de conexiones, juntas aislantes, etc), procediendo a su pintado y a la sustitución de aquellas piezas deterioradas por la corrosividad ambiental u otras causas.

Todos los datos obtenidos en los diversos controles deberán almacenarse ordenadamente de forma que sean de fácil consulta en caso de anomalías. En función de la criticidad de la instalación, ampliar o reducir el intervalo de tiempo de las revisiones. Esto se decidirá tras la puesta en marcha del sistema.

12. APÉNDICE 7.4.1: RESUMEN PROTECCIÓN CATÓDICA

PROTECCIÓN CATÓDICA

									Elementos conectados TPE/TP													
Nº ITEM	Tramo	Nº tuberías	DN	PK (tramo)	PK (acum)	EPC	TIPO CAJA	LUGAR / SITUACIÓN	Observación	Tub	J.A	VCh	Zinc	PTE	Arqueta	TPE	Elemento de cruce (conducción, canal..)	CON (Hince)	EP	EPA	UDCA	CCG

MEDICIONES	
CN-T11	
T11-T12	
Subt. CN-T12	
T12-T13	
T13-T13b	
T13b-BT	
BT-DC	
Subt. T12-DC	
DC-T17	
T17-T18	
T18-T19	
T19-T20	
T20-T21	
DC-T16	
T16-T14,15	
Subt. DC-T21 y DC-T14/15	
Total	

CN-T12
T12-DC
DC-T21 y DC T14/15

Ud	Rectificador 70V-35A en armario interperie.
	Rectificador 70V-25A en armario interperie.
	Rectificador 70V-10A en armario interperie.
Ud	Ánodos Ti-MMO 1.500x20x3mm, con 3m de cable KYNAR 1x10mm2
Ud	Conexión encapsulada en resina Epoxi tipo "Torpedos" de tres vías
Ud	Conexión encapsulada en resina Epoxi tipo "Torpedos" de dos vías

2			26	24	4
1			10	9	2
1			10	9	2
	1		8	7	2
	1		10	9	2

4	2		64	58	12
---	---	--	----	----	----

3			36	33	6
1			10	9	2
	2		18	16	4

									Elementos conectados TPE/TP													
Nº ÍTEM	Tramo	Nº tuberías	DN	PK (tramo)	PK (acum)	EPC	TIPO CAJA	LUGAR / SITUACIÓN	Observación	Tub	J.A	VCh	Zinc	PTE	Arqueta	TPE	Elemento de cruce (conducción, canal, ..)	CON (Hinca)	EP	EPA	UDCA	CCG
1	CN-T11	2	2000			EPC01	TPE	Origen	Origen	6	4	4	4			1			1			
2	CN-T11	2	2000	660	660		TPE	Cruce tubería Canal de Navarra	Cruce tub	2						1	1		1			
3	CN-T11	2	2000	2.360	2.360		TP	Arqueta desagüe	Arqueta	2					1							
4	CN-T11	2	2000	3.990	3.990		TP	Arqueta desagüe	Arqueta	2					1				1			
5	CN-T11	2	2000	5.508	5.508		TP	Arqueta desagüe + Hinca río Aragón	Hinca	2					1			2	1			
6	CN-T11	2	2000	7.473	7.473		TPE	Hinca. Cruce carretera NA-128 y tubería gas natural	Hinca	2						1	1	2	1			
	CN-T11	2	2000	8.410	8.410	EPC02																
8	CN-T11	2	2000	10.221	10.221		TP	Arqueta ventosa	Arqueta	2					1				1			
9	CN-T11	2	2000	12.020	12.020		TP	Arqueta desagüe	Arqueta	2					1				1			
10	CN-T11	2	2000	14.290	14.290		TPE	Toma 11	Toma	7	7	5	4			1			1			
11	T11-T12	2	1800	1.952	16.242		TP	Arqueta desagüe	Arqueta	2					1				1			
12	T11-T12	2	1800	3.383	17.673		TP	Arqueta ventosa	Arqueta	2					1				1			
13	T11-T12	2	1800	4.842	19.132		TP	Arqueta ventosa	Arqueta	2					1				1			
14	T11-T12	2	1800	7.850	22.140		TP	Arqueta ventosa	Arqueta	2					1				1			
15	T11-T12	2	1800	9.560	23.850		TP	Arqueta ventosa	Arqueta	2					1				1			
16	T11-T12	2	1800	11.840	26.130	EPC03	TPE	Toma 12	Toma	7	7	5	4			1						
17	T12-T13	2	1800	960	27.090		TPE	Hinca del cerro	Hinca	2					1			2	1			
18	T12-T13	2	1800	2.910	29.040		TP	Arqueta ventosa	Arqueta	2					1				1			
19	T12-T13	2	1800	5.030	31.160		TPE	Cruce carretera NA-8712 y tubería gas natural	Cruce tub	2						1	1		1			
20	T12-T13	2	1800	5.690	31.820		TPE	Hinca (Cruce carretera NA-134)	Hinca	2						1	1	2	1			
21	T12-T13	2	1800	6.350	32.480		TPE	Cruce tubería CLH	Cruce tub	2						1	1		1			
22	T12-T13	2	1800	7.874	34.004		TP	Arqueta desagüe	Arqueta	2					1				1			
	T12-T13	2	1800	9.390	35.520		TP	Arqueta desagüe + Hinca río Ebro	Arqueta	2					1			2	1			
	T12-T13	2	1800	9.120	35.520		TPE	Hinca Ebro	Hinca	2						1			2	1		
23	T12-T13	2	1800	9.470	35.600		TPE	Hinca FFCC Junta aislante anterior ferrocarril	Hinca	4	2	2		2		1		2	1			
24	T12-T13	2	1800	9.740	35.870		TPE	Hinca FFCC Junta aislante posterior a ferrocarril	Hinca	4	2	2		2		1		2	1			
25	T12-T13	2	1800	11.200	37.330		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación	2		1								1		1
26	T12-T13	2	1800	11.550	37.680		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación	2		1				1					1	1
27	T12-T13	2	1800	11.870	38.000		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación	2		1				1				1		1
28	T12-T13	2	1800	12.170	38.300		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación	2		1				1				1		1
29	T12-T13	2	1800	12.480	38.610		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación	2		1				1				1		1
30	T12-T13	2	1800	12.500	38.660	EPC04	TPE	Toma 13	Toma	7	7	5	4			1						
31	T13-T13b	2	1800	80	38.710		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación	2		1								1		1
32	T13-T13b	2	1800	360	38.990		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación	2		1				1				1		1
33	T13-T13b	2	1800	830	39.460		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación	2		1								1		1
34	T13-T13b	2	1800	1.150	39.780		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación	2		1				1				1		1
35	T13-T13b	2	1800	1.570	40.200		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación	2		1				1				1		1
36	T13-T13b	2	1800	1.970	40.600		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación	2		1				1				1		1
37	T13-T13b	2	1800	2.270	40.900		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación	2		1				1				1		1
38	T13-T13b	2	1800	2.490	41.120		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación	2		1				1				1		1
39	T13-T13b	2	1800	2.790	41.420		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación	2		1				1				1		1
40	T13-T13b	2	1800	3.260	41.890		TPE	Influencia campo aerogeneradores y cruce línea alta tensión	Mitigación	2		1				1				1		1
41	T13-T13b	2	1800	3.630	42.260		TPE	Influencia campo aerogeneradores y cruce línea alta tensión	Mitigación	2		1								1		1
42	T13-T13b	2	1800	3.640	42.270		TPE	Toma 13 BIS	Toma	10	10	8	4			1				1		
43	T13b-BT	2	1600	240	42.510		TPE	Cruce línea alta tensión	Mitigación	2		1								1		1
44	T13b-BT	2	1600	293	42.563		TPE	Cruce tubería gas natural	Cruce tub	2							1		1			
45	T13b-BT	2	1600	490	42.760		TPE	Cruce línea alta tensión	Mitigación	2		1				1				1		1
	T13b-BT	2	1600	930	43.200		TPE	Futuro cruce AVE	Mitigación	4	2			2						1	2	1
	T13b-BT	2	1600	1.230	46.500		TPE	Futuro cruce AVE	Mitigación	4	2			2						1	2	1
46	T13b-BT	2	1600	2.530	44.800		TPE	Paralelismo línea alta tensión	Mitigación	2						1				1	1	1
47	T13b-BT	2	1600	2.830	45.100		TPE	Paralelismo línea alta tensión	Mitigación	2						1				1	1	1
48	T13b-BT	2	1600	3.160	45.430		TPE	Paralelismo línea alta tensión	Mitigación	2						1				1	1	1
49	T13b-BT	2	1600	3.460	45.730		TPE	Paralelismo línea alta tensión	Mitigación	2						1				1	1	1
50	T13b-BT	2	1600	3.790	46.060		TPE	Paralelismo línea alta tensión	Mitigación	2						1				1	1	1
51	T13b-BT	2	1600	4.100	46.370		TPE	Paralelismo línea alta tensión	Mitigación	2						1				1	1	1
52	T13b-BT	2	1600	4.400	46.670		TPE	Paralelismo línea alta tensión	Mitigación	2						1				1	1	1
53	T13b-BT	2	1600	4.730	47.000		TPE	Paralelismo línea alta tensión	Mitigación	2						1				1	1	1
54	T13b-BT	2	1600	4.960	47.230		TPE	Paralelismo línea alta tensión	Mitigación	2						1				1	1	1
55	T13b-BT	2	1600	5.510	47.780		TPE	Hinca. Cruce autopista AP-68 y carretera NA-6810	Hinca	2						1		2	1			
56	T13b-BT	2	1600	6.305	48.575		TPE	Cruce tubería ENAGAS	Cruce tub	2							1	1		1		
57	T13b-BT	2	1600	6.927	49.197		TPE	Balsa de Tudela	BT	5	4		4			1			1			
58	BT-DC	2	1900	1.646	50.842		TPE	Derivación Corella	Toma	6	5	5	4						1			
59	DC-T17	2	1800	80	50.922		TPE	Hinca. Cruce carretera N-160	Hinca	2						1		2	1			
60	DC-T17	2	1800	1.550	52.392		TP	Arqueta ventosa	Arqueta	2						1			1			
61	DC-T17	2	1800	2.730	53.572		TPE	Toma 17	Toma	7	7	5	4			1			1			
62	T17-T18	2	1600	1.480	55.052		TP	Arqueta desagüe	Arqueta	2						1			1			
63	T17-T18	2	1600	3.230	56.802		TPE	Toma 18	Toma	5	6	4	4			1			1			
64	T18-T19	1	1800	1.233	58.035		TP	Arqueta desagüe	Arqueta	1						1			1			
65	T18-T19	1	1800	3.330	60.132		TP	Arqueta ventosa	Arqueta	1						1			1			
66	T18-T19	1	1800	5.610	62.412		TPE	Toma 19	Toma	4	4	3	4			1			1			
67	T19-T20	1	1500	2.440	64.852	EPC06	TPE	Toma 20	Toma	4	4	3	4						1			
68	T20-T21	1	1300	810	65.662		TP	Arqueta ventosa	Arqueta	1						1			1			
69	T20-T21	1	1300	2.055	66.907		TPE	Toma 21	Toma	4	4	3	4			1			1			
70	DC-T16	1	1800	1.150	1.150	EPC05	TPE	Toma 16	Toma	4	4	3	4			1						
71	T16-T14/15	1	1600	1730	2870		TP	Arqueta ventosa	Arqueta	1									1			
72	T16-T14/15	1	1600	3030	4180		TPE	Cruce tubería gas natural	Cruce tub	1							1	1				
73	T16-T14/15	1	1600	3132	4282		TPE	Hinca. Cruce carretera N-113	Hinca	1									1	1		
73	T16-T14/15	1	1600	3.241	4.391		TPE	Toma 14 / 15	Toma	4	4	3	4			1			1			

Ud	Rectificador 70V-35A en armario interperie.
	Rectificador 70V-25A en armario interperie.
	Rectificador 70V-10A en armario interperie.
Ud	Ánodos Ti-MMO 1.50x20x3mm, con 3m de cable KYNAR 1x10mm ²
Ud	Conexión encapsulada en resina Epoxi tipo "Torpedos" de tres vías
Ud	Conexión encapsulada en resina Epoxi tipo "Torpedos" de dos vías

1			12	11	2
1			14	13	2
1			10	9	2

[illegible][illegible][illegible][illegible]

PROTECCIÓN CATÓDICA																								
Nº ÍTEM	Tramo	Nº tuberías	DN	PK (tramo)	PK (acum)	EPC	TIPO CAJA	LUGAR / SITUACIÓN	Observación	Pasiva														
									Conjunto de TTs para aislamiento de elementos, soldaduras aluminotérmicas, conexonados pasivos en toma del tramo	Ud	Ud	Ud	Ud	Ud	Ud	Ud	Ud	Ud	Ud	Ud	Ud	Ud	Ud	Ud
									Obra civil material en línea (TPs.+TPEs)	Ud														
									Montaje y Conexonado (TPs.+TPEs)	Ud														
									Caja toma de potencial de policarbonato con prensaestopas	Ud														
									Caja toma de potencial TPE (200 X 200) con poste acero galvanizado diámetro 2" y 2 m.	Ud														
									Caja toma de potencial TPE (320 x 320) con poste acero galvanizado diámetro 2" y 2 m.	Ud														
									UDCA en caja TPE con poste de acero galvanizado diámetro 2" y 2 m	Ud														
									Vía de chispas en caja TPE con poste de acero galvanizado diámetro 2" y 2 m	Ud														
									Electrodo probeta estándar	Ud														
									Electrodo probeta alemana	Ud														
									Electrodo probeta alemana ENACAS.	Ud														
									Ánodos de magnesio tipo R-09 de 4.1 Kg. de peso neto, ensacados con mezcla activadora y 5 m de cable. Protección catódica provisional)	Ud														
MEDICIONES										2	1	1	5	2	2			9			108			
CN-T11										1								5			72			
T11-T12																								
Subt. CN-T12																								
T12-T13										1	1	1	3	5	3			5	10	5	192			
T13-T13b										1	1	1			1		11	1	11		144			
T13b-BT										1	1	1		3	1	11	2	3	13	1	204			
BT-DC										1	1	1			1			1			12			
Subt. T12-DC																								
DC-T17										1	1	1	1	1	1			3			36			
T17-T18										1	1	1	1		1			2			24			
T18-T19										1	1	1	2		1			3			18			
T19-T20										1	1	1			1						6			
T20-T21										1	1	1	1		1			2			12			
DC-T16										1	1	1			1						6			
T16-T14,15										1	1	1	1	2	1			4			24			
Subt. DC-T21 y DC-T14/15																								
Total										14	13	13	19	13	16	11	18	43	29	1	858			
										3	2	2	10	2	3			14			180			
CN-T12										4	4	4	3	8	6	11	18	15	29	1	552			
T12-DC																								
DC-T21 y DC T14/15										7	7	7	6	3	7			14			126			

									Pasiva													
Nº ÍTEM	Tramo	Nº tuberías	DN	PK (tramo)	PK (acum)	EPC	TIPO CAJA	LUGAR / SITUACIÓN	Observación	Conjunto de TTs para aislamiento de elementos, soldaduras aluminotérmicar, conexonados pasivos en toma del tramo	Obra civil material en línea (TPs+TPEs)	Montaje y Conexionado (TPs+TPEs)	Caja toma de potencial de policarbonato con prensaestopas	Caja toma de potencial TPE (200 X 200) con poste acero galvanizado diámetro 2" y 2 m.	Caja toma de potencial TPE (320 x 320) con poste acero galvanizado diámetro 2" y 2 m.	UDCA en caja TPE con poste de acero galvanizado diámetro 2" y 2 m	Vía de chispas en caja TPE con poste de acero galvanizado diámetro 2" y 2 m	Electrodo probeta estándar	Electrodo probeta alemana	Electrodo probeta alemana ENAGAS.	Ánodos de magnesio tipo R-09 de 4,1 Kg. de peso neto, ensacados con mezcla activadora y 5 m de cable. Protección catódica provisional)	
										Ud	Ud	Ud	Ud	Ud	Ud	Ud	Ud	Ud	Ud	Ud	Ud	Ud
1	CN-T11	2	2000			EPC01	TPE	Origen	Origen	1									1			12
2	CN-T11	2	2000	660	660		TPE	Cruce tubería Canal de Navarra	Cruce tub					1					1			12
3	CN-T11	2	2000	2.360	2.360		TP	Arqueta desagüe	Arqueta				1						1			12
4	CN-T11	2	2000	3.990	3.990		TP	Arqueta desagüe	Arqueta				1						1			12
5	CN-T11	2	2000	5.508	5.508		TP	Arqueta desagüe + Hincia río Aragón	Hincia				1						1			12
6	CN-T11	2	2000	7.473	7.473		TPE	Hincia. Cruce carretera NA-128 y tubería gas natural	Hincia					1					1			12
	CN-T11	2	2000	8.410	8.410	EPC02				1												
8	CN-T11	2	2000	10.221	10.221		TP	Arqueta ventosa	Arqueta				1						1			12
9	CN-T11	2	2000	12.020	12.020		TP	Arqueta desagüe	Arqueta				1						1			12
10	CN-T11	2	2000	14.290	14.290		TPE	Toma 11	Toma						1				1			12
11	T11-T12	2	1800	1.952	16.242		TP	Arqueta desagüe	Arqueta				1						1			12
12	T11-T12	2	1800	3.383	17.673		TP	Arqueta ventosa	Arqueta				1						1			12
13	T11-T12	2	1800	4.842	19.132		TP	Arqueta ventosa	Arqueta				1						1			12
14	T11-T12	2	1800	7.850	22.140		TP	Arqueta ventosa	Arqueta				1						1			12
15	T11-T12	2	1800	9.560	23.850		TP	Arqueta ventosa	Arqueta				1						1			12
16	T11-T12	2	1800	11.840	26.130	EPC03	TPE	Toma 12	Toma	1					1							12
17	T12-T13	2	1800	960	27.090		TPE	Hincia del cerro	Hincia					1					1			12
18	T12-T13	2	1800	2.910	29.040		TP	Arqueta ventosa	Arqueta				1						1			12
19	T12-T13	2	1800	5.030	31.160		TPE	Cruce carretera NA-8712 y tubería gas natural	Cruce tub					1					1			12
20	T12-T13	2	1800	5.690	31.820		TPE	Hincia (Cruce carretera NA-134)	Hincia					1					1			12
21	T12-T13	2	1800	6.350	32.480		TPE	Cruce tubería CLH	Cruce tub					1					1			12
22	T12-T13	2	1800	7.874	34.004		TP	Arqueta desagüe	Arqueta				1						1			12
	T12-T13	2	1800	9.390	35.520		TP	Arqueta desagüe + Hincia río Ebro	Arqueta				1						1			12
	T12-T13	2	1800	9.120	35.520		TPE	Hincia Ebro	Hincia					1					1			12
23	T12-T13	2	1800	9.470	35.600		TPE	Hincia FFCC Junta aislante anterior ferrocarril	Hincia						1				1			12
24	T12-T13	2	1800	9.740	35.870		TPE	Hincia FFCC Junta aislante posterior a ferrocarril	Hincia						1				1			12
25	T12-T13	2	1800	11.200	37.330		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación									1		1		12
26	T12-T13	2	1800	11.550	37.680		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación									1		1		12
27	T12-T13	2	1800	11.870	38.000		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación									1		1		12
28	T12-T13	2	1800	12.170	38.300		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación									1		1		12
29	T12-T13	2	1800	12.480	38.610		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación									1		1		12
30	T12-T13	2	1800	12.500	38.660	EPC04	TPE	Toma 13	Toma	1					1							12
31	T13-T13b	2	1800	80	38.710		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación									1		1		12
32	T13-T13b	2	1800	360	38.990		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación									1		1		12
33	T13-T13b	2	1800	830	39.460		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación									1		1		12
34	T13-T13b	2	1800	1.150	39.780		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación									1		1		12
35	T13-T13b	2	1800	1.570	40.200		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación									1		1		12
36	T13-T13b	2	1800	1.970	40.600		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación									1		1		12
37	T13-T13b	2	1800	2.270	40.900		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación									1		1		12
38	T13-T13b	2	1800	2.490	41.120		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación									1		1		12
39	T13-T13b	2	1800	2.790	41.420		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación									1		1		12
40	T13-T13b	2	1800	3.260	41.890		TPE	Influencia campo aerogeneradores y cruce línea alta tensión	Mitigación									1		1		12
41	T13-T13b	2	1800	3.630	42.260		TPE	Influencia campo aerogeneradores y cruce línea alta tensión	Mitigación									1		1		12
42	T13-T13b	2	1800	3.640	42.270		TPE	Toma 13 BIS	Toma	1					1				1			12
43	T13b-BT	2	1600	240	42.510		TPE	Cruce línea alta tensión	Mitigación									1		1		12
44	T13b-BT	2	1600	293	42.563		TPE	Cruce tubería gas natural	Cruce tub					1					1			12
45	T13b-BT	2	1600	490	42.760		TPE	Cruce línea alta tensión	Mitigación									1		1		12
	T13b-BT	2	1600	930	43.200		TPE	Futuro cruce AVE	Mitigación									1		1		12
	T13b-BT	2	1600	1.230	46.500		TPE	Futuro cruce AVE	Mitigación									1		1		12
46	T13b-BT	2	1600	2.530	44.800		TPE	Paralelismo línea alta tensión	Mitigación									1		1		12
47	T13b-BT	2	1600	2.830	45.100		TPE	Paralelismo línea alta tensión	Mitigación									1		1		12
48	T13b-BT	2	1600	3.160	45.430		TPE	Paralelismo línea alta tensión	Mitigación									1		1		12
49	T13b-BT	2	1600	3.460	45.730		TPE	Paralelismo línea alta tensión	Mitigación									1		1		12
50	T13b-BT	2	1600	3.790	46.060		TPE	Paralelismo línea alta tensión	Mitigación									1		1		12
51	T13b-BT	2	1600	4.100	46.370		TPE	Paralelismo línea alta tensión	Mitigación									1		1		12
52	T13b-BT	2	1600	4.400	46.670		TPE	Paralelismo línea alta tensión	Mitigación									1		1		12
53	T13b-BT	2	1600	4.730	47.000		TPE	Paralelismo línea alta tensión	Mitigación									1		1		12
54	T13b-BT	2	1600	4.960	47.230		TPE	Paralelismo línea alta tensión	Mitigación									1		1		12
55	T13b-BT	2	1600	5.510	47.780		TPE	Hincia. Cruce autopista AP-68 y carretera NA-6810	Hincia					1					1			12
56	T13b-BT	2	1600	6.305	48.575		TPE	Cruce tubería ENAGAS	Cruce tub					1							1	12
57	T13b-BT	2	1600	6.927	49.197		TPE	Balsa de Tudela	BT						1				1			12
58	BT-DC	2	1900	1.646	50.842		TPE	Derivación Corella	Toma	1					1				1			12
59	DC-T17	2	1800	80	50.922		TPE	Hincia. Cruce carretera N-160	Hincia						1				1			12
60	DC-T17	2	1800	1.550	52.392		TP	Arqueta ventosa	Arqueta				1						1			12
61	DC-T17	2	1800	2.730	53.572		TPE	Toma 17	Toma	1					1				1			12
62	T17-T18	2	1600	1.480	55.052		TP	Arqueta desagüe	Arqueta				1						1			12
63	T17-T18	2	1600	3.230	56.802		TPE	Toma 18	Toma	1					1				1			12
64	T18-T19	1	1800	1.233	58.035		TP	Arqueta desagüe	Arqueta				1						1			6
65	T18-T19	1	1800	3.330	60.132		TP	Arqueta ventosa	Arqueta				1						1			6
66	T18-T19	1	1800	5.610	62.412		TPE	Toma 19	Toma	1					1				1			6
67	T19-T20	1	1500	2.440	64.852	EPC06	TPE	Toma 20	Toma	1					1							6
68	T20-T21	1	1300	810	65.662		TP	Arqueta ventosa	Arqueta				1						1			6
69	T20-T21	1	1300	2.055	66.907		TPE	Toma 21	Toma	1					1				1			6
70	DC-T16	1	1800	1.150	1.150	EPC05	TPE	Toma 16	Toma	1					1							6
71	T16-T14/15	1	1600	1730	2870		TP	Arqueta ventosa	Arqueta				1						1			6
72	T16-T14/15	1	1600	3030	4180		TPE	Cruce tubería gas natural	Cruce tub					1					1			6
73	T16-T14/15	1	1600	3132	4282		TPE	Hincia. Cruce carretera N-113	Hincia						1							6
73	T16-T14/15	1	1600	3.241	4.391		TPE	Toma 14 / 15	Toma	1						1			1			6

PROTECCIÓN CATÓDICA																						
										Material de línea												
Nº ITEM	Tramo	Nº tuberías	DN	PK (tramo)	PK (acum)	EPC	TIPO CAJA	LUGAR / SITUACIÓN	Observación	Teja de acero 70 x 70 x 3 mm o pletina taladrada con 5 m cable RV 0.6/1 KV 1 x 6 mm2 con Handy-cap.	Teja de acero 70 x 70 x 3 mm o pletina taladrada con 20 m cable RV 0.6/1 KV 1 x 25 mm2 con Handy-cap.	Cable acero galvanizado 12 mm	Cable RV 0.6 / 1 KV 1 x 25 mm2	Cable RV 0.6 / 1 KV 1 x 50 mm2	Empalme encapsulado cable 1 x 25 mm2 picas / cable gradiente	Picas de zinc 1000 mm ensacada	Vías de chispas con cable y pletina para conexión	Junta aislante embreadada DN 2200 mm PN16	Junta aislante embreadada DN 2000 mm PN16	Junta aislante embreadada DN 1900 mm PN16	Junta aislante embreadada DN 1800 mm PN16	
										Ud	Ud	m	m	m	Ud	Ud	Ud	Ud	Ud	Ud	Ud	
MEDICIONES										20	13	30	20			8	8	9	2	4		2
										10	7	15	10			4	4	5				4
Subt. CN-T12																						
										30	25	2575	760		19	4	9					
											32	7115	340		37	4	8					2
										10	35	6475	1000	150	43	4	4			2		
											6	15	10		4	4	5			2	3	
Subt. T12-DC																						
										6	7	15	10		4	4	5					2
										2	5	15	10		4	4	4					1
										2	4	15	10		4	4	3					
											4	15	10		4	4	3					
										1	4	15	10		4	4	3					
											4	15	10		4	4	3					
										5	4	15	10		4	4	3					
Subt. DC-T21 y DC-T14/15										86	150	16.330	2.210	150	143	56	64	2	4	4	14	
Total																						
										30	20	45	30		12	12	14	2	4			6
										40	98	16.180	2.110	150	103	16	26				4	5
DC-T21 y DC T14/15										16	32	105	70		28	28	24					3

									Material de línea												
Nº ÍTEM	Tramo	Nº tuberías	DN	PK (tramo)	PK (acum)	EPC	TIPO CAJA	LUGAR / SITUACIÓN	Observación	Teja de acero 70 x 70 x 3 mm o pletina taladrada con 5 m cable RV 0.6/1 KV 1 x 6 mm2 con Handy-cap.	Teja de acero 70 x 70 x 3 mm o pletina taladrada con 20 m cable RV 0.6/1 KV 1 x 25 mm2 con Handy-cap.	Cable acero galvanizado 12 mm	Cable RV 0.6 / 1 KV 1 x 25 mm2	Cable RV 0.6 / 1 KV 1 x 50 mm2	Empalme encapsulado cable 1 x 25 mm2 picas / cable gradiente	Picas de zinc 1000 mm ensacada	Vías de chispas con cable y pletina para conexión	Junta aislante embriçada DN 2200 mm PN16	Junta aislante embriçada DN 2000 mm PN16	Junta aislante embriçada DN 1900 mm PN16	Junta aislante embriçada DN 1800 mm PN16
										Ud	Ud	m	m	m	Ud	Ud	Ud	Ud	Ud	Ud	Ud
1	CN-T11	2	2000			EPC01	TPE	Origen	Origen			6	15	10		4	4	4	2	2	
2	CN-T11	2	2000	660	660		TPE	Cruce tubería Canal de Navarra	Cruce tub	3											
3	CN-T11	2	2000	2.360	2.360		TP	Arqueta desagüe	Arqueta	2											
4	CN-T11	2	2000	3.990	3.990		TP	Arqueta desagüe	Arqueta	2											
5	CN-T11	2	2000	5.508	5.508		TP	Arqueta desagüe + Hinca río Aragón	Hinca	4											
6	CN-T11	2	2000	7.473	7.473		TPE	Hinca. Cruce carretera NA-128 y tubería gas natural	Hinca	5											
	CN-T11	2	2000	8.410	8.410	EPC02															
8	CN-T11	2	2000	10.221	10.221		TP	Arqueta ventosa	Arqueta	2											
9	CN-T11	2	2000	12.020	12.020		TP	Arqueta desagüe	Arqueta	2											
10	CN-T11	2	2000	14.290	14.290		TPE	Toma 11	Toma		7	15	10		4	4	5		2		2
11	T11-T12	2	1800	1.952	16.242		TP	Arqueta desagüe	Arqueta	2											
12	T11-T12	2	1800	3.383	17.673		TP	Arqueta ventosa	Arqueta	2											
13	T11-T12	2	1800	4.842	19.132		TP	Arqueta ventosa	Arqueta	2											
14	T11-T12	2	1800	7.850	22.140		TP	Arqueta ventosa	Arqueta	2											
15	T11-T12	2	1800	9.560	23.850		TP	Arqueta ventosa	Arqueta	2											
16	T11-T12	2	1800	11.840	26.130	EPC03	TPE	Toma 12	Toma		7	15	10		4	4	5				4
17	T12-T13	2	1800	960	27.090		TPE	Hinca del cerro	Hinca	4											
18	T12-T13	2	1800	2.910	29.040		TP	Arqueta ventosa	Arqueta	2											
19	T12-T13	2	1800	5.030	31.160		TPE	Cruce carretera NA-8712 y tubería gas natural	Cruce tub	3											
20	T12-T13	2	1800	5.690	31.820		TPE	Hinca (Cruce carretera NA-134)	Hinca	4											
21	T12-T13	2	1800	6.350	32.480		TPE	Cruce tubería CLH	Cruce tub	3											
22	T12-T13	2	1800	7.874	34.004		TP	Arqueta desagüe	Arqueta	2											
	T12-T13	2	1800	9.390	35.520		TP	Arqueta desagüe + Hinca río Ebro	Arqueta	4											
	T12-T13	2	1800	9.120	35.520		TPE	Hinca Ebro	Hinca	4											
23	T12-T13	2	1800	9.470	35.600		TPE	Hinca FFCC Junta aislante anterior ferrocarril	Hinca	2	4		300				2				
24	T12-T13	2	1800	9.740	35.870		TPE	Hinca FFCC Junta aislante posterior a ferrocarril	Hinca	2	4		300				2				
25	T12-T13	2	1800	11.200	37.330		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación		2	350	30		3						
26	T12-T13	2	1800	11.550	37.680		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación		2	350	30		3						
27	T12-T13	2	1800	11.870	38.000		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación		2	640	30		3						
28	T12-T13	2	1800	12.170	38.300		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación		2	600	30		3						
29	T12-T13	2	1800	12.480	38.610		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación		2	620	30		3						
30	T12-T13	2	1800	12.500	38.660	EPC04	TPE	Toma 13	Toma		7	15	10		4	4	5				
31	T13-T13b	2	1800	80	38.710		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación		2	280	30		3						
32	T13-T13b	2	1800	360	38.990		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación		2	280	30		3						
33	T13-T13b	2	1800	830	39.460		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación		2	940	30		3						
34	T13-T13b	2	1800	1.150	39.780		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación		2	640	30		3						
35	T13-T13b	2	1800	1.570	40.200		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación		2	840	30		3						
36	T13-T13b	2	1800	1.970	40.600		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación		2	800	30		3						
37	T13-T13b	2	1800	2.270	40.900		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación		2	600	30		3						
38	T13-T13b	2	1800	2.490	41.120		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación		2	440	30		3						
39	T13-T13b	2	1800	2.790	41.420		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación		2	600	30		3						
40	T13-T13b	2	1800	3.260	41.890		TPE	Influencia campo aerogeneradores y cruce línea alta tensión	Mitigación		2	940	30		3						
41	T13-T13b	2	1800	3.630	42.260		TPE	Influencia campo aerogeneradores y cruce línea alta tensión	Mitigación		2	740	30		3						
42	T13-T13b	2	1800	3.640	42.270		TPE	Toma 13 BIS	Toma		10	15	10		4	4	8				2
43	T13b-BT	2	1600	240	42.510		TPE	Cruce línea alta tensión	Mitigación		2	500	30	150	3						
44	T13b-BT	2	1600	293	42.563		TPE	Cruce tubería gas natural	Cruce tub	3											
45	T13b-BT	2	1600	490	42.760		TPE	Cruce línea alta tensión	Mitigación		2	500	330		3						
	T13b-BT	2	1600	930	43.200		TPE	Futuro cruce AVE	Mitigación		4	300	330		3						
	T13b-BT	2	1600	1.230	46.500		TPE	Futuro cruce AVE	Mitigación		4	300	30		3						
46	T13b-BT	2	1600	2.530	44.800		TPE	Paralelismo línea alta tensión	Mitigación		2	300	30		3						
47	T13b-BT	2	1600	2.830	45.100		TPE	Paralelismo línea alta tensión	Mitigación		2	300	30		3						
48	T13b-BT	2	1600	3.160	45.430		TPE	Paralelismo línea alta tensión	Mitigación		2	660	30		3						
49	T13b-BT	2	1600	3.460	45.730		TPE	Paralelismo línea alta tensión	Mitigación		2	600	30		3						
50	T13b-BT	2	1600	3.790	46.060		TPE	Paralelismo línea alta tensión	Mitigación		2	660	30		3						
51	T13b-BT	2	1600	4.100	46.370		TPE	Paralelismo línea alta tensión	Mitigación		2	620	30		3						
52	T13b-BT	2	1600	4.400	46.670		TPE	Paralelismo línea alta tensión	Mitigación		2	600	30		3						
53	T13b-BT	2	1600	4.730	47.000		TPE	Paralelismo línea alta tensión	Mitigación		2	660	30		3						
54	T13b-BT	2	1600	4.960	47.230		TPE	Paralelismo línea alta tensión	Mitigación		2	460	30		3						
55	T13b-BT	2	1600	5.510	47.780		TPE	Hinca. Cruce autopista AP-68 y carretera NA-6810	Hinca	4											
56	T13b-BT	2	1600	6.305	48.575		TPE	Cruce tubería ENAGAS	Cruce tub	3											
57	T13b-BT	2	1600	6.927	49.197		TPE	Balsa de Tudela	BT		5	15	10		4	4	4			2	
58	BT-DC	2	1900	1.646	50.842		TPE	Derivación Corella	Toma		6	15	10		4	4	5		2		3
59	DC-T17	2	1800	80	50.922		TPE	Hinca. Cruce carretera N-160	Hinca	4											
60	DC-T17	2	1800	1.550	52.392		TP	Arqueta ventosa	Arqueta	2											
61	DC-T17	2	1800	2.730	53.572		TPE	Toma 17	Toma		7	15	10		4	4	5				2
62	T17-T18	2	1600	1.480	55.052		TP	Arqueta desagüe	Arqueta	2											
63	T17-T18	2	1600	3.230	56.802		TPE	Toma 18	Toma		5	15	10		4	4	4				1
64	T18-T19	1	1800	1.233	58.035		TP	Arqueta desagüe	Arqueta	1											
65	T18-T19	1	1800	3.330	60.132		TP	Arqueta ventosa	Arqueta	1											
66	T18-T19	1	1800	5.610	62.412		TPE	Toma 19	Toma		4	15	10		4	4	3				
67	T19-T20	1	1500	2.440	64.852	EPC06	TPE	Toma 20	Toma		4	15	10		4	4	3				
68	T20-T21	1	1300	810	65.662		TP	Arqueta ventosa	Arqueta	1											
69	T20-T21	1	1300	2.055	66.907		TPE	Toma 21	Toma		4	15	10		4	4	3				
70	DC-T16	1	1800	1.150	1.150	EPC05	TPE	Toma 16	Toma		4	15	10		4	4	3				
71	T16-T14/15	1	1600	1730	2870		TP	Arqueta ventosa	Arqueta	1											
72	T16-T14/15	1	1600	3030	4180		TPE	Cruce tubería gas natural	Cruce tub	2											
73	T16-T14/15	1	1600	3132	4282		TPE	Hinca. Cruce carretera N-113	Hinca	2											
73	T16-T14/15	1	1600	3.241	4.391		TPE	Toma 14 / 15	Toma		4	15	10		4	4	3				

Nº ÍTEM	Tramo	Nº tuberías	DN	PK (tramo)	PK (acum)	EPC	TIPO CAJA	LUGAR / SITUACIÓN	Observación								
										Junta aislante embreadada DN 1800 mm PN25	Junta aislante embreadada DN 1600 mm PN16	Junta aislante embreadada DN 1500 mm PN16	Junta aislante embreadada DN 1300 mm PN16	Junta aislante embreadada DN 1100 mm PN16	Junta aislante embreadada DN 900mm PN16	Junta aislante embreadada DN 800mm PN16	Junta aislante embreadada DN 800mm PN25
										Ud	Ud	Ud	Ud	Ud	Ud	Ud	Ud
MEDICIONES																	
CN-T11													1				
T11-T12																	
Subt. CN-T12																	
T12-T13																	
T13-T13b										4							1
T13b-BT											2					4	
BT-DC											2						
Subt. T12-DC																	
DC-T17																	
T17-T18																	
T18-T19																	
T19-T20													1				
T20-T21													1				
DC-T16																	
T16-T14,15														1			
Subt. DC-T21 y DC-T14/15																	
Total										4	10	4	6	2	1	5	1
CN-T12													1				
T12-DC										4	4					4	1
DC-T21 y DC T14/15											6	4	5	2	1	1	

Nº ÍTEM	Tramo	Nº tuberías	DN	PK (tramo)	PK (acum)	EPC	TIPO CAJA	LUGAR / SITUACIÓN	Observación	Junta aislante embreadada DN 1800 mm PN25	Junta aislante embreadada DN 1600 mm PN16	Junta aislante embreadada DN 1500 mm PN16	Junta aislante embreadada DN 1300 mm PN16	Junta aislante embreadada DN 1100 mm PN16	Junta aislante embreadada DN 900mm PN16	Junta aislante embreadada DN 800mm PN16	Junta aislante embreadada DN 800mm PN25
1	CN-T11	2	2000			EPC01	TPE	Origen	Origen	Ud	Ud	Ud	Ud	Ud	Ud	Ud	Ud
2	CN-T11	2	2000	660	660		TPE	Cruce tubería Canal de Navarra	Cruce tub								
3	CN-T11	2	2000	2.360	2.360		TP	Arqueta desagüe	Arqueta								
4	CN-T11	2	2000	3.990	3.990		TP	Arqueta desagüe	Arqueta								
5	CN-T11	2	2000	5.508	5.508		TP	Arqueta desagüe + Hinca río Aragón	Hinca								
6	CN-T11	2	2000	7.473	7.473		TPE	Hinca. Cruce carretera NA-128 y tubería gas natural	Hinca								
	CN-T11	2	2000	8.410	8.410	EPC02											
8	CN-T11	2	2000	10.221	10.221		TP	Arqueta ventosa	Arqueta								
9	CN-T11	2	2000	12.020	12.020		TP	Arqueta desagüe	Arqueta								
10	CN-T11	2	2000	14.290	14.290		TPE	Toma 11	Toma				1				
11	T11-T12	2	1800	1.952	16.242		TP	Arqueta desagüe	Arqueta								
12	T11-T12	2	1800	3.383	17.673		TP	Arqueta ventosa	Arqueta								
13	T11-T12	2	1800	4.842	19.132		TP	Arqueta ventosa	Arqueta								
14	T11-T12	2	1800	7.850	22.140		TP	Arqueta ventosa	Arqueta								
15	T11-T12	2	1800	9.560	23.850		TP	Arqueta ventosa	Arqueta								
16	T11-T12	2	1800	11.840	26.130	EPC03	TPE	Toma 12	Toma								
17	T12-T13	2	1800	960	27.090		TPE	Hinca del cerro	Hinca								
18	T12-T13	2	1800	2.910	29.040		TP	Arqueta ventosa	Arqueta								
19	T12-T13	2	1800	5.030	31.160		TPE	Cruce carretera NA-8712 y tubería gas natural	Cruce tub								
20	T12-T13	2	1800	5.690	31.820		TPE	Hinca (Cruce carretera NA-134)	Hinca								
21	T12-T13	2	1800	6.350	32.480		TPE	Cruce tubería CLH	Cruce tub								
22	T12-T13	2	1800	7.874	34.004		TP	Arqueta desagüe	Arqueta								
	T12-T13	2	1800	9.390	35.520		TP	Arqueta desagüe + Hinca río Ebro	Arqueta								
	T12-T13	2	1800	9.120	35.520		TPE	Hinca Ebro	Hinca								
23	T12-T13	2	1800	9.470	35.600		TPE	Hinca FFCC Junta aislante anterior ferrocarril	Hinca								
24	T12-T13	2	1800	9.740	35.870		TPE	Hinca FFCC Junta aislante posterior a ferrocarril	Hinca								
25	T12-T13	2	1800	11.200	37.330		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación								
26	T12-T13	2	1800	11.550	37.680		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación								
27	T12-T13	2	1800	11.870	38.000		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación								
28	T12-T13	2	1800	12.170	38.300		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación								
29	T12-T13	2	1800	12.480	38.610		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación								
30	T12-T13	2	1800	12.500	38.660	EPC04	TPE	Toma 13	Toma	4							1
31	T13-T13b	2	1800	80	38.710		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación								
32	T13-T13b	2	1800	360	38.990		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación								
33	T13-T13b	2	1800	830	39.460		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación								
34	T13-T13b	2	1800	1.150	39.780		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación								
35	T13-T13b	2	1800	1.570	40.200		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación								
36	T13-T13b	2	1800	1.970	40.600		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación								
37	T13-T13b	2	1800	2.270	40.900		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación								
38	T13-T13b	2	1800	2.490	41.120		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación								
39	T13-T13b	2	1800	2.790	41.420		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación								
40	T13-T13b	2	1800	3.260	41.890		TPE	Influencia campo aerogeneradores y cruce línea alta tensión	Mitigación								
41	T13-T13b	2	1800	3.630	42.260		TPE	Influencia campo aerogeneradores y cruce línea alta tensión	Mitigación								
42	T13-T13b	2	1800	3.640	42.270		TPE	Toma 13 BIS	Toma		2						4
43	T13b-BT	2	1600	240	42.510		TPE	Cruce línea alta tensión	Mitigación								
44	T13b-BT	2	1600	293	42.563		TPE	Cruce tubería gas natural	Cruce tub								
45	T13b-BT	2	1600	490	42.760		TPE	Cruce línea alta tensión	Mitigación								
	T13b-BT	2	1600	930	43.200		TPE	Futuro cruce AVE	Mitigación								
	T13b-BT	2	1600	1.230	46.500		TPE	Futuro cruce AVE	Mitigación								
46	T13b-BT	2	1600	2.530	44.800		TPE	Paralelismo línea alta tensión	Mitigación								
47	T13b-BT	2	1600	2.830	45.100		TPE	Paralelismo línea alta tensión	Mitigación								
48	T13b-BT	2	1600	3.160	45.430		TPE	Paralelismo línea alta tensión	Mitigación								
49	T13b-BT	2	1600	3.460	45.730		TPE	Paralelismo línea alta tensión	Mitigación								
50	T13b-BT	2	1600	3.790	46.060		TPE	Paralelismo línea alta tensión	Mitigación								
51	T13b-BT	2	1600	4.100	46.370		TPE	Paralelismo línea alta tensión	Mitigación								
52	T13b-BT	2	1600	4.400	46.670		TPE	Paralelismo línea alta tensión	Mitigación								
53	T13b-BT	2	1600	4.730	47.000		TPE	Paralelismo línea alta tensión	Mitigación								
54	T13b-BT	2	1600	4.960	47.230		TPE	Paralelismo línea alta tensión	Mitigación								
55	T13b-BT	2	1600	5.510	47.780		TPE	Hinca. Cruce autopista AP-68 y carretera NA-6810	Hinca								
56	T13b-BT	2	1600	6.305	48.575		TPE	Cruce tubería ENAGAS	Cruce tub								
57	T13b-BT	2	1600	6.927	49.197		TPE	Balsa de Tudela	BT		2						
58	BT-DC	2	1900	1.646	50.842		TPE	Derivación Corella	Toma								
59	DC-T17	2	1800	80	50.922		TPE	Hinca. Cruce carretera N-160	Hinca								
60	DC-T17	2	1800	1.550	52.392		TP	Arqueta ventosa	Arqueta								
61	DC-T17	2	1800	2.730	53.572		TPE	Toma 17	Toma		2						1
62	T17-T18	2	1600	1.480	55.052		TP	Arqueta desagüe	Arqueta								
63	T17-T18	2	1600	3.230	56.802		TPE	Toma 18	Toma		2			1			
64	T18-T19	1	1800	1.233	58.035		TP	Arqueta desagüe	Arqueta								
65	T18-T19	1	1800	3.330	60.132		TP	Arqueta ventosa	Arqueta								
66	T18-T19	1	1800	5.610	62.412		TPE	Toma 19	Toma			1		1	1		
67	T19-T20	1	1500	2.440	64.852	EPC06	TPE	Toma 20	Toma				1		1		
68	T20-T21	1	1300	810	65.662		TP	Arqueta ventosa	Arqueta								
69	T20-T21	1	1300	2.055	66.907		TPE	Toma 21	Toma					2			
70	DC-T16	1	1800	1.150	1.150	EPC05	TPE	Toma 16	Toma			1			1		
71	T16-T14/15	1	1600	1730	2870		TP	Arqueta ventosa	Arqueta								
72	T16-T14/15	1	1600	3030	4180		TPE	Cruce tubería gas natural	Cruce tub								
73	T16-T14/15	1	1600	3132	4282		TPE	Hinca. Cruce carretera N-113	Hinca								
73	T16-T14/15	1	1600	3.241	4.391		TPE	Toma 14 / 15	Toma				1			1	

PROTECCIÓN CATÓDICA															
Nº ÍTEM	Tramo	Nº tuberías	DN	PK (tramo)	PK (acum)	EPC	TIPO CAJA	LUGAR / SITUACIÓN	Observación	Junta aislante embreadada DN 700mm PN16	Junta aislante embreadada DN 500mm PN16	Junta aislante embreadada DN 300mm PN16	Junta aislante monoblock DN 1800 PN16	Junta aislante monoblock DN 1600 PN16	Puesta en marcha e informe
										Ud	Ud	Ud	Ud	Ud	Ud
MEDICIONES															
CN-T11												2			1
T11-T12											1	2			1
Subt. CN-T12															
T12-T13												2	4		1
T13-T13b												2			1
T13b-BT														4	1
BT-DC															1
Subt. T12-DC															1
DC-T17												2			1
T17-T18												2			1
T18-T19												1			1
T19-T20									1			1			1
T20-T21												1			1
DC-T16												1			1
T16-T14,15										1		1			1
Subt. DC-T21 y DC-T14/15															
Total										2	1	17	4	4	13
CN-T12											1	4			2
T12-DC												4	4	4	4
DC-T21 y DC T14/15										2		9			7

Nº ÍTEM	Tramo	Nº tuberías	DN	PK (tramo)	PK (acum)	EPC	TIPO CAJA	LUGAR / SITUACIÓN	Observación	Junta aislante embreadada DN 700mm PN16	Junta aislante embreadada DN 500mm PN16	Junta aislante embreadada DN 300mm PN16	Junta aislante monoblock DN 1800 PN16	Junta aislante monoblock DN 1600 PN16	Puesta en marcha e informe
										Ud	Ud	Ud	Ud	Ud	Ud
1	CN-T11	2	2000			EPC01	TPE	Origen	Origen						
2	CN-T11	2	2000	660	660		TPE	Cruce tubería Canal de Navarra	Cruce tub						
3	CN-T11	2	2000	2.360	2.360		TP	Arqueta desagüe	Arqueta						
4	CN-T11	2	2000	3.990	3.990		TP	Arqueta desagüe	Arqueta						
5	CN-T11	2	2000	5.508	5.508		TP	Arqueta desagüe + Hinca río Aragón	Hinca						
6	CN-T11	2	2000	7.473	7.473		TPE	Hinca. Cruce carretera NA-128 y tubería gas natural	Hinca						
	CN-T11	2	2000	8.410	8.410	EPC02									
8	CN-T11	2	2000	10.221	10.221		TP	Arqueta ventosa	Arqueta						
9	CN-T11	2	2000	12.020	12.020		TP	Arqueta desagüe	Arqueta						
10	CN-T11	2	2000	14.290	14.290		TPE	Toma 11	Toma			2			
11	T11-T12	2	1800	1.952	16.242		TP	Arqueta desagüe	Arqueta						
12	T11-T12	2	1800	3.383	17.673		TP	Arqueta ventosa	Arqueta						
13	T11-T12	2	1800	4.842	19.132		TP	Arqueta ventosa	Arqueta						
14	T11-T12	2	1800	7.850	22.140		TP	Arqueta ventosa	Arqueta						
15	T11-T12	2	1800	9.560	23.850		TP	Arqueta ventosa	Arqueta						
16	T11-T12	2	1800	11.840	26.130	EPC03	TPE	Toma 12	Toma		1	2			
17	T12-T13	2	1800	960	27.090		TPE	Hinca del cerro	Hinca						
18	T12-T13	2	1800	2.910	29.040		TP	Arqueta ventosa	Arqueta						
19	T12-T13	2	1800	5.030	31.160		TPE	Cruce carretera NA-8712 y tubería gas natural	Cruce tub						
20	T12-T13	2	1800	5.690	31.820		TPE	Hinca (Cruce carretera NA-134)	Hinca						
21	T12-T13	2	1800	6.350	32.480		TPE	Cruce tubería CLH	Cruce tub						
22	T12-T13	2	1800	7.874	34.004		TP	Arqueta desagüe	Arqueta						
	T12-T13	2	1800	9.390	35.520		TP	Arqueta desagüe + Hinca río Ebro	Arqueta						
	T12-T13	2	1800	9.120	35.520		TPE	Hinca Ebro	Hinca						
23	T12-T13	2	1800	9.470	35.600		TPE	Hinca FFCC Junta aislante anterior ferrocarril	Hinca				2		
24	T12-T13	2	1800	9.740	35.870		TPE	Hinca FFCC Junta aislante posterior a ferrocarril	Hinca				2		
25	T12-T13	2	1800	11.200	37.330		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación						
26	T12-T13	2	1800	11.550	37.680		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación						
27	T12-T13	2	1800	11.870	38.000		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación						
28	T12-T13	2	1800	12.170	38.300		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación						
29	T12-T13	2	1800	12.480	38.610		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación						
30	T12-T13	2	1800	12.500	38.660	EPC04	TPE	Toma 13	Toma			2			
31	T13-T13b	2	1800	80	38.710		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación						
32	T13-T13b	2	1800	360	38.990		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación						
33	T13-T13b	2	1800	830	39.460		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación						
34	T13-T13b	2	1800	1.150	39.780		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación						
35	T13-T13b	2	1800	1.570	40.200		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación						
36	T13-T13b	2	1800	1.970	40.600		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación						
37	T13-T13b	2	1800	2.270	40.900		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación						
38	T13-T13b	2	1800	2.490	41.120		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación						
39	T13-T13b	2	1800	2.790	41.420		TPE	Influencia campo aerogeneradores	Mitigación						
40	T13-T13b	2	1800	3.260	41.890		TPE	Influencia campo aerogeneradores y cruce línea alta tensión	Mitigación						
41	T13-T13b	2	1800	3.630	42.260		TPE	Influencia campo aerogeneradores y cruce línea alta tensión	Mitigación						
42	T13-T13b	2	1800	3.640	42.270		TPE	Toma 13 BIS	Toma			2			
43	T13b-BT	2	1600	240	42.510		TPE	Cruce línea alta tensión	Mitigación						
44	T13b-BT	2	1600	293	42.563		TPE	Cruce tubería gas natural	Cruce tub						
45	T13b-BT	2	1600	490	42.760		TPE	Cruce línea alta tensión	Mitigación						
	T13b-BT	2	1600	930	43.200		TPE	Futuro cruce AVE	Mitigación					2	
	T13b-BT	2	1600	1.230	46.500		TPE	Futuro cruce AVE	Mitigación					2	
46	T13b-BT	2	1600	2.530	44.800		TPE	Paralelismo línea alta tensión	Mitigación						
47	T13b-BT	2	1600	2.830	45.100		TPE	Paralelismo línea alta tensión	Mitigación						
48	T13b-BT	2	1600	3.160	45.430		TPE	Paralelismo línea alta tensión	Mitigación						
49	T13b-BT	2	1600	3.460	45.730		TPE	Paralelismo línea alta tensión	Mitigación						
50	T13b-BT	2	1600	3.790	46.060		TPE	Paralelismo línea alta tensión	Mitigación						
51	T13b-BT	2	1600	4.100	46.370		TPE	Paralelismo línea alta tensión	Mitigación						
52	T13b-BT	2	1600	4.400	46.670		TPE	Paralelismo línea alta tensión	Mitigación						
53	T13b-BT	2	1600	4.730	47.000		TPE	Paralelismo línea alta tensión	Mitigación						
54	T13b-BT	2	1600	4.960	47.230		TPE	Paralelismo línea alta tensión	Mitigación						
55	T13b-BT	2	1600	5.510	47.780		TPE	Hinca. Cruce autopista AP-68 y carretera NA-6810	Hinca						
56	T13b-BT	2	1600	6.305	48.575		TPE	Cruce tubería ENAGAS	Cruce tub						
57	T13b-BT	2	1600	6.927	49.197		TPE	Balsa de Tudela	BT						
58	BT-DC	2	1900	1.646	50.842		TPE	Derivación Corella	Toma						
59	DC-T17	2	1800	80	50.922		TPE	Hinca. Cruce carretera N-160	Hinca						
60	DC-T17	2	1800	1.550	52.392		TP	Arqueta ventosa	Arqueta						
61	DC-T17	2	1800	2.730	53.572		TPE	Toma 17	Toma			2			
62	T17-T18	2	1600	1.480	55.052		TP	Arqueta desagüe	Arqueta						
63	T17-T18	2	1600	3.230	56.802		TPE	Toma 18	Toma			2			
64	T18-T19	1	1800	1.233	58.035		TP	Arqueta desagüe	Arqueta						
65	T18-T19	1	1800	3.330	60.132		TP	Arqueta ventosa	Arqueta						
66	T18-T19	1	1800	5.610	62.412		TPE	Toma 19	Toma			1			
67	T19-T20	1	1500	2.440	64.852	EPC06	TPE	Toma 20	Toma	1		1			
68	T20-T21	1	1300	810	65.662		TP	Arqueta ventosa	Arqueta						
69	T20-T21	1	1300	2.055	66.907		TPE	Toma 21	Toma			1			
70	DC-T16	1	1800	1.150	1.150	EPC05	TPE	Toma 16	Toma			1			
71	T16-T14/15	1	1600	1730	2870		TP	Arqueta ventosa	Arqueta						
72	T16-T14/15	1	1600	3030	4180		TPE	Cruce tubería gas natural	Cruce tub						
73	T16-T14/15	1	1600	3132	4282		TPE	Hinca. Cruce carretera N-113	Hinca						
73	T16-T14/15	1	1600	3.241	4.391		TPE	Toma 14 / 15	Toma	1		1			

13. APÉNDICE 7.4.2: TABLAS REGISTRO TOMA DE DATOS

1. CLASIFICACION SUELOS POR SU RESISTIVIDAD
2. TABLA VALORES LÍNEAS ELÉCTRICAS
3. TABLA DATOS OBTENIDOS RESISTIVIDADES DEL TERRENO
4. TABLA DE DATOS OBTENIDOS TENSIONES POR CONDUCCION

TABLA 1: CLASIFICACION SUELOS POR SU RESISTIVIDAD

RESISTIVIDAD (ohm x cm)	SUELOS
0 - 900	Muy elevada corrosión (M.E.C.)
900 - 5.000	Severamente corrosivo (S.C.)
5.000 - 10.000	Moderadamente corrosivo (M.C.)
10.000 - 20.000	Ligeramente corrosivo (L.C.)
Superior a 20.000	Muy poco corrosivo condicional (M.P.C.)

TABLA 2: PARÁMETROS LÍNEAS ELÉCTRICAS ALTA TENSION

A continuación, se muestra una tabla en la que figuran los valores de Tensión en apoyo U_p , I y Resistencia en apoyo R_p para las tensiones nominales usuales de las líneas eléctricas de alta tensión. Estos valores corresponden a los apoyos más próximos a la central o subestación, que son los casos más desfavorables.

Tensión Nominal (kV)	Resistencia del apoyo R_p (Ω)	Tensión máxima de defecto en el apoyo V_p (kV)	Intensidad de cortocircuito I_{cc} (kA)	Intensidad de defecto en el apoyo I (kA)
380	20	208	40	10,4
	10	188		18,8
	3	100		33,34
220	20	113	30	5,7
	10	103		10,3
	3	55		18,34
132	20	69,5	25	3,5
	10	64		6,4
	3	43		14,35
66	20	37	20	1,87
	10	35		3,5
	3	26		8,67
45	20	23,9	15	1,19
	10	22		2,2
	3	15		5
30	20	13,4	10	0,67
	10	10		1
	3	6		2
20 ... 13,2	20	8,77	8	0,43
	10	7		0,7
	3	4		1,34

TABLA 3: RESISTIVIDADES OBTENIDAS EN CAMPO

a. Lechos anódicos

Nº MEDIDA	PK	PROFUNDIDAD (a)	RESISTENCIA (r)	RESISTIVIDAD ($\rho = 2 \cdot \pi \cdot a \cdot r$)
Unidad	Km	cm	Ω	$\Omega \times \text{cm}$
Origen	0+000	50 cm	53,4	16.776
		100 cm	13,9	8.734
		150 cm	6,39	6.022
		200 cm	5,01	6.296
PK 8+410	8+410	50 cm	26,3	8.262
		100 cm	11,80	7.414
		150 cm	7,36	6.937
		200 cm	4,83	6.070
Toma 11	14+290	50 cm	90,8	28.526
		100 cm	37,8	23.750
		150 cm	27,6	26.012
		200 cm	23,9	30.034
Toma 12	26+130	50 cm	7,48	2.350
		100 cm	1,91	1.200
		150 cm	1,71	1.612
		200 cm	1,32	1.659
Toma 13	38+660	50 cm	7,06	2.218
		100 cm	7,73	4.857

Nº MEDIDA	PK	PROFUNDIDAD (a)	RESISTENCIA (r)	RESISTIVIDAD ($\rho = 2 \cdot \pi \cdot a \cdot r$)
		150 cm	5,83	5.495
		200 cm	3,54	4.449
Toma 13b	42+280	50 cm	137,6	43.228
		100 cm	96,8	60.821
		150 cm	71,6	67.482
		200 cm	42,1	52.905
Derivación	50+800	50 cm	16,80	5.278
		100 cm	3,55	2.231
		150 cm	1,49	1.404
		200 cm	1,62	2.036
Toma 17	53+520	50 cm	16,31	5.124
		100 cm	9,39	5.900
		150 cm	5,37	5.061
		200 cm	7,14	8.972

b. En apoyos líneas eléctricas y otros puntos del trazado. Conducción principal

Nº MEDIDA	PK Aprox.	PROFUNDIDAD (a)	RESISTENCIA (r)	RESISTIVIDAD ($\rho = 2 \pi a r$)	CLASIFICACION SEGÚN TABLA 1
Unidad	Km	cm	Ω	$\Omega \times \text{cm}$	
1	0	100 cm	13,90	8.734	MC
		200 cm	5,01	6.296	MC
		300 cm	3,92	14.778	LC

Nº MEDIDA	PK Aprox.	PROFUNDIDAD (a)	RESISTENCIA (r)	RESISTIVIDAD ($\rho = 2 \pi a r$)	CLASIFICACION SEGÚN TABLA 1
2	1,60	100 cm	14,2	8.922	MC
		200 cm	4,91	6.170	MC
		300 cm	4,07	15.344	LC
3	2,95	100 cm	15,3	9.613	MC
		200 cm	5,74	7.213	MC
		300 cm	4,81	18.133	LC
4	4,30	100 cm	12,8	8.042	MC
		200 cm	4,87	6.120	MC
		300 cm	4,63	17.455	LC
5	5,50	100 cm	31,0	19.478	LC
		200 cm	9,25	11.624	LC
		300 cm	5,43	20.471	MPC
6	7,75	100 cm	10,30	6.472	MC
		200 cm	5,13	6.447	MC
		300 cm	4,48	16.889	LC
7	9,30	100 cm	11,80	7.414	MC
		200 cm	6,49	8.156	MC
		300 cm	4,31	16.248	LC
8	11,10	100 cm	28,4	17.844	LC
		200 cm	19,21	24.140	MPC
		300 cm	15,74	59.339	MPC
9	12,60	100 cm	21,7	13.635	LC
		200 cm	24,2	30.411	MPC

Nº MEDIDA	PK Aprox.	PROFUNDIDAD (a)	RESISTENCIA (r)	RESISTIVIDAD ($\rho = 2 \pi a r$)	CLASIFICACION SEGÚN TABLA 1
		300 cm	21,1	79.545	MPC
10	14,30	100 cm	37,8	23.750	MPC
		200 cm	23,9	30.034	MPC
		300 cm	21,8	82.184	MPC
11	16,00	100 cm	21,6	13.572	LC
		200 cm	15,10	18.975	LC
		300 cm	10,65	40.150	MPC
12	18,00	100 cm	22,3	14.012	LC
		200 cm	14,81	18.611	LC
		300 cm	9,33	35.173	MPC
13	19,80	100 cm	21,4	13.446	LC
		200 cm	13,31	16.726	LC
		300 cm	9,97	37.586	MPC
14	22,00	100 cm	10,60	6.660	MC
		200 cm	9,17	11.523	LC
		300 cm	7,31	27.558	MPC
15	24,10	100 cm	20,7	13.006	LC
		200 cm	12,11	15.218	LC
		300 cm	8,97	33.816	MPC
16	26,10	100 cm	1,91	1.200	SC
		200 cm	1,32	1.659	SC
		300 cm	1,01	3.808	SC
17	27,00	100 cm	19,70	12.378	LC

Nº MEDIDA	PK Aprox.	PROFUNDIDAD (a)	RESISTENCIA (r)	RESISTIVIDAD ($\rho = 2 \pi a r$)	CLASIFICACION SEGÚN TABLA 1
		200 cm	12,24	15.381	LC
		300 cm	9,68	36.493	MPC
18	28,30	100 cm	21,9	13.760	LC
		200 cm	7,59	9.538	MC
		300 cm	4,70	17.719	LC
19	29,70	100 cm	23,7	14.891	LC
		200 cm	10,27	12.906	LC
		300 cm	8,21	30.951	MPC
20	31,50	100 cm	3,38	2.124	SC
		200 cm	1,14	1.433	SC
		300 cm	0,73	2.752	SC
21	31,80	100 cm	4,23	2.658	SC
		200 cm	2,01	2.526	SC
		300 cm	1,01	3.808	SC
22	32,10	100 cm	5,27	3.311	SC
		200 cm	3,09	3.883	SC
		300 cm	1,07	4.034	SC
23	33,60	100 cm	7,71	4.844	SC
		200 cm	4,23	5.316	MC
		300 cm	1,19	4.486	SC
24	34,80	100 cm	64,3	40.401	MPC
		200 cm	9,60	12.064	LC
		300 cm	2,09	7.879	MC

Nº MEDIDA	PK Aprox.	PROFUNDIDAD (a)	RESISTENCIA (r)	RESISTIVIDAD ($\rho = 2 \pi a r$)	CLASIFICACION SEGÚN TABLA 1
25	35,85	100 cm	142,3	89.410	MPC
		200 cm	79,1	99.400	MPC
		300 cm	50,0	188.496	MPC
26	37,00	100 cm	127,3	79.985	MPC
		200 cm	54,9	68.990	MPC
		300 cm	31,8	119.883	MPC
27	38,00	100 cm	122,8	77.158	MPC
		200 cm	64,8	81.430	MPC
		300 cm	39,9	150.420	MPC
28	38,60	100 cm	6,73	4.229	SC
		200 cm	3,54	4.449	SC
		300 cm	2,58	9.726	MC
29	39,40	100 cm	95,2	59.816	MPC
		200 cm	41,9	52.653	MPC
		300 cm	37,9	142.880	MPC
30	42,00	100 cm	108,8	68.361	MPC
		200 cm	46,8	58.811	MPC
		300 cm	35,3	133.078	MPC
31	42,25	100 cm	96,8	60.821	MPC
		200 cm	42,1	52.905	MPC
		300 cm	45,1	170.023	MPC
32	42,50	100 cm	28,9	18.158	LC
		200 cm	22,6	28.400	MPC

Nº MEDIDA	PK Aprox.	PROFUNDIDAD (a)	RESISTENCIA (r)	RESISTIVIDAD ($\rho = 2 \pi a r$)	CLASIFICACION SEGÚN TABLA 1
		300 cm	29,2	110.082	MPC
33	44,40	100 cm	21,3	13.383	LC
		200 cm	8,18	10.279	LC
		300 cm	4,17	15.721	LC
34	44,90	100 cm	18,60	11.687	LC
		200 cm	6,22	7.816	MC
		300 cm	3,48	13.119	LC
35	45,30	100 cm	21,1	13.258	LC
		200 cm	9,13	11.473	LC
		300 cm	4,21	15.871	LC
36	45,55	100 cm	17,9	11.247	LC
		200 cm	7,74	9.726	MC
		300 cm	3,81	14.363	LC
37	46,00	100 cm	18,7	11.750	LC
		200 cm	8,08	10.154	LC
		300 cm	3,37	12.705	LC
38	46,60	100 cm	19,1	12.001	LC
		200 cm	7,63	9.588	MC
		300 cm	4,01	15.117	LC
39	46,90	100 cm	28,8	18.096	LC
		200 cm	9,11	11.448	LC
		300 cm	4,01	15.117	LC
40	47,10	100 cm	31,1	19.541	LC

Nº MEDIDA	PK Aprox.	PROFUNDIDAD (a)	RESISTENCIA (r)	RESISTIVIDAD ($\rho = 2 \pi a r$)	CLASIFICACION SEGÚN TABLA 1
		200 cm	9,07	11.398	LC
		300 cm	4,02	15.155	LC
41	47,80	100 cm	39,1	24.567	MPC
		200 cm	9,91	12.453	LC
		300 cm	3,36	12.667	LC
42	48,56	100 cm	7,77	4.882	SC
		200 cm	4,21	5.290	MC
		300 cm	2,20	8.294	MC
43	49,30	100 cm	4,44	2.790	SC
		200 cm	2,21	2.777	SC
		300 cm	1,21	4.562	SC
44	50,70	100 cm	3,55	2.231	SC
		200 cm	1,62	2.036	SC
		300 cm	0,81	3.054	SC
45	50,85	100 cm	7,29	4.580	SC
		200 cm	2,18	2.739	SC
		300 cm	1,01	3.808	SC
46	52,50	100 cm	8,19	5.146	MC
		200 cm	1,82	2.287	SC
		300 cm	0,97	3.657	SC
47	53,40	100 cm	9,39	5.900	MC
		200 cm	7,14	8.972	MC
		300 cm	3,96	14.929	LC

Nº MEDIDA	PK Aprox.	PROFUNDIDAD (a)	RESISTENCIA (r)	RESISTIVIDAD ($\rho = 2 \pi a r$)	CLASIFICACION SEGÚN TABLA 1
48	54,90	100 cm	14,19	8.916	MC
		200 cm	7,64	9.601	MC
		300 cm	4,41	16.625	LC
49	56,70	100 cm	12,73	7.999	MC
		200 cm	5,34	6.710	MC
		300 cm	3,21	12.101	LC
50	58,30	100 cm	39,7	24.944	MPC
		200 cm	20,6	25.887	MPC
		300 cm	15,31	57.717	MPC
51	59,90	100 cm	46,3	29.091	MPC
		200 cm	29,7	37.322	MPC
		300 cm	18,67	70.384	MPC
52	62,20	100 cm	3,06	1.923	SC
		200 cm	1,64	2.061	SC
		300 cm	1,17	4.411	SC
53	63,00	100 cm	4,07	2.557	SC
		200 cm	3,59	4.511	SC
		300 cm	1,56	5.881	MC
54	64,10	100 cm	19,5	12.252	LC
		200 cm	19,3	24.253	MPC
		300 cm	21,6	81.430	MPC
55	64,70	100 cm	8,81	5.535	MC
		200 cm	5,75	7.226	MC

Nº MEDIDA	PK Aprox.	PROFUNDIDAD (a)	RESISTENCIA (r)	RESISTIVIDAD ($\rho = 2 \pi a r$)	CLASIFICACION SEGÚN TABLA 1
		300 cm	4,58	17.266	LC
56	66,75	100 cm	45,4	28.526	MPC
		200 cm	4,35	5.466	MC
		300 cm	1,38	5.202	MC

c. En apoyos líneas eléctricas y otros puntos del trazado. Ramal Corella

Nº MEDIDA	PK	PROFUNDIDAD (a)	RESISTENCIA (r)	RESISTIVIDAD ($\rho = 2 \pi a r$)	CLASIFICACION SEGÚN TABLA 1
Unidad	Km	cm	Ω	$\Omega \times \text{cm}$	
1	0,80	100 cm	5,21	3.274	SC
		200 cm	4,83	6.070	MC
		300 cm	3,27	12.328	LC
2	1,30	100 cm	6,54	4.109	SC
		200 cm	4,20	5.278	MC
		300 cm	3,10	11.687	LC
3	3,60	100 cm	6,21	3.902	SC
		200 cm	4,33	5.441	MC
		300 cm	3,03	11.423	LC
4	4,40	100 cm	5,25	3.299	SC
		200 cm	3,64	4.574	SC
		300 cm	2,84	10.707	LC

TABLA 4: TENSIONES POR CONDUCCION

Ver Tabla 5 del Anexo II

14. APÉNDICE 7.4.3: CÁLCULOS

1. CÁLCULO DE CORRIENTE DE PROTECCIÓN
2. DIMENSIONAMIENTO LECHOS ANODICOS
3. CÁLCULOS DE ATENUACION DE CORRIENTE
4. CÁLCULOS DE INFLUENCIAS ELÉCTRICAS POR CONDUCCIÓN
5. CÁLCULOS DE INFLUENCIAS ELÉCTRICAS POR INDUCCIÓN
6. CALCULO PROTECCION CATÓDICA PROVISIONAL

Nota: Los PKs adjuntos son acumulados para su localización por tramos se utilizará la tabla adjunta en el apartado 4.1

14.1. CÁLCULO DE CORRIENTE DE PROTECCIÓN NECESARIA

Para calcular la corriente de protección se utilizará la siguiente expresión:

$$I \text{ (mA)} = \delta \text{ (mA/m}^2\text{)} S \text{ (m}^2\text{)}$$

Siendo: S.- superficie a proteger

δ .- densidad de corriente

a. Superficie

La superficie total aproximada de las tuberías es de **726.850 m²**.

b. Densidad de corriente

El valor de la densidad de corriente (δ) a aplicar a la tubería para obtener el criterio de protección indicado depende fundamentalmente de la buena calidad y estado del revestimiento. También influye la corrosividad del terreno y el riesgo de presencia de terrenos anaerobios con presencia de bacterias sulforreductoras.

Para estimar la densidad de la corriente se parte de la buena calidad del revestimiento, pero también de las posibilidades de provocar daños en el revestimiento al instalar tuberías de este diámetro. Con esto se selecciona un valor de densidad de corriente de **0,13 mA/m²**.

Este valor incluye un margen de seguridad que cubre los pequeños desperfectos que puedan aparecer en la puesta en zanja y tapado de la tubería y la pérdida de características dieléctricas con el paso de los años.

c. Corriente de protección

$$I \text{ (mA)} = 0,13 \text{ (mA/m}^2\text{)} \times 726.850 \text{ m}^2 = \mathbf{94.491 \text{ mA} = 94,50 \text{ A}}$$

14.2. DIMENSIONAMIENTO LECHOS ANÓDICOS

14.2.1. Introducción

Para la protección catódica de la estructura, puede haber dos alternativas de lechos anódicos:

- Lecho anódico horizontal continuo (en superficie).
- Lecho anódico vertical (en pozo profundo).

Según la visita realizada a campo, debido al espacio disponible, se estima como más oportuno la realización de un lecho anódico horizontal continuo.

La resistencia del lecho no debe limitar por tensión la intensidad máxima que pueda suministrar el rectificador de la EPC.

14.2.2. Lecho anódico horizontal continuo

14.2.2.1. Resistencia del lecho

Para calcular el valor de su resistencia se utilizará la siguiente expresión:

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \cdot \left(\ln 4 \frac{L}{D} + \ln \frac{L}{S} - 2 + 2 \frac{S}{L} \right)$$

siendo:

R = Resistencia del lecho (Ω)

L = Longitud del lecho anódico (m)

ρ = Resistividad del terreno ($\Omega \times m$)

S = Profundidad enterramiento (m)

D = Diámetro equivalente (m)

Aplicando la fórmula indicada se obtiene la resistencia del lecho:

EPC-1

Resistencia Lecho Anódico Horizontal Continuo

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln 4 \frac{L}{D} + \ln \frac{L}{S} + 2 + 2 \frac{S}{L} \right)$$

Resistividad del terreno (ohmxm)

Longitud del Lecho (m)

Profundidad del Lecho (m)

Diámetro
Lecho equivalente

$\rho =$	70,00 Ohmxm
$L =$	60,00 m
$S =$	1,5 m
$D =$	0,340 m

Resistencia Lecho (Ohm)

$R =$	1,54 Ohm
-------	----------

Resistencia de Cables

$$R_c = \frac{L_c \times \rho}{C}$$

Resistencia eléctrica específica Cu (Ohmxmm2/m)

Longitud total de cable (m) (anódico y catódico)

Sección de cable (mm2)

$\rho =$	0,0171
$L_c =$	100,00 m
$C =$	16,00 mm2

Resistencia Cables (Ohm)

$R_c =$	0,11 Ohm
---------	----------

Resistencia del Circuito

$$R_t = R + R_c$$

Resistencia Lecho (Ohm)

Resistencia Cables (Ohm)

$R =$	1,54 Ohm
$R_c =$	0,11 Ohm

Resistencia Circuito (Ohm)

$R_t =$	1,65 Ohm
---------	----------

Configuración Rectificador

Intensidad Mínima del Rectificador (A)

Tensión Mínima del Rectificador (V)

$I_m =$	26,00 A
$V_m =$	56,00 V

Intensidad Nominal del Rectificador (A)

Tensión Nominal del Rectificador (V)

$I =$	35,00 A
$V =$	70,00 V

EPC-2

Resistencia Lecho Anódico Horizontal Continuo

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln 4 \frac{L}{D} + \ln \frac{L}{S} + 2 + 2 \frac{S}{L} \right)$$

Resistividad del terreno (ohmxm)

Longitud del Lecho (m)

Profundidad del Lecho (m)

Diametro equivalente Lecho (m)

$\rho =$	82,00 Ohmxm
$L =$	70,00 m
$S =$	1,5 m
$D =$	0,340 m

Resistencia Lecho (Ohm)

$R =$	1,60 Ohm
-------	----------

Resistencia de Cables

$$R_c = \frac{L_c \times \rho}{C}$$

Resistencia eléctrica específica Cu (Ohmxxmm2/m)

Longitud total de cable (m) (anódico y catódico)

Sección de cable (mm2)

$\rho =$	0,0171
$L_c =$	100,00 m
$C =$	16,00 mm2

Resistencia Cables (Ohm)

$R_c =$	0,11 Ohm
---------	----------

Resistencia del Circuito

$$R_t = R + R_c$$

Resistencia Lecho (Ohm)

Resistencia Cables (Ohm)

$R =$	1,60 Ohm
$R_c =$	0,11 Ohm

Resistencia Circuito (Ohm)

$R_t =$	1,71 Ohm
---------	----------

Configuración Rectificador

Intensidad Mínima del Rectificador (A)

Tensión Mínima del Rectificador (V)

$I_m =$	26,00 A
$V_m =$	58,00 V

Intensidad Nominal del Rectificador (A)

Tensión Nominal del Rectificador (V)

$I =$	35,00 A
$V =$	70,00 V

EPC-3

Resistencia Lecho Anódico Horizontal Continuo

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln 4 \frac{L}{D} + \ln \frac{L}{S} + 2 + 2 \frac{S}{L} \right)$$

Resistividad del terreno (ohmxm)

$\rho =$ 40,00 Ohmxm

Longitud del Lecho (m)

$L =$ 40,00 m

Profundidad del Lecho (m)

$S =$ 1,5 m

Diámetro equivalente
Lecho

$D =$ 0,340 m

Resistencia Lecho (Ohm)

$R =$ 1,20 Ohm

Resistencia de Cables

$$R_c = \frac{L_c \times \rho}{C}$$

Resistencia eléctrica específica Cu (Ohmxmm2/m)

$\rho =$ 0,0171

Longitud total de cable (m) (anódico y catódico)

$L_c =$ 100,00 m

Sección de cable (mm2)

$C =$ 16,00 mm2

Resistencia Cables (Ohm)

$R_c =$ 0,11 Ohm

Resistencia del Circuito

$$R_t = R + R_c$$

Resistencia Lecho (Ohm)

$R =$ 1,20 Ohm

Resistencia Cables (Ohm)

$R_c =$ 0,11 Ohm

Resistencia Circuito (Ohm)

$R_t =$ 1,30 Ohm

Configuración Rectificador

Intensidad Mínima del Rectificador (A)

$I_m =$ 32,00 A

Tensión Mínima del Rectificador (V)

$V_m =$ 55,00 V

Intensidad Nominal del Rectificador (A)

$I =$ 35,00 A

Tensión Nominal del Rectificador (V)

$V =$ 70,00 V

EPC-4

Resistencia Lecho Anódico Horizontal Continuo

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln 4 \frac{L}{D} + \ln \frac{L}{S} + 2 + 2 \frac{S}{L} \right)$$

Resistividad del terreno (ohmxm)

$\rho =$ 60,00 Ohmxm

Longitud del Lecho (m)

$L =$ 50,00 m

Profundidad del Lecho (m)

$S =$ 1,5 m

Diámetro equivalente

Lecho

$D =$ 0,340 m

Resistencia Lecho (Ohm)

$R =$ 1,52 Ohm

Resistencia de Cables

$$R_c = \frac{L_c \times \rho}{C}$$

Resistencia eléctrica específica Cu (Ohmxmm²/m)

$\rho =$ 0,0171

Longitud total de cable (m) (anódico y catódico)

$L_c =$ 100,00 m

Sección de cable (mm²)

$C =$ 16,00 mm²

Resistencia Cables (Ohm)

$R_c =$ 0,11 Ohm

Resistencia del Circuito

$$R_t = R + R_c$$

Resistencia Lecho (Ohm)

$R =$ 1,52 Ohm

Resistencia Cables (Ohm)

$R_c =$ 0,11 Ohm

Resistencia Circuito (Ohm)

$R_t =$ 1,62 Ohm

Configuración Rectificador

Intensidad Mínima del Rectificador (A)

$I_m =$ 24,00 A

Tensión Mínima del Rectificador (V)

$V_m =$ 51,00 V

Intensidad Nominal del Rectificador (A)

$I =$ 35,00 A

Tensión Nominal del Rectificador (V)

$V =$ 70,00 V

EPC-5

Resistencia Lecho Anódico Horizontal Continuo

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln 4 \frac{L}{D} + \ln \frac{L}{S} + 2 + 2 \frac{S}{L} \right)$$

Resistividad del terreno (ohmxm)

$\rho =$ 100,00 Ohmxm

Longitud del Lecho (m)

$L =$ 60,00 m

Profundidad del Lecho (m)

$S =$ 1,5 m

Diámetro equivalente Lecho (m)

$D =$ 0,340 m

Resistencia Lecho (Ohm)

$R =$ 2,20 Ohm

Resistencia de Cables

$$R_c = \frac{L_c \times \rho}{C}$$

Resistencia eléctrica específica Cu (Ohmxmm²/m)

$\rho =$ 0,0171

Longitud total de cable (m) (anódico y catódico)

$L_c =$ 100,00 m

Sección de cable (mm²)

$C =$ 16,00 mm²

Resistencia Cables (Ohm)

$R_c =$ 0,11 Ohm

Resistencia del Circuito

$$R_t = R + R_c$$

Resistencia Lecho (Ohm)

$R =$ 2,20 Ohm

Resistencia Cables (Ohm)

$R_c =$ 0,11 Ohm

Resistencia Circuito (Ohm)

$R_t =$ 2,31 Ohm

Configuración Rectificador

Intensidad Mínima del Rectificador (A)

$I_m =$ 19,00 A

Tensión Mínima del Rectificador (V)

$V_m =$ 58,00 V

Intensidad Nominal del Rectificador (A)

$I =$ 25,00 A

Tensión Nominal del Rectificador (V)

$V =$ 70,00 V

EPC-6

Resistencia Lecho Anódico Horizontal Continuo

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln 4 \frac{L}{D} + \ln \frac{L}{S} + 2 + 2 \frac{S}{L} \right)$$

Resistividad del terreno (ohmxm)

$\rho =$ 60,00 Ohmxm

Longitud del Lecho (m)

$L =$ 40,00 m

Profundidad del Lecho (m)

$S =$ 1,5 m

Diametro equivalente Lecho (m)

$D =$ 0,340 m

Resistencia Lecho (Ohm)

$R =$ 1,79 Ohm

Resistencia de Cables

$$R_c = \frac{L_c \times \rho}{C}$$

Resistencia eléctrica específica Cu (Ohmxmm2/m)

$\rho =$ 0,0171

Longitud total de cable (m) (anódico y catódico)

$L_c =$ 100,00 m

Sección de cable (mm2)

$C =$ 16,00 mm2

Resistencia Cables (Ohm)

$R_c =$ 0,11 Ohm

Resistencia del Circuito

$$R_t = R + R_c$$

Resistencia Lecho (Ohm)

$R =$ 1,79 Ohm

Resistencia Cables (Ohm)

$R_c =$ 0,11 Ohm

Resistencia Circuito (Ohm)

$R_t =$ 1,90 Ohm

Configuración Rectificador

Intensidad Mínima del Rectificador (A)

$I_m =$ 19,00 A

Tensión Mínima del Rectificador (V)

$V_m =$ 47,00 V

Intensidad Nominal del Rectificador (A)

$I =$ 25,00 A

Tensión Nominal del Rectificador (V)

$V =$ 70,00 V

14.2.2.2. Backfill

En lecho anódico horizontal continuo, teniendo en cuenta las características del backfill empleado, en un metro de zanja de 0,30 m de ancho y rellena hasta una altura de 0,30 m caben aproximadamente 80 kg por metro.

Esta cantidad es superior al consumo por amperio y año de carbón teniendo en cuenta la vida útil de 20 años y las longitudes de las zanjas a construir, en función de las resistividades obtenidas (ver tabla del apartado 2.2.3)

14.2.2.3. Número de ánodos

Se instalarán el número de ánodos suficientes para inyectar la corriente de protección requerida durante toda la vida útil del lecho, así como para asegurar la correcta distribución de corriente a lo largo de todo el lecho anódico.

Se seleccionan ánodos de Titanio activado MMO en forma de pletina, de dimensiones 1.500 x 20 x 3 mm, cuya intensidad máxima es de 6 A.

También debe tenerse en cuenta la heterogeneidad del terreno que puede hacer que la corriente no se distribuya de forma equitativa entre los diferentes ánodos.

DESCRIPCIÓN	EPC	LONG. LECHO ANÓDICO (m)	Nº ÁNODOS	SEPARACIÓN ENTRE ÁNODOS (m)	COQUE PETRÓLEO (Kg)
ORIGEN	EPC-1	60	12	3,50	4.800
TOMA 11	EPC-2	75	8	7,87	6.000
TOMA 12	EPC-3	40	10	2,50	3.600
TOMA 13	EPC-4	50	10	3,50	4.000
TOMA 16	EPC-5	60	10	4,50	4.800
TOMA 20	EPC-6	40	8	3,50	3.600

14.3. CÁLCULO DE ATENUACIÓN DE CORRIENTE

A partir del dimensionamiento del sistema de PC realizado anteriormente, a continuación, se realiza el cálculo de atenuación de corriente con objeto de verificar la correcta distribución de la corriente a lo largo de todo el trazado.

Puesto que se trata de un único sistema de protección catódica con varias EPC, las distancias que se toman son entre cada equipo y la zona de solapamiento con el siguiente más alejado.

El procedimiento de cálculo se muestra a continuación.

La distancia estimada entre la EPC-1 y la zona de influencia de la EPC- 2 es de 8 Km.

Atenuación de Corriente

$$(1) g = \frac{I}{g'} \pi (dx1000)$$

$$(2) \alpha = \sqrt{rg}$$

$$(3) R_g = \sqrt{\frac{r}{g}}$$

$$(4) R_{so} = R_g \frac{I}{\tanh(\alpha y)}$$

$$(5) E = E_s \cosh(\alpha y) - R_g I_s \sinh(\alpha y)$$

Resistencia Específica del Revestimiento (Ohmxm2)

$g' =$ 7.500 Ohmxm2

(En un terreno homogéneo de 1.000 Ohmxcm)

Distancia a Punto de Interés desde la EPC (km)

$y =$ 8,40 Km

Potencial Natural Asumido (V)

$P_{na} =$ 0,45 V

Shift máximo en la EPC con respecto a P_{na} (V)

$E_s =$ 0,75 V

Resistencia Lineal por Unidad de Medida (1000m)

$r =$ 0,000 Ohmxund

Conductancia a Tierra por Unidad de Medida (1000m)

$g =$ 1,702 S

Constante de Atenuación

$\alpha =$ 0,029

Resistencia Característica

$R_g =$ 0,017 Ohm

Resistencia del Circuito Vista desde la EPC

$R_{so} =$ 0,071 Ohm

(Resistencia del Cátodo)

Corriente para Producir E_s

$I_s =$ 10,52 A

Shift en el Punto de Interés con E_s

$E =$ 0,73 V

Potencial Final en la EPC

$P_{epc} =$ 1,20 V

Potencial Final en el Pto. Interés

$P_y =$ 1,18 V

EPC-2

La distancia máxima estimada entre la EPC-2 y la zona de influencia de las EPC-1 y 3 es de aproximadamente 4 Km.

Atenuación de Corriente

$$(1) g = \frac{I}{g'} \pi (dx 1000) \quad (2) \alpha = \sqrt{rg} \quad (3) R_g = \sqrt{\frac{r}{g}}$$

$$(4) R_{so} = R_g \frac{I}{\tanh(\alpha y)} \quad (5) E = E_s \cosh(\alpha y) - R_g I_s \sinh(\alpha y)$$

Resistencia Especifica del Revestimiento (Ohmxm2) (En un terreno homogéneo de 1.000 Ohmxcm)	$g' =$	7.500 Ohmxm2
Distancia a Punto de Interés desde la EPC (km)	$y =$	15,00 Km
Potencial Natural Asumido (V)	$Pna =$	0,45 V
Shift máximo en la EPC con respecto a Pna (V)	$Es =$	0,75 V
Resistencia Lineal por Unidad de Medida (1000m)	$r =$	0,000 Ohmxund
Conductancia a Tierra por Unidad de Medida (1000m)	$g =$	1,702 S
Constante de Atenuación	$\alpha =$	0,029
Resistencia Característica	$R_g =$	0,017 Ohm
Resistencia del Circuito Vista desde la EPC (Resistencia del Cátodo)	$R_{so} =$	0,042 Ohm
Corriente para Producir Es	$Is =$	18,03 A
Shift en el Punto de Interés con Es	$E =$	0,68 V
Potencial Final en la EPC	$Pe_{pc} =$	1,20 V
Potencial Final en el Pto. Interés	$Py =$	1,13 V

EPC-3

La distancia máxima estimada entre la EPC-3 y la zonas de influencia de las EPC-2 y EPC-4 es de aproximadamente 15 Km.

Atenuación de Corriente

$$(1) g = \frac{I}{g'} \pi (dx 1000) \quad (2) \alpha = \sqrt{rg} \quad (3) Rg = \sqrt{\frac{r}{g}}$$

$$(4) Rso = Rg \frac{I}{\tanh(\alpha y)} \quad (5) E = E_s \cosh(\alpha y) - R_g I_s \sinh(\alpha y)$$

Resistencia Específica del Revestimiento (Ohmxm ²) (En un terreno homogéneo de 1.000 Ohmxcm)	$g' =$	7.500 Ohmxm ²
Distancia a Punto de Interés desde la EPC (km)	$y =$	15,00 Km
Potencial Natural Asumido (V)	$Pna =$	0,45 V
Shift máximo en la EPC con respecto a Pna (V)	$Es =$	0,75 V
Resistencia Lineal por Unidad de Medida (1000m)	$r =$	0,001 Ohmxund
Conductancia a Tierra por Unidad de Medida (1000m)	$g =$	1,532 S
Constante de Atenuación	$\alpha =$	0,029
Resistencia Característica	$Rg =$	0,019 Ohm
Resistencia del Circuito Vista desde la EPC (Resistencia del Cátodo)	$Rso =$	0,046 Ohm
Corriente para Producir Es	$Is =$	16,23 A
Shift en el Punto de Interés con Es	$E =$	0,68 V
Potencial Final en la EPC	$Pepc =$	1,20 V
Potencial Final en el Pto. Interés	$Py =$	1,13 V

EPC-4

La distancia máxima estimada entre la EPC-4 y la zonas de influencia de las EPC-3 y EPC-5 es de aproximadamente 10 km.

Atenuación de Corriente

$$(1) g = \frac{I}{g'} \pi (dx 1000) \quad (2) \alpha = \sqrt{rg} \quad (3) R_g = \sqrt{\frac{r}{g}}$$

$$(4) R_{so} = R_g \frac{I}{\tanh(\alpha y)} \quad (5) E = E_s \cosh(\alpha y) - R_g I_s \sinh(\alpha y)$$

Resistencia Específica del Revestimiento (Ohmxm2)

$$g' = 7.500 \text{ Ohmxm2}$$

(En un terreno homogéneo de 1.000 Ohmxcm)

Distancia a Punto de Interés desde la EPC (km)

$$y = 10,00 \text{ Km}$$

Potencial Natural Asumido (V)

$$Pna = 0,45 \text{ V}$$

Shift máximo en la EPC con respecto a Pna (V)

$$Es = 0,75 \text{ V}$$

Resistencia Lineal por Unidad de Medida (1000m)

$$r = 0,001 \text{ Ohmxund}$$

Conductancia a Tierra por Unidad de Medida (1000m)

$$g = 1,532 \text{ S}$$

Constante de Atenuación

$$\alpha = 0,029$$

Resistencia Característica

$$R_g = 0,019 \text{ Ohm}$$

Resistencia del Circuito Vista desde la EPC

$$R_{so} = 0,067 \text{ Ohm}$$

(Resistencia del Cátodo)

Corriente para Producir Es

$$Is = 11,18 \text{ A}$$

Shift en el Punto de Interés con Es

$$E = 0,72 \text{ V}$$

Potencial Final en la EPC

$$Pepc = 1,20 \text{ V}$$

Potencial Final en el Pto. Interés

$$Py = 1,17 \text{ V}$$

EPC-5

La distancia máxima estimada entre la EPC-5 y la zonas de influencia de las EPC-4 y EPC-6 es de aproximadamente 10 km.

Atenuación de Corriente

$$(1) g = \frac{1}{g'} \pi (dx 1000) \quad (2) \alpha = \sqrt{rg} \quad (3) R_g = \sqrt{\frac{r}{g}}$$

$$(4) R_{so} = R_g \frac{1}{\tanh(\alpha y)} \quad (5) E = E_s \cosh(\alpha y) - R_g I_s \sinh(\alpha y)$$

Resistencia Específica del Revestimiento (Ohmxm2)

$$g' = 7.500 \text{ Ohmxm2}$$

(En un terreno homogéneo de 1.000 Ohmxcm)

Distancia a Punto de Interés desde la EPC (km)

$$y = 10,00 \text{ Km}$$

Potencial Natural Asumido (V)

$$P_{na} = 0,45 \text{ V}$$

Shift máximo en la EPC con respecto a P_{na} (V)

$$E_s = 0,75 \text{ V}$$

Resistencia Lineal por Unidad de Medida (1000m)

$$r = 0,001 \text{ Ohmxund}$$

Conductancia a Tierra por Unidad de Medida (1000m)

$$g = 1,532 \text{ S}$$

Constante de Atenuación

$$\alpha = 0,029$$

Resistencia Característica

$$R_g = 0,019 \text{ Ohm}$$

Resistencia del Circuito Vista desde la EPC

$$R_{so} = 0,067 \text{ Ohm}$$

(Resistencia del Cátodo)

Corriente para Producir E_s

$$I_s = 11,18 \text{ A}$$

Shift en el Punto de Interés con E_s

$$E = 0,72 \text{ V}$$

Potencial Final en la EPC

$$P_{epc} = 1,20 \text{ V}$$

Potencial Final en el Pto. Interés

$$P_y = 1,17 \text{ V}$$

EPC-6

La distancia máxima estimada entre la EPC-6 y la zonas de influencia de las EPC-5 y el final de la traza es de aproximadamente 10 km.

Atenuación de Corriente

$$(1) g = \frac{I}{g'} \pi (dx 1000) \quad (2) \alpha = \sqrt{rg} \quad (3) R_g = \sqrt{\frac{r}{g}}$$

$$(4) R_{so} = R_g \frac{I}{\tanh(\alpha y)} \quad (5) E = E_s \cosh(\alpha y) - R_g I_s \sinh(\alpha y)$$

Resistencia Específica del Revestimiento (Ohmxm²)

(En un terreno homogéneo de 1.000 Ohmxcm)

Distancia a Punto de Interés desde la EPC (km)

Potencial Natural Asumido (V)

Shift máximo en la EPC con respecto a P_{na} (V)

Resistencia Lineal por Unidad de Medida (1000m)

Conductancia a Tierra por Unidad de Medida (1000m)

Constante de Atenuación

Resistencia Característica

Resistencia del Circuito Vista desde la EPC

(Resistencia del Cátodo)

Corriente para Producir E_s

Shift en el Punto de Interés con E_s

Potencial Final en la EPC

Potencial Final en el Pto. Interés

$$g' = 7.500 \text{ Ohmxm}^2$$

$$y = 10,00 \text{ Km}$$

$$P_{na} = 0,45 \text{ V}$$

$$E_s = 0,75 \text{ V}$$

$$r = 0,001 \text{ Ohmxund}$$

$$g = 0,745 \text{ S}$$

$$\alpha = 0,029$$

$$R_g = 0,039 \text{ Ohm}$$

$$R_{so} = 0,138 \text{ Ohm}$$

$$I_s = 5,44 \text{ A}$$

$$E = 0,72 \text{ V}$$

$$P_{epc} = 1,20 \text{ V}$$

$$P_y = 1,17 \text{ V}$$

14.4. CÁLCULO DE INFLUENCIAS DE LINEAS ELECTRICAS - CONDUCCIÓN

Se calculará la tensión sobre la tubería frente a los apoyos de líneas de alta y media tensión debido a la influencia por conducción.

El gradiente de tensión entre el suelo y la conducción metálica no deberá superar los 5,5 kV.

14.4.1. Cálculo

Para el cálculo de la tensión sobre la tubería se utiliza la expresión:

$$(1) \quad V_x = \frac{V_p}{R_p} \cdot \frac{\rho}{2 \pi X} \cdot K$$

siendo:

V_p = Potencial nominal en el pie del apoyo [V]

P = Resistividad del terreno [Ω m]

R_p = Resistencia a tierra del apoyo [Ω]

X = Distancia tubería – apoyo [m]

K = Coeficiente

Notas:

- a. La resistencia máxima de las tomas de tierra de los apoyos admitida por las compañías eléctricas es de entre 10 y 20 Ω . Para los cálculos se toma el valor de **10 Ω** .
- b. El coeficiente **K** es igual a **0,7** cuando el apoyo dispone de cable guarda.

En la siguiente tabla se indica el valor de todos aquellos parámetros que intervienen en el cálculo de la tensión sobre la tubería por conducción y el valor de la tensión sobre la tubería calculada a partir de la expresión (1). De acuerdo con la normativa, el valor de la resistividad del terreno que se aplica es el más desfavorable de los medidos en cada punto.

Los cálculos realizados y resultados obtenidos son:

APOYO	PK aprox.	TENSIÓN NOM	DISTANCIA	INTENSIDAD	RESISTIVIDAD	V CONDUCT	k	VCONDUCTIDA
1	5,500	30	38	1	204,71	0,86	1	0,86
2	28,300	30	50	1	177,19	0,56	1	0,56
3	31,455	15	30	0,7	27,52	0,10	1	0,10
4	31,825	15	20	0,7	38,08	0,21	1	0,21
5	32,075	15	28	0,7	40,34	0,16	1	0,16
6	36,900	aerogenerador	500	20	1198,83	7,64	0,7	5,35
7	38,000	aerogenerador	50	20	1504,20	95,81	0,7	67,07
8	38,500	aerogenerador	50	20	97,26	6,19	0,7	4,34
9	40,900	aerogenerador	155	20	1330,78	27,34	0,7	19,14
10	42,250	220	375	10,3	1700,23	7,44	0,7	5,21
11	42,510	220	50	10,3	1100,82	36,11	0,7	25,28
12	42,510	220	60	10,3	1100,82	30,09	0,7	21,06
13	42,640	30	36	1	1100,82	4,87	1	4,87
14	44,255	132	11	6,4	157,21	14,56	0,7	10,20
15	44,390	30	30	6,4	157,21	5,34	0,7	3,74
16	44,900	66	10	3,5	131,19	7,31	0,7	5,12
17	45,080	66	18	3,5	131,19	4,06	0,7	2,84
18	45,125	aerogenerador	145	20	131,19	2,88	0,7	2,02
19	45,320	66	14	3,5	158,71	6,32	0,7	4,42
20	45,560	66	30	3,5	143,63	2,67	0,7	1,87
21	45,790	66	70	3,5	143,63	1,14	0,7	0,80
22	45,890	66	25	3,5	127,05	2,83	0,7	1,98
23	46,185	66	11	3,5	127,05	6,44	0,7	4,51
24	46,435	66	15	3,5	151,17	5,62	0,7	3,93
25	46,615	66	18	3,5	151,17	4,68	0,7	3,28
26	46,870	66	6	3,5	180,96	16,81	0,7	11,77
27	47,120	66	10	3,5	195,41	10,89	0,7	7,62
28	47,450	66	175	3,5	195,41	0,62	0,7	0,44
29	47,580	30	90	1	195,41	0,35	1	0,35
30	47,820	66	27	3,5	245,67	5,07	0,7	3,55
31	48,090	66	50	3,5	245,67	2,74	0,7	1,92
32	50,450	30	45	1	30,54	0,11	1	0,11
33	64,835	45	48	2,2	172,66	1,26	1	1,26
34	1,270	220	150	10,3	116,87	1,28	0,7	0,89
35	3,595	30	47	1	114,23	0,39	1	0,39

La primera medida a tomar sería alejarse de los apoyos hasta una distancia en la que el gradiente no pudiera afectar al revestimiento de la tubería.

Estas distancias serían:

APOYO	PK aprox.	TENSIÓN NOM	DISTANCIA	INTENSIDAD	RESISTIVIDAD	V CONDUCT	k	VCONDUCTIDA
7	38,000	aerogenerador	625	20	1504,20	7,66	0,7	5,37
9	40,900	aerogenerador	550	20	1330,78	7,71	0,7	5,39
11	42,510	220	250	10,3	1100,82	7,22	0,7	5,06
12	42,510	220	250	10,3	1100,82	7,22	0,7	5,06
14	44,255	132	25	6,4	157,21	6,41	0,7	4,49
26	46,870	66	13	3,5	180,96	7,76	0,7	5,43
27	47,120	66	14	3,5	195,41	7,78	0,7	5,45

Dado que en la mayoría de los casos ello no es factible, deberán instalarse sistemas de mitigación por conducción.

14.4.2. Sistema de mitigación

Los sistemas de mitigación por conducción estarán compuestos por un sistema de puesta a tierra con cable de acero galvanizado, que se instalará a ambos lados de las tuberías y paralelo a las mismas, en todo el tramo en que la tubería pueda verse afectada por los gradientes.

En el caso de los campos de aerogeneradores, no solamente se ha tenido en cuenta el anillo de tierras que rodea cada uno de los aerogeneradores, si no que también se ha tenido en cuenta el trazado del cable desnudo que une los distintos anillos y que suele discurrir junto a las líneas enterradas de evacuación.

Puesto que en este caso se trata de un campo de aerogeneradores en fase de proyecto, podría haber diferencias que deberán estudiarse una vez ejecutado

Los tramos entre los que deberán tenderse los Cables de Control de Gradiente son:

APOYO	PK aprox.	TENSIÓN NOM	PK Inicial	PK Final	Observaciones
7	38,000	Aerogenerador	37,330	38,609	Se tomarán como una misma afectación
	38,71 a 39,46	Toma de Tierra	38,710	40,010	
9	40,900	Aerogenerador	39,460	41,420	
	41,490	Aerogenerador	40,940	42,040	
11	42,510	220	41,875	42,760	
12	42,510	220	41,875	42,760	
14	44,255	132	----	----	Ver apartado cálculo de la protección provisional por ánodos de Magnesio
26	46,870	66	----	----	

Los elementos de desacoplo se instalarán en los extremos y a una distancia entre sí que no deberá superar los 500 metros, siendo recomendable instalarlas cada 300 metros aproximadamente. Se intentará hacerlas coincidir con puntos que puedan ser accesibles en un futuro. Estos puntos son los siguientes:

- PK 37,330; PK 37,680; PK 38,000; PK 38,300 y PK 38,609
- PK 38,710; PK 39,085; PK 39,460; PK 39,770; PK 40,200; PK 40,600; PK 41,420; PK 41,875; PK 42,250; PK 42,510 y PK 42,760

14.5. CÁLCULO DE INFLUENCIAS DE LINEAS ELECTRICAS - INDUCCIÓN

14.5.1. Cálculo

Los fenómenos de inducción sobre una tubería enterrada, próxima a una línea eléctrica aérea de alta tensión con la que presenta un paralelismo más o menos regular con o sin cruces entre ambas instalaciones, resultan muy complejos y se prestan con dificultad a los cálculos teóricos debido al carácter aleatorio de las variables que intervienen, especialmente el valor del coeficiente de inducción mutua por la configuración geométrica entre los conductores de la línea y de la tubería enterrada, por el medio heterogéneo interpuesto aire-tierra, por la anisotropía del terreno y por la separación más o menos variable del paralelismo.

Por ello, los resultados que se obtienen con el cálculo sólo representan un orden de magnitud de los valores, ya que al situarnos en el lado de la seguridad se han de utilizar valores máximos que, acumulados, pueden dar lugar a resultados algo exagerados a veces, pero lo suficientemente orientativos como para permitir acotar los valores de riesgo y dotar a la instalación de las medidas adecuadas para mitigar los efectos.

La tensión inducida de la tubería U_x , viene dada por la ecuación:

$$(1) \quad |U_x| = \frac{|E|}{2|\gamma|} \cdot \frac{|e^{\gamma x}|}{|e^{\gamma L/2}|} |1 - e^{-2\lambda x}|$$

donde:

- $|U_x|$: Módulo del potencial inducido en la tubería a la distancia x del centro del vano paralelo, en V.
- $|E|$: Módulo de la fuerza electromotriz inducida, por unidad de longitud en la tubería, en V/km.
- $|\gamma|$: Módulo de la constante de propagación de la tubería en km^{-1} .
- γ : Valor complejo de la constante anterior en km^{-1} .
- L : Longitud del tramo paralelo.

Las variables anteriores requieren la consideración de otras de las que dependen para su cálculo:

- Coeficiente de inducción mutua M en microhenrios/kilómetro.
- Intensidad de la corriente inductora, I .
- Frecuencia de la corriente alterna, $f = 50$ Hz para régimen continuo.
- Constantes eléctricas, por kilómetro, de la tubería para el cálculo de γ .

Para entrar en el lado de la seguridad, se tomarán los valores máximos que proporciona la ecuación (1) en los extremos del tramo paralelo, haciendo $X = L/2$, donde L es longitud del tramo paralelo en kilómetros:

$$(2) \quad |U_x| = \frac{|E|}{2|\gamma|} \cdot \frac{|e^{\gamma x}|}{|e^{\gamma L/2}|} |1 - e^{-2\gamma x}|$$

Cálculo aplicado al paralelismo entre el PK y el PK

Para realizar los cálculos de la tensión inducida sobre la tubería se utilizarán las tablas y gráficas comúnmente aceptadas que determinan el valor $|E|/|I|$ en función de la separación del paralelismo y de la resistividad y de las fórmulas (1) y (2) del párrafo anterior.

La línea eléctrica discurre a una distancia variable de la tubería durante 2.430 metros, cruzándola en cinco ocasiones. La separación media entre tubería y línea eléctrica en el tramo estudiado es de 20 metros.

La tensión máxima aplicada a la tubería en caso de cortocircuito será de 204,302 V/kA,

Y en el caso de régimen permanente puede alcanzar los 22,700 V/kA.

Para obtener las tensiones máximas inducidas en la tubería se multiplicarán estos valores por la corriente de cortocircuito para influencia momentánea y de régimen para la prolongada.

Así pues, la tensión aplicada a la tubería en caso de cortocircuito será como máximo de:

$$|U_{max}|_K = 204,302 \text{ V/kA} \quad 204,32 \times 20 = 3.722,97 \text{ V} = 4,09 \text{ KV}$$

Y en el caso de régimen permanente será:

$$|U_{max}|_B = 22,700 \text{ V/kA} \quad 22,7 \times 3,50 = 79,45 \text{ V}$$

Conclusión

En el paralelismo estudiado las tensiones inducidas instantáneas no superan los valores admisibles.

Las tensiones inducidas en régimen permanente superan los valores admisibles resultando peligrosas tanto para la tubería como para las personas, por lo que deberán dimensionarse sistemas de puesta a tierra que permitan descargar a tierra cualquier sobretensión.

14.5.2. Sistema de mitigación

Para mitigar estas influencias será preciso diseñar un sistema de mitigación de influencias eléctricas.

Este sistema tiene el objeto de captar las corrientes de defecto de los apoyos de las líneas de alta tensión para evitar el deterioro del revestimiento de la tubería frente a ellos y drenar la corriente inducida por los paralelismos con las líneas de 66 kV.

Para ello se dimensionarán sistemas de puesta a tierra a base de cable galvanizado desnudo (cable de control de gradiente) que se instalará a ambos lados de la tubería, dada la alta resistividad del terreno.

Los sistemas de puesta a tierra se conectarán a las tuberías mediante unidades de drenaje de corriente alterna (UDCA), que permitan el paso de la corriente alterna y discriminar la continua del sistema de protección catódica.

El sistema se complementará con la instalación de electrodos probeta especiales para corriente alterna.

Este sistema también será apto para mitigar las influencias por conducción calculadas en el apartado anterior.

El Cable de control de Gradiente se tenderá entre el PK 44,800 y el fin del paralelismo en el PK 47,230.

Los elementos de desacoplo se instalarán en los extremos y a una distancia entre sí que no deberá superar los 500 metros, siendo recomendable instalarlas cada 300 metros aproximadamente. Se intentará hacerlas coincidir con puntos que puedan ser accesibles en un futuro. Estos puntos son los siguientes:

- a) PK 44,800; PK 45,100; PK 45,430; PK 45,730; PK 46,060; PK 46,370; PK 46,670; PK 47,700 y PK 47,230

14.6. CALCULO DE LA PROTECCION PROVISIONAL POR ANODOS DE MAGNESIO

Para el dimensionamiento del sistema de protección catódica provisional no se aplicarán coeficientes de seguridad dado el corto plazo para el que se prevé dicha protección y el buen estado del revestimiento recién instalado.

Cálculo de la corriente de protección

Se aplica la siguiente expresión:

$$I \text{ (mA)} = \delta \text{ (mA/m}^2\text{)} S \text{ (m}^2\text{)}$$

siendo: **S.-** superficie a proteger

δ.- densidad de corriente

Seleccionamos un valor de densidad de corriente de **δ = 0,02 mA/m²**.

Este valor aplicado a la superficie de 1 km de dos tuberías de entre 1.600 y 2.000 mm supone una corriente de entre 205 mA y 256 mA.

Para el caso de una sola tubería entre 1.300 y 1.800 mm la corriente es de entre 83 mA y 115 mA.

Corriente anódica

El ánodo seleccionado es el tipo WIGE R09 de 4,1 kg de peso neto.

Este ánodo en un terreno de una resistividad que estimaremos en 5000 Ω x cm saca una corriente de 20,5 mA.

Número de ánodos por kilómetro

Para simplificar la instalación se establece lo siguiente:

Para tramos con dos tuberías

N = grupos de 12 ánodos del tipo WIGE R09

Para tramos con una tubería

N = grupos de 6 ánodos del tipo WIGE R09

15. APÉNDICE 7.4.4: TABLA UBICACIÓN CAJAS TP/TPE

Nota: Los PKs adjuntos son acumulados para su localización por tramos se utilizará la tabla adjunta en el apartado 4.1

Conducción principal

TRAMO ORIGEN A T-11

PK TRAMO	PK A ORIGEN	TIPO CAJA	ELEMENTOS CONECTADOS	LUGAR / SITUACIÓN
660	660	TPE	- Tub (6) - J.A. (4) - VCh (4) - Zinc (4) - EP	Cruce tubería Canal de Navarra
2.360	2.360	TP	- Tub (2) - Canal de Navarra - EP	Arqueta desagüe
3.990	3.990	TP	- Tub (2) - EP	Arqueta desagüe
5.508	5.508	TP	- Tub (2) - EP	Arqueta desagüe + Hincia río Aragón
7.473	7.473	TPE	- Tub (2) - CON (2) - EP	Hinca. Cruce carretera NA-128 y tubería gas natural
10.221	10.221	TP	- Tub (2) - EP	Arqueta ventosa
12.020	12.020	TP	- Tub (2) - EP	Arqueta desagüe
14.290	14.290	TPE	- Tub (7) - JA (5) - VCh (5) - Zinc (4)	Toma 11

TRAMO T-11 A T-12

PK TRAMO	PK A ORIGEN	TIPO CAJA	ELEMENTOS CONECTADOS	LUGAR / SITUACIÓN
1.952	16.242	TP	- Tub (2) - EP	Arqueta desagüe
3.383	17.673	TP	- Tub (2) - EP	Arqueta ventosa
4.842	19.132	TP	- Tub (2) - EP	Arqueta ventosa
7.850	22.140	TP	- Tub (2) - EP	Arqueta ventosa
9.560	23.850	TP	- Tub (2) - EP	Arqueta ventosa
11.840	26.130	TPE	- Tub (7) - JA (5) - VCh (5) - Zinc (4)	Toma 12

TRAMO T-12 A T-13

PK TRAMO	PK A ORIGEN	TIPO CAJA	ELEMENTOS CONECTADOS	LUGAR / SITUACIÓN
960	27.090	TPE	- Tub (2) - CON (2) - EP	Hinca del cerro
2.910	29.040	TP	- Tub (2) - EP	Arqueta ventosa
5.030	31.160	TPE	- Tub (2) - Otros (Nedgia) - EP	Cruce carretera NA-8712 y tubería gas natural
5.690	31.820	TPE	- Tub (2) - CON (2) - EP	Hinca (Cruce carretera NA-134)
6.350	32.480	TPE	- Tub (2) - Otros (CLH) - EP	Cruce tubería CLH
7.874	34.004	TP	- Tub (2) - EP	Arqueta desagüe
9.390	35.520	TP	- Tub (2) - CON (2) - EP	Arqueta desagüe + Hinca río Ebro
9.120	35.520	TPE	- Tub (2) - CON (2) - EP	Hinca Ebro
9.470	35.600	TPE	- Tub (4) - PTE (2) - CON (2) - JA (2) - VCh (2) - EP	Hinca FFCC Junta aislante anterior ferrocarril
9.740	35.870	TPE	- Tub (4) - PTE (2) - CON (2) - JA (2) - VCh (2) - EP	Hinca FFCC Junta aislante posterior a ferrocarril
11.200	37.330	TPE	- Tub (2) - VCh - CCG - EPA	Influencia campo aerogeneradores
11.550	37.680	TPE	- Tub (2) - VCh - CCG - EPA	Influencia campo aerogeneradores
11.870	38.000	TPE	- Tub (2) - VCh - CCG - EPA	Influencia campo aerogeneradores
12.170	38.300	TPE	- Tub (2) - VCh	Influencia campo aerogeneradores

PK TRAMO	PK A ORIGEN	TIPO CAJA	ELEMENTOS CONECTADOS	LUGAR / SITUACIÓN
			- CCG - EPA	
12.480	38.610	TPE	- Tub (2) - VCh - CCG - EPA	Influencia campo aerogeneradores
12.500	38.660	TPE	- Tub (7) - JA (5) - VCh (5) - Zinc (4)	Toma 13

TRAMO T-13 A T-13BIS

PK TRAMO	PK A ORIGEN	TIPO CAJA	ELEMENTOS CONECTADOS	LUGAR / SITUACIÓN
80	38.710	TPE	- Tub (2) - VCh - CCG - EPA	Influencia campo aerogeneradores
360	38.990	TPE	- Tub (2) - VCh - CCG - EPA	Influencia campo aerogeneradores
830	39.460	TPE	- Tub (2) - VCh - CCG - EPA	Influencia campo aerogeneradores
1.150	39.780	TPE	- Tub (2) - VCh - CCG - EPA	Influencia campo aerogeneradores
1.570	40.200	TPE	- Tub (2) - VCh - CCG - EPA	Influencia campo aerogeneradores
1.970	40.600	TPE	- Tub (2) - VCh - CCG - EPA	Influencia campo aerogeneradores
2.270	40.900	TPE	- Tub (2) - VCh - CCG - EPA	Influencia campo aerogeneradores
2.490	41.120	TPE	- Tub (2) - VCh - CCG - EPA	Influencia campo aerogeneradores
2.790	41.420	TPE	- Tub (2) - VCh - CCG	Influencia campo aerogeneradores

PK TRAMO	PK A ORIGEN	TIPO CAJA	ELEMENTOS CONECTADOS	LUGAR / SITUACIÓN
			- EPA	
3.260	41.890	TPE	- Tub (2) - VCh - CCG - EPA	Influencia campo aerogeneradores y cruce línea alta tensión
3.630	42.260	TPE	- Tub (2) - VCh - CCG - EPA	Influencia campo aerogeneradores y cruce línea alta tensión
3.640	42.270	TPE	- Tub (10) - JA (8) - VCh (8) - Zinc (4) - EP	Toma 13 BIS

TRAMO T-13BIS A BALSA TUDELA

PK TRAMO	PK A ORIGEN	TIPO CAJA	ELEMENTOS CONECTADOS	LUGAR / SITUACIÓN
240	42.510	TPE	- Tub (2) - VCh - CCG - EPA	Cruce línea alta tensión
293	42.563	TPE	- Tub (2) - Otros (Nedgia) - EP	Cruce tubería gas natural
490	42.760	TPE	- Tub (2) - VCh - CCG - EPA	Cruce línea alta tensión
930	43.200	TPE	- Tub (4) - PTE (2) - UDCA - CCG - EPA	Futuro cruce AVE
1.230	46.500	TPE	- Tub (4) - PTE (2) - UDCA - CCG - EPA	Futuro cruce AVE
2.530	44.800	TPE	- Tub (2) - UDCA - CCG - EPA	Paralelismo línea alta tensión
2.830	45.100	TPE	- Tub (2) - UDCA - CCG - EPA	Paralelismo línea alta tensión

PK TRAMO	PK A ORIGEN	TIPO CAJA	ELEMENTOS CONECTADOS	LUGAR / SITUACIÓN
3.160	45.430	TPE	- Tub (2) - UDCA - CCG - EPA	Paralelismo línea alta tensión
3.460	45.730	TPE	- Tub (2) - UDCA - CCG - EPA	Paralelismo línea alta tensión
3.790	46.060	TPE	- Tub (2) - UDCA - CCG - EPA	Paralelismo línea alta tensión
4.100	46.370	TPE	- Tub (2) - UDCA - CCG - EPA	Paralelismo línea alta tensión
4.400	46.670	TPE	- Tub (2) - UDCA - CCG - EPA	Paralelismo línea alta tensión
4.730	47.000	TPE	- Tub (2) - UDCA - CCG - - EPA	Paralelismo línea alta tensión
4.960	47.230	TPE	- Tub (2) - UDCA - CCG - - EPA	Paralelismo línea alta tensión
5.510	47.780	TPE	- Tub (2) - CON (2) - EP	Hinca. Cruce autopista AP-68 y carretera NA-6810
6.305	48.575	TPE	- Tub (2) - ENAGAS - EP	Cruce tubería ENAGAS
6.927	49.197	TPE	- Tub (5) - JA (4) - VCh (4) - Zinc (4) - EP	Balsa de Tudela

TRAMO BALSA TUDELA A DERIVACIÓN CORELLA

PK TRAMO	PK A ORIGEN	TIPO CAJA	ELEMENTOS CONECTADOS	LUGAR / SITUACIÓN
1.646	50.842	TPE	- Tub (6) - JA (5) - VCh (5) - Zinc (4) - EP	Derivación Corella

TRAMO DERIVACIÓN CORELLA A T-17

PK TRAMO	PK A ORIGEN	TIPO CAJA	ELEMENTOS CONECTADOS	LUGAR / SITUACIÓN
80	50.922	TPE	- Tub (2) - CON (2) - EP	Hinca. Cruce carretera N-160
1.550	52.392	TP	- Tub (2) - EP	Arqueta ventosa
2.730	53.572	TPE	- Tub (7) - JA (5) - VCh (5) - Zinc (4) - EP	Toma 17

TRAMO T-17 A T-18

PK TRAMO	PK A ORIGEN	TIPO CAJA	ELEMENTOS CONECTADOS	LUGAR / SITUACIÓN
1.480	55.052	TP	- Tub (2) - EP	Arqueta desagüe
3.230	56.802	TPE	- Tub (5) - JA (4) - VCh (4) - Zinc (4) - EP	Toma 18

TRAMO T-18 A T-19

PK TRAMO	PK A ORIGEN	TIPO CAJA	ELEMENTOS CONECTADOS	LUGAR / SITUACIÓN
1.233	58.035	TP	- Tub - EP	Arqueta desagüe
3.330	60.132	TP	- Tub - EP	Arqueta ventosa
5.610	62.412	TPE	- Tub (4) - JA (3) - VCh (3) - Zinc (4) - EP	Toma 19

TRAMO T-19 A T-20

PK TRAMO	PK A ORIGEN	TIPO CAJA	ELEMENTOS CONECTADOS	LUGAR / SITUACIÓN
2.440	64.852	TPE	- Tub (4) - JA (3)	Toma 20

			- VCh (3) - Zinc (4)	
--	--	--	-------------------------	--

TRAMO T-20 A T-21

PK TRAMO	PK A ORIGEN	TIPO CAJA	ELEMENTOS CONECTADOS	LUGAR / SITUACIÓN
810	65.662	TP	- Tub - EP	Arqueta ventosa
2.055	66.907	TPE	- Tub (4) - JA (3) - VCh (3) - Zinc (4) - EP	Toma 21

Ramal a Corella

TRAMO DERIVACIÓN CORELLA A T-16

PK TRAMO	PK A ORIGEN	TIPO CAJA	ELEMENTOS CONECTADOS	LUGAR / SITUACIÓN
1.150	1.150	TPE	- Tub (4) - JA (3) - VCh (3) - Zinc (4)	Toma 16

TRAMO T-16 A T-14/15

PK TRAMO	PK A ORIGEN	TIPO CAJA	ELEMENTOS CONECTADOS	LUGAR / SITUACIÓN
1.730	2.870	TP	- Tub - EP	Arqueta ventosa
3.030	4.180	TPE	- Tub - (Nedgia) - EP	Otros Cruce tubería gas natural
3.132	4.282	TPE	- Tub - CON - EP	Hinca. Cruce carretera N-113
3.241	4.391	TPE	- Tub (4) - JA (3) - VCh (3) - Zinc (4) - EP	Toma 14 / 15

- Tub: Conexiones a tubería

- TP: Toma de potencial simple

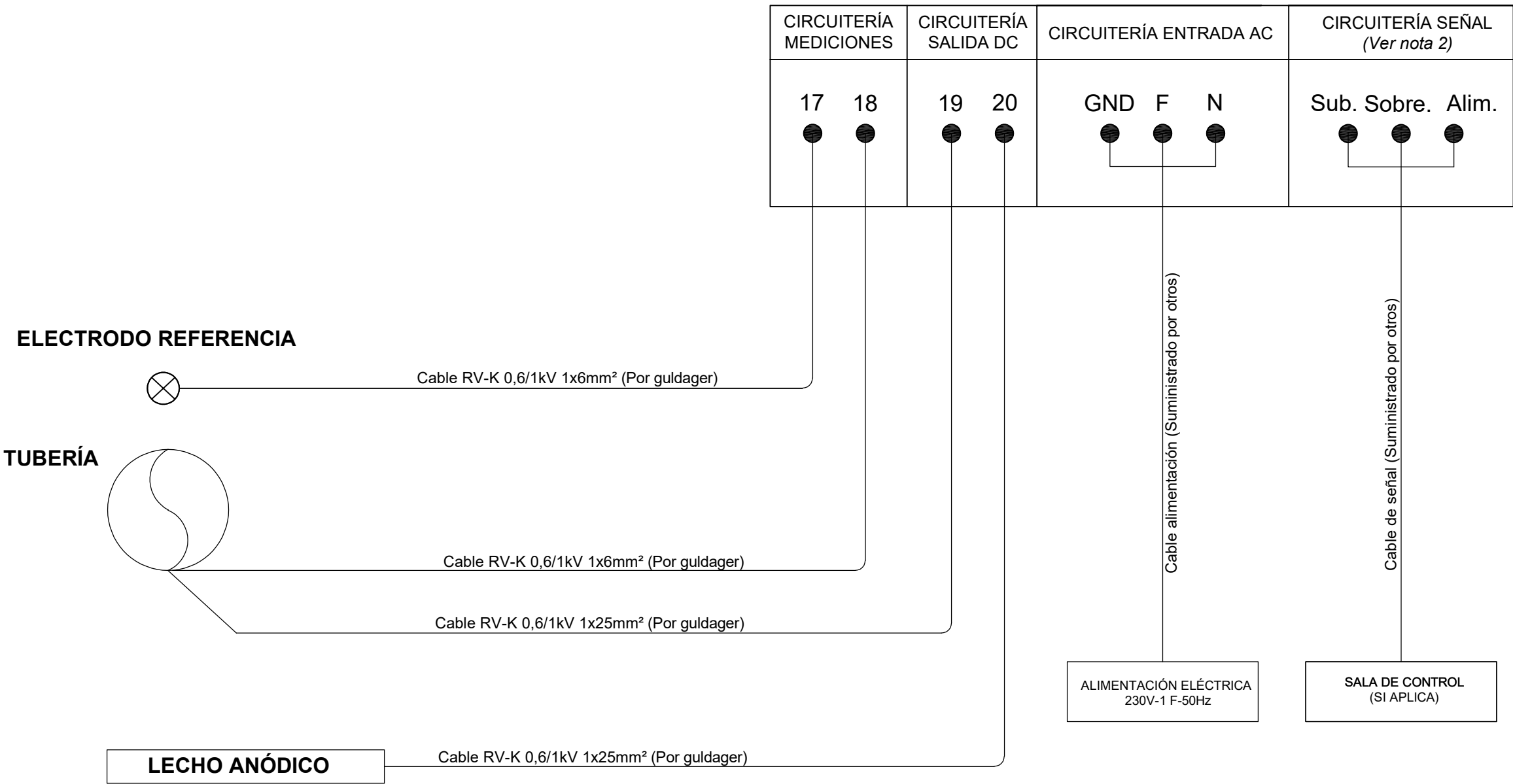
- TPE: Toma de potencial especial
- EP: Electrodo probeta estándar
- EPa: Electrodo probeta alterna
- CON: Conexiones a contratubo o vaina
- J.A: Junta aislante
- CCG: Cable Control de Gradiente
- UDCA: Unidad de Drenaje de Corriente Alterna
- VCh: Vía de Chispas
- Zinc: Picas zinc ensacadas
- Pte: Cable puente entre TPE
- (): Nº unidades.

16. APÉNDICE 7.4.5: ESQUEMAS

- CRA-165: Esquema unifilar EPC
- CRA-300: Detalle Lecho horizontal continuo
- CRA-164: Electrodo de referencia cerámico Cu/CuSO₄
- CRA-164D: Electrodo probeta Cu/CuSO₄ 10cm²
- CRA-164I: Electrodo probeta Cu/CuSO₄ 10cm² + 1cm²
- CRA-179: Detalles conexiones cable - tubería
- CRA-332: Toma de potencial simple TPN en arqueta
- CRA-524: Conexión toma de potencial en Hınca
- CRA-250: Cruce tuberías
- CRA-588: Cruce tubería agua con ENAGAS
- CRA-318C: UDCA con CCG
- CRA-513: Aislamiento tubería - caudalímetro
- CRA-573: Aislamiento tubería - soportes metálicos
- CRA 419: Aislamiento tubería - elemento electromecánico
- CRA-302; Despiece JAE
- CRA-545: Vía chispas en JAM
- CRA 533: Continuidad eléctrica tubería

DIAGRAMA UNIFILAR EPC

RECTIFICADOR



REFERENCIAS	
Nº	Título

NOTAS Y COMENTARIOS TÉCNICOS

- NOTAS
- La ubicación del lecho anódico se muestra en el documento CRC-3530.
 - Si el cliente requiere señales de alarma remotas, se podrán configurar NC o NA y en serie o en paralelo.

SIMBOLOGÍA

0	25.04.18	Emtido para información	MDA	MDA	MDA	--
Rev.	Fecha	Descripción	Por	Rev	Apro	Cliente

Descripción: DIAGRAMA UNIFILAR EPC						
Pino Nº:	CRA 165	Hoja Nº:	1/1	Escala:	--	Rev: 0

Torrent de l'Estadella, 41
08030 Barcelona, España
Tel: (+34) 93 219 4350
Fax: (+34) 93 219 4279
info@guldager.es
www.guldager.es



Management System
ISO 9001:2008
www.bv.com
© 1999-2008

Vista de perfil



Nº	Título

NOTAS

1. El lecho áncora estará compuesto por 8 Nodos de Ti-MMO que se instalarán según plano, separados "C" m entre sí y dejando "A" m de distancia respecto a cada extremo.
2. Cada ánodo se suministra ya conectado desde fábrica a 3m de cable KYNAR-HMWPE 1x10mm².
3. La longitud y ubicación del lecho, el número de ánodos, la cantidad de coque de petróleo se definirán en fase de diseño.
4. Durante el diseño se determinará la necesidad de tubo de riego, en función de las condiciones del terreno.

Cable Ánodo KYNAR-HMWPE 1x10mm²

Terminal Cable 1x10mm²

Tornillo y arandela M8

Conexión protegida por funda termorretráctil
(Realizado por GULDA GER)

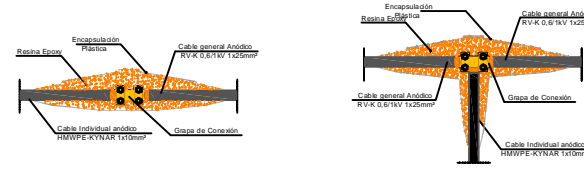
3mm

1.6m

20mm

$\frac{D}{N}$

Detalle 3: Conexión Torpedo en "T"
Nota: Montaje en obra



SIMBOLOGÍA

0	25.04.18	Emitido para información	MDA	MDA	MDA	-	
Rev.	Fecha	Descripción	Por	Rev	Apro	Cle	

Descripción:
Detalle Lecho Anódico Corriente Impresa
Horizontal Continuo

Pho N°:	CRA 300A	Hoja N°:	1/1	Escala:	--	Rev:	(
---------	----------	----------	-----	---------	----	------	---

Torrent de l'Estadella, 41
08030 Barcelona, España
Tel: (+34) 93.219.4350
Fax: (+34) 93.219.4279
info@guldager.es
www.guldager.es



CEFRACOR
CERTIFICATION
Protection
Cathodique



Management
Systems
ISO 9001:2008

Management
Systems
ISO 9001:2000

**guldager®
electrolisis**

CABLE H07RN-F 1 x 4 mm²

Conexión a cable encapsulada en resina epoxi (realizado en fábrica)

Cerámica Porosa

300 mm

Ø150mm

Diagrama de un cable encapsulado en resina epoxi. El diagrama muestra una sección transversal circular de un cable. En el centro hay un cable H07RN-F 1 x 4 mm². Este está rodeado por una zona de resina (resina epoxi) que lo encapsula. La zona de resina está rodeada por una capa de cerámica porosa. Las etiquetas indican:

- Encapsulación en resina epoxi para conexión cable
- Cable H07RN-F 1 x 4 mm²
- Zona Resina
- Cerámica Porosa

Diagrama de un sistema de drenaje en un sótano. Se muestra un tanque de drenaje (orange) conectado a una tubería (black) que sale por el techo y se dirige hacia el TP o T/R. El nivel del suelo está indicado por una línea superior. El espacio está lleno de agua (puntos) y se muestra un yin-yang para indicar la rotación del agua. Una dimensión de 20 cm se indica en la tubería vertical.

MATERIAL	Cu/SO ₄ Cu
CARCASA	Cerámica porosa
DIMENSIONES	300xØ150mm

Nº	Título

SIMBOLOGÍA

0	25.04.18	Emitido para información	MDA	MDA	MDA	--	
Rev.	Fecha	Descripción	Por	Rev	Apro	Cliente	

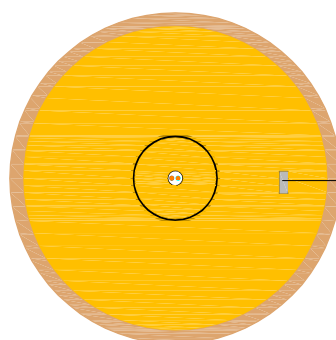
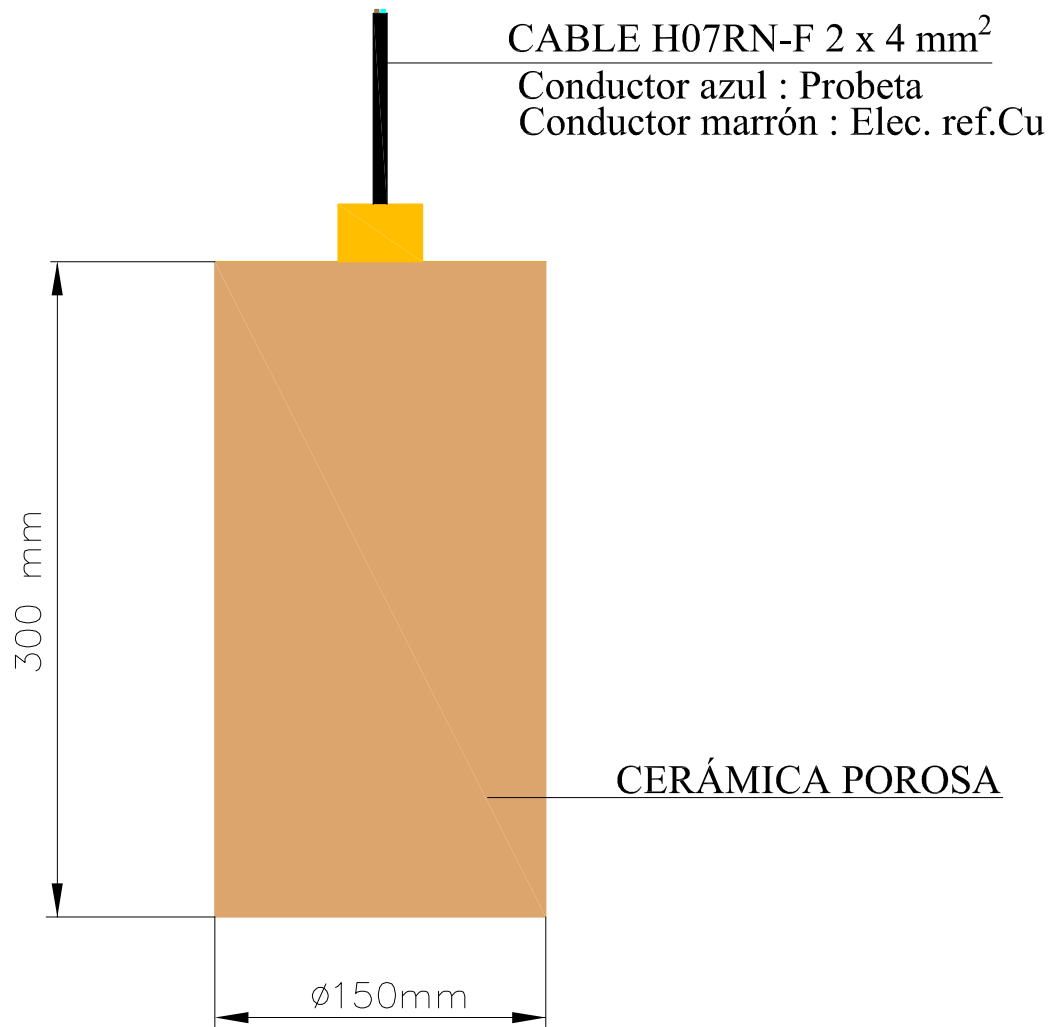
Descripción:	ELECTRODO DE REFERENCIA PERMANENTE CERÁMICO Cu/SO ₄ Cu
--------------	--


Plano N°:	CRA 164	Hoja N°:	1/1	Escala:	--	Rev:	0
-----------	---------	----------	-----	---------	----	------	---

Torrent de l'Estadella, 41
08030 Barcelona, España
Tel: (+34) 93.219.4350
Fax: (+34) 93.219.4279
info@guldager.es
www.guldager.es

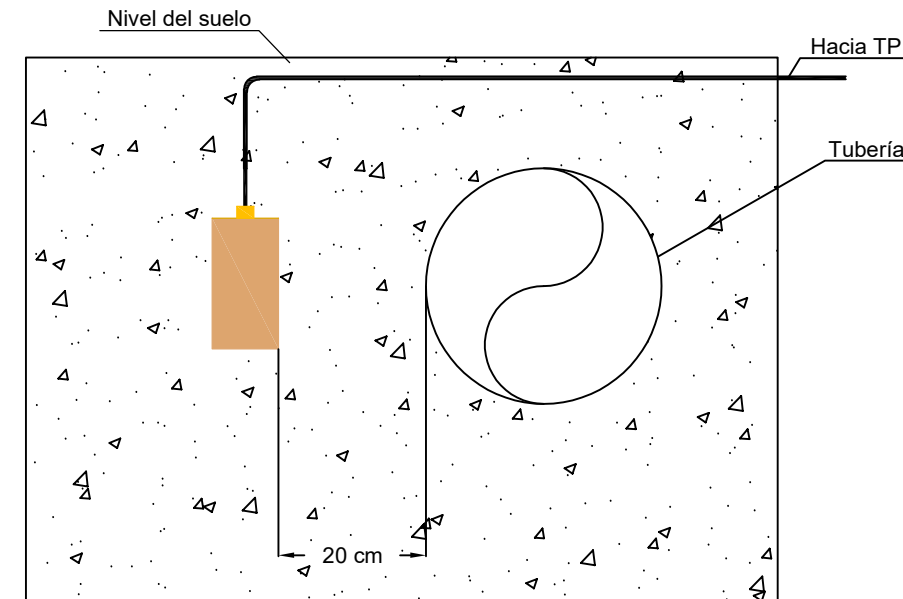


Management
System
ISO 9001:2008



		W.W.I. GULDAGER ELECTROLISIS, S.A.			ELECTRODO PROBETA Cu/CuSO ₄ Sup:1 cm ²				
	FECHA	FIRMA	REV.	Modificaci3n					
DIB.	21-04-05	S.C.G.	0						
COMP.	29-08-06	S.C.G.	1	REFERENCIA n° PLANO					
APROB.									
REF.		PLANO/NORMA CRA 164 D		HOJA N° 1		ESCALA			
				N° HOJAS 1		/			

Especialistas en **PROTECCIÓN CATÓDICA**



DATOS ELECTRODO	
MATERIAL	Cu/SO ₄ Cu
CARACA	Cerámica porosa
DIMENSIONES	300xØ150mm
PROBETAS	10cm ² + 1 cm ²

[illegible]

Especialistas en PROTECCIÓN CATÓDICA

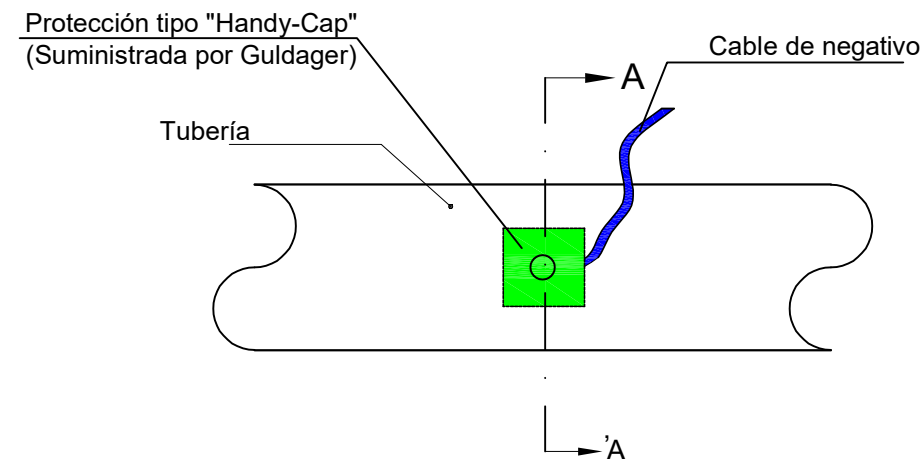


Nº	Título

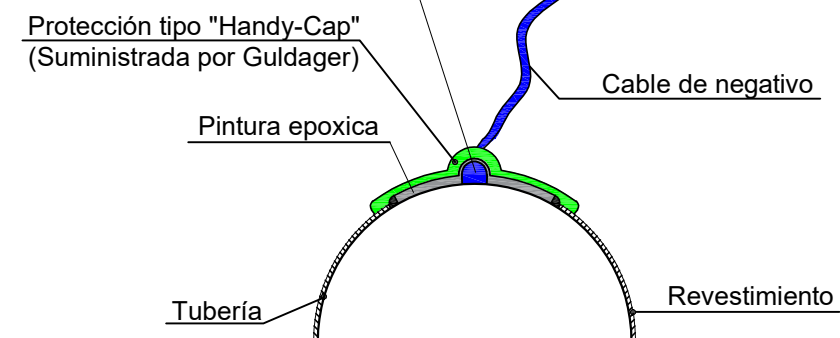
Notas:

1. La teja se suministra ya soldada al cable mediante soldadura aluminotérmica por GULDAGER

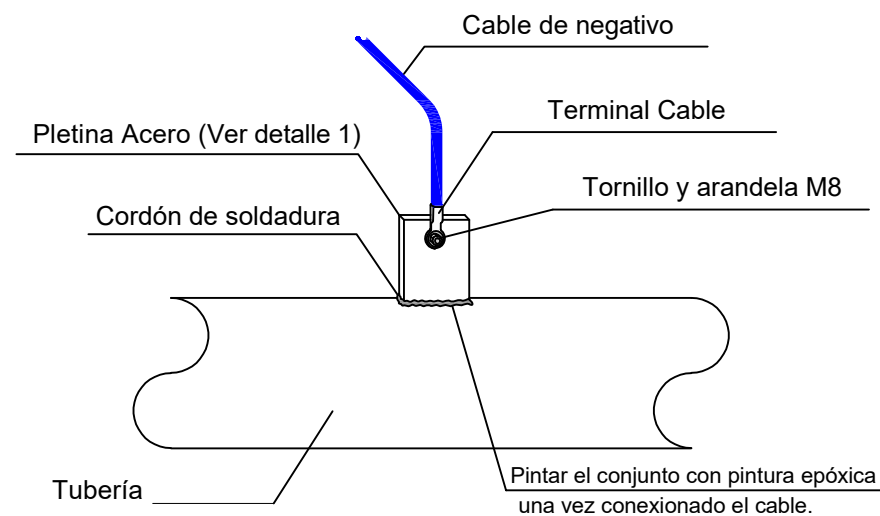
Vista en Planta



Unión Tubería-Cable(Soldadura
Aluminotérmica en obra)



Detalle conexión



0	25.04.18	Emitido para información	MDA	MDA	MDA	--	
Rev.	Fecha	Descripción	Por	Rev	Apro	Client	

Descripción:	Detalle conexiones cable-tubería
--------------	----------------------------------

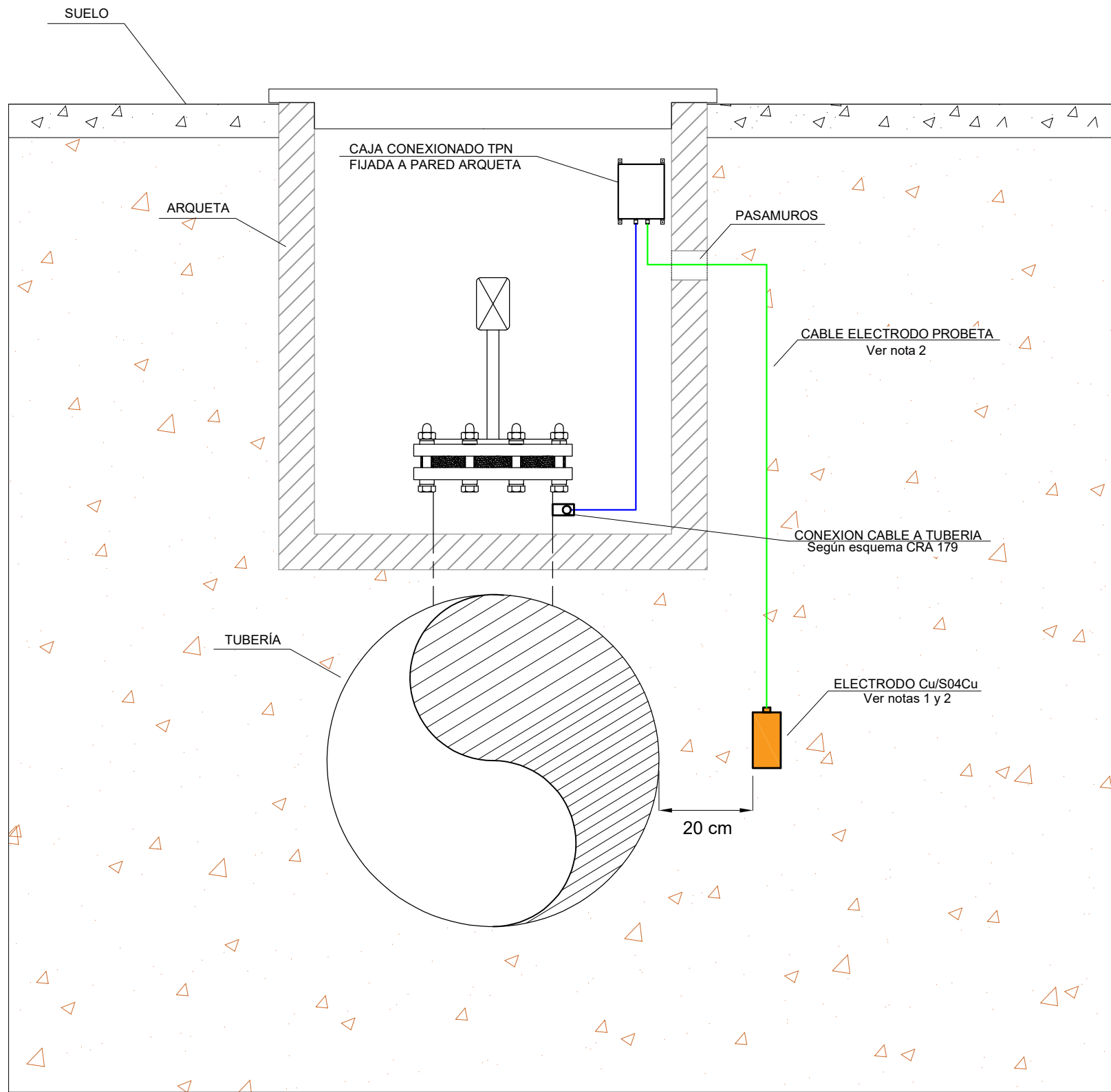
Plano N°:	CRA 179	Hoja N°:	1/1	Escala:	--	Rev:	0
-----------	---------	----------	-----	---------	----	------	---

Torrent de l'Estadella, 41
08030 Barcelona, España
Tel: (+34) 93.219.4350
Fax: (+34) 93.219.4279
info@guldager.es
www.guldager.es



Management
System
ISO 9001:2008

DETALLE TOMA DE POTENCIAL SIMPLE (TPN) EN ARQUETA



REFERENCIAS

Nº	Título

NOTAS Y COMENTARIOS TÉCNICOS

- NOTAS
1. El electrodo se instalará enterrado a 20cm de la tubería.
 2. Electrodo tipo:

2.1. Permanente:	Cable 1x4mm²
2.2. Con probeta 1 cm²:	Cable 2x4mm²
2.3. Con probeta 5 cm²:	Cable 2x4mm²
2.4. Con probeta 10 cm²:	Cable 2x4mm²
2.5. Con probeta 1 cm² + 10 cm²:	Cable 3x4mm²

SIMBOLOGÍA

0	25.04.18	Emitido para información	MDA	MDA	MDA
Rev.	Fecha	Descripción	Por	Rev	Apro

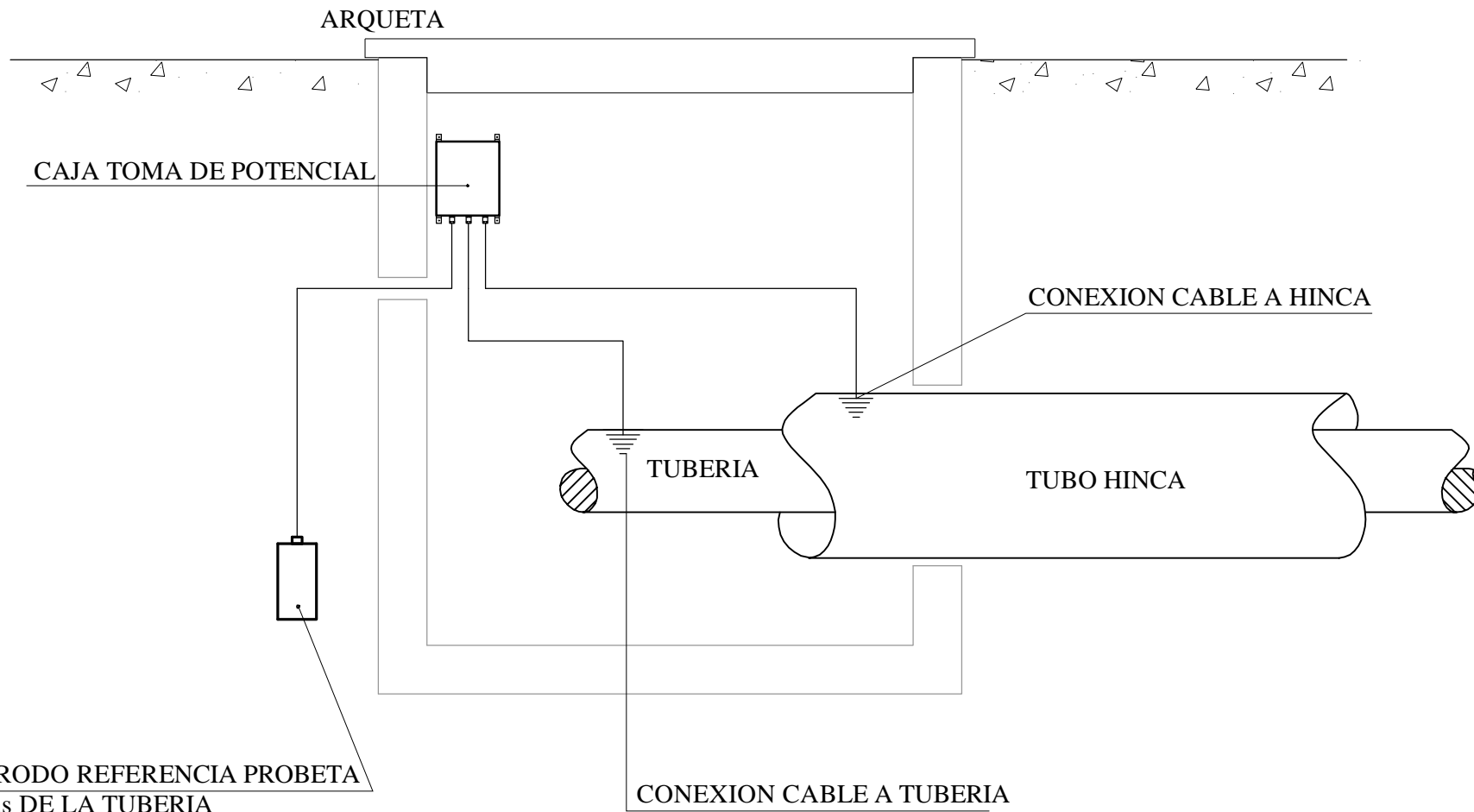
Descripción: INSTALACIÓN CAJA DE TOMA DE POTENCIAL NORMAL EN ARQUETA


Pino Nº: CRA 332 Hoja Nº: 1/1 Escala: -- Rev: 0

Torrent de l'Estadella, 41
08030 Barcelona, España
Tel: (+34) 93 219 4350
Fax: (+34) 93 219 4279
info@guldager.es
www.guldager.es

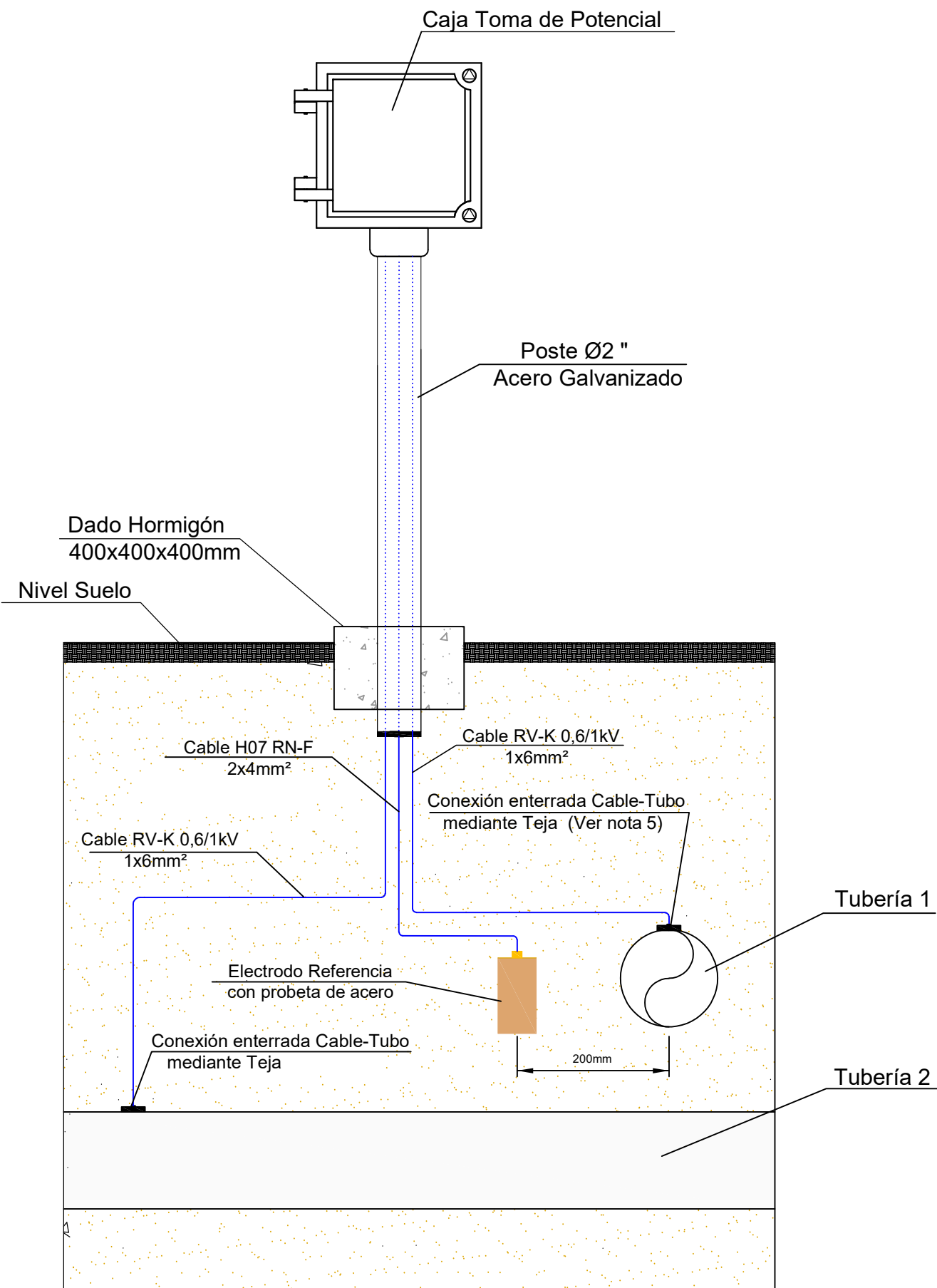


Management
System
ISO 9001:2008
www.bax.com
© 2008/09/05



		W. W. I GULDAGER ELECTROLISIS, S.A				CONEXION TOMA POTENCIAL EN CRUCE CON HINCA . CAJA EN ARQUETA			
FECHA	DIB.	APROB.	REV						
3-1-13	S.C.G.	J.M.V.B.	0						
				REF.	PLANO/NORMA CRA 524		HOJA N° 1 N° HOJAS 1		ESCALA

ESQUEMA MONTAJE CAJAS DE TOMA DE POTENCIAL EN CRUCE TUBERÍAS
(MONTAJE TIPO 2: PROBETA ENCAPSULADA)



REFERENCIAS

Nº	Título

NOTAS Y COMENTARIOS TÉCNICOS

1. Los cables enterrados se protegerán mediante tubo corrugado de sección correspondiente.

SIMBOLOGÍA

Cliente / Propiedad:

0	29/10/18		MDA	MDA	JMVB	ASG	
Rev.	Fecha	Descripción	Por	Rev	Apro	Cliente	

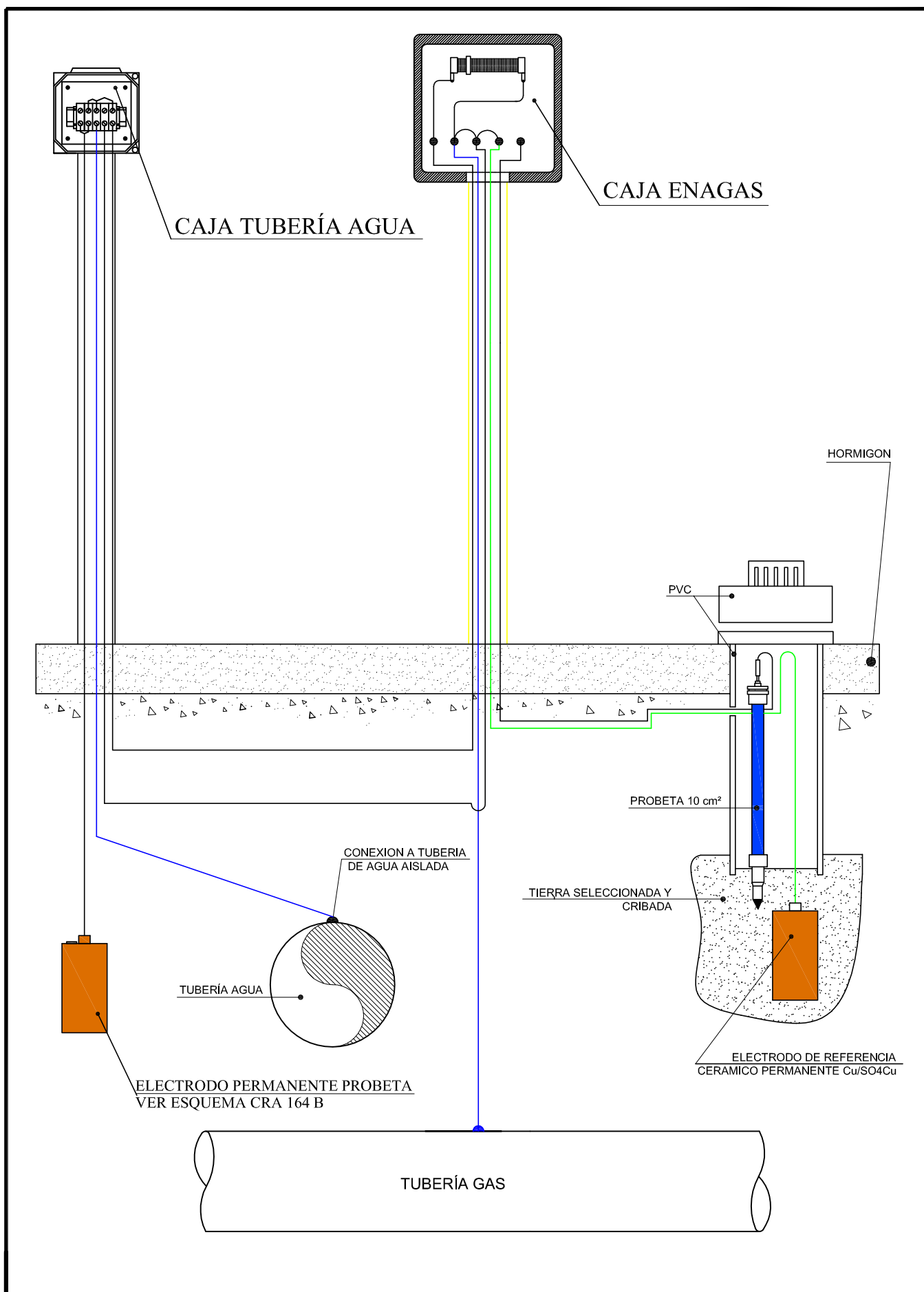
Descripción:


ESQUEMA TOMA DE POTENCIAL EN
CRUCE DE TUBERÍAS METÁLICAS

Pino Nº:	CRA 250	Hoja Nº:	2/2	Escala:	--	Rev:	0
----------	---------	----------	-----	---------	----	------	---

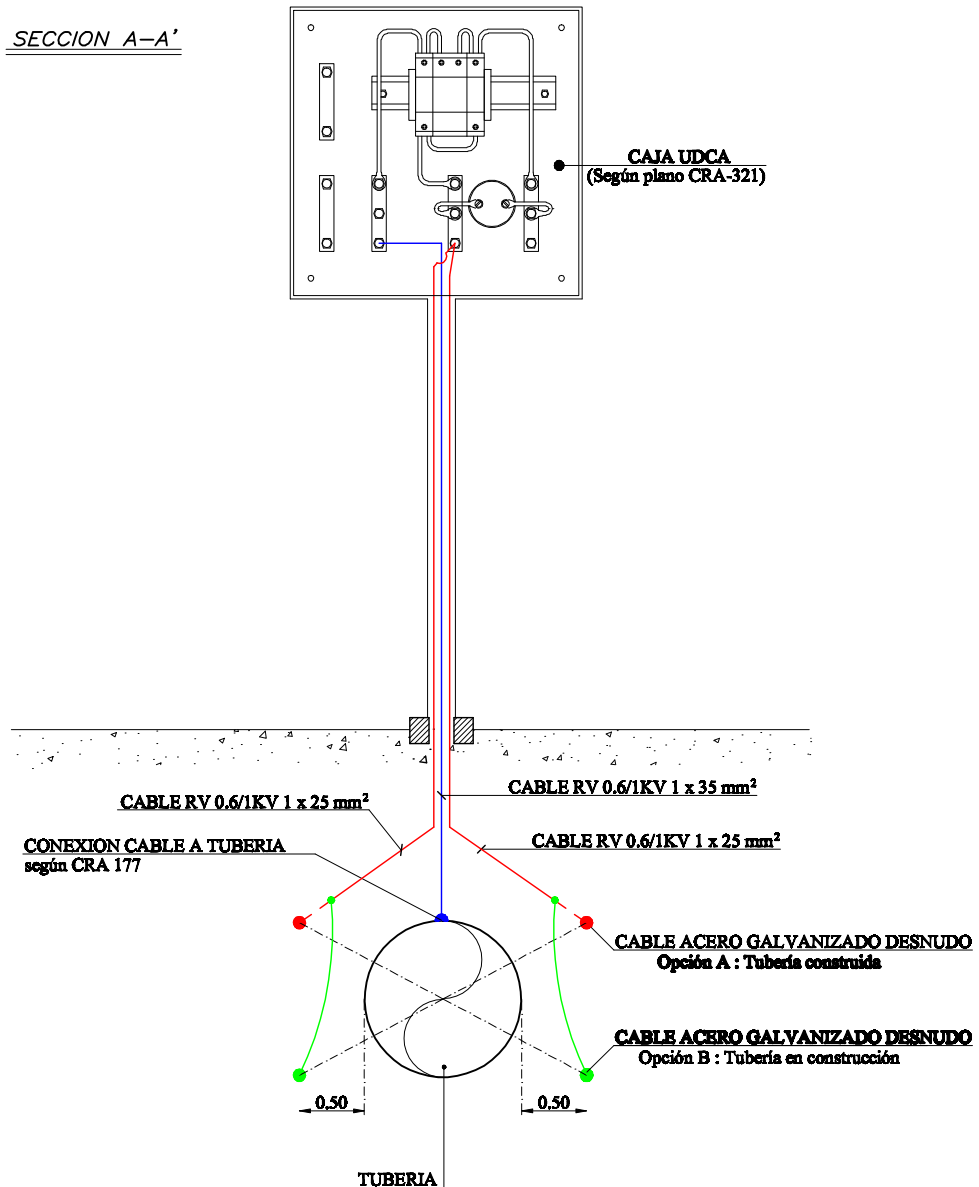
Torrent de l'Estadella, 41
08030 Barcelona, España
Tel: (+34) 93.219.4350
Fax: (+34) 93.219.4279
info@guldager.es
www.guldager.es



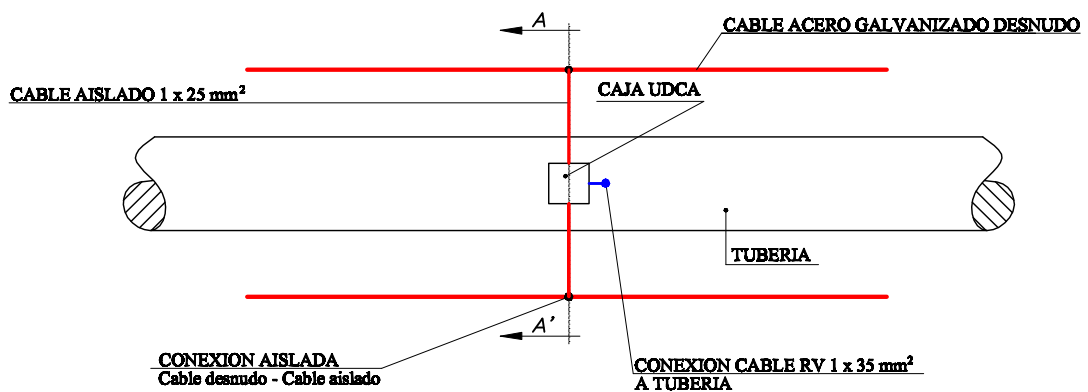


				W.W.I GULDAGER ELECTROLISIS, S.A				CRUCE TUBERIA AGUA CON TUBERIA GAS			
FECHA	DIB.	APROB.	REV	REF.		PLANO/NORMA CRA 588		HOJA N°		ESCALA /	
10-11-15	S.C.G.	JM.V.B.	0					N° HOJAS			

SECCION A-A'



PLANTA



En el caso que se tuviera que instalar mucha longitud de cable , se estudiará la instalación de dos o más cajas UDCA



W. W. I.
GULDAGER ELECTROLISIS, S.A

DIB.	FECHA	APROB	REV.	Modificación
S.C.G.	4-5-11	O.R.S.	0	

**SISTEMA DE MITIGACION DE CORRIENTE ALTERNA
CON CABLES DE CONTROL DE GRADIENTE Y UDCA**

REF.	PLANO/NORMA	HOJA N°	ESCALA
	CRA 318 C	1	
		N° HOJAS	1

PUESTA A TIERRA CAUDALÍMETRO/VÁLVULA MOTORIZADA CON TUBERÍA



REFERENCIAS

[illegible]

NOTAS Y COMENTARIOS TÉCNICOS

SIMBOLOGÍA

0	25.04.18	Emitido para información	MDA	MDA	MDA	--	
Rev.	Fecha	Descripción	Por	Rev	Apro	Cliente	

Descripción:	PUESTA A TIERRA CAUDALÍMETROS Y VÁLVULAS MOTORIZADAS
--------------	---

Plano Nº:	CRA 513	Hoja Nº:	1/3	Escala:	--	Rev:	0
-----------	---------	----------	-----	---------	----	------	---

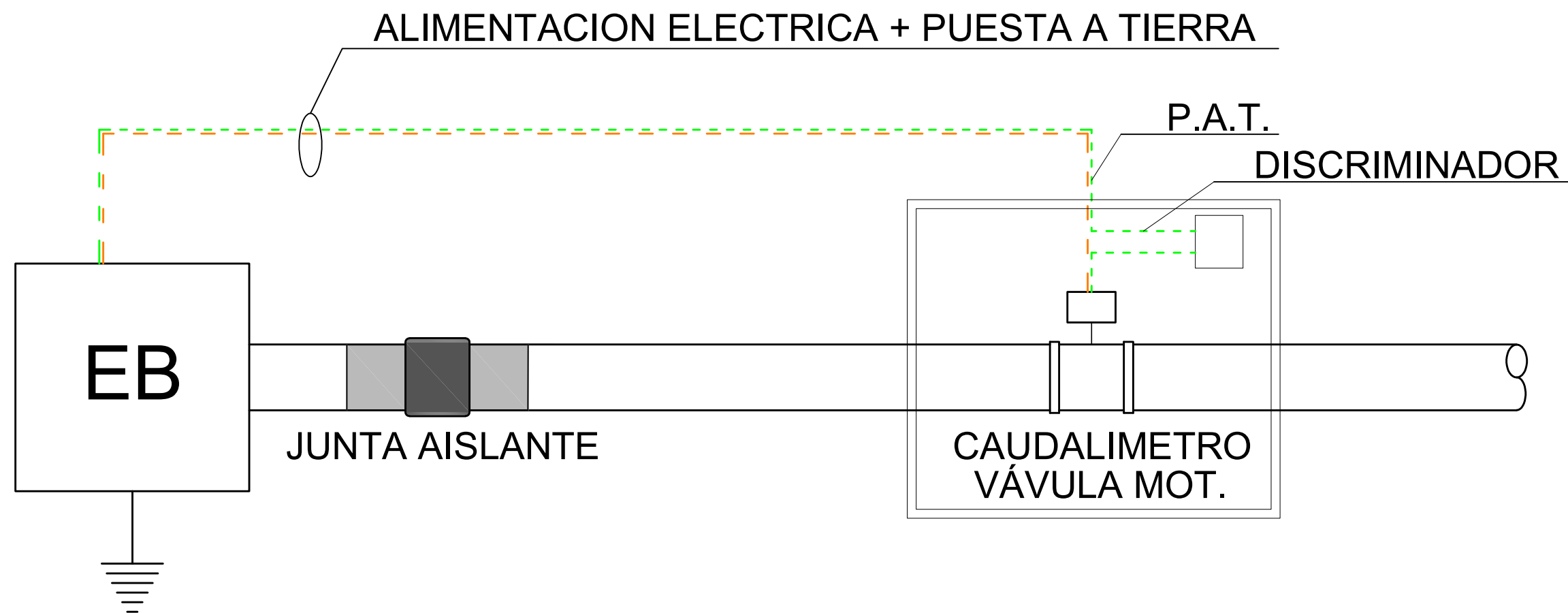
Torrent de l'Estadella, 41
08030 Barcelona, España
Tel: (+34) 93.219.4350
Fax: (+34) 93.219.4279
info@guldager.es
www.guldager.es



Management
System
9001:2008

INSTALACION CORRECTA 1: DISCRIMINADOR ACDC

PUESTA A TIERRA CAUDALÍMETRO / VÁLVULA MOTORIZADA CON TUBERÍA

[illegible]

NOTAS Y COMENTARIOS TÉCNICOS

0	25.04.18	Emitido para información	MDA	MDA	MDA	--
Rev.	Fecha	Descripción	Por	Rev	Apro	Cliente

Descripción:

DPUSTA A TIERRA CAUDALÍMETROS Y
VÁLVULAS MOTORIZADAS

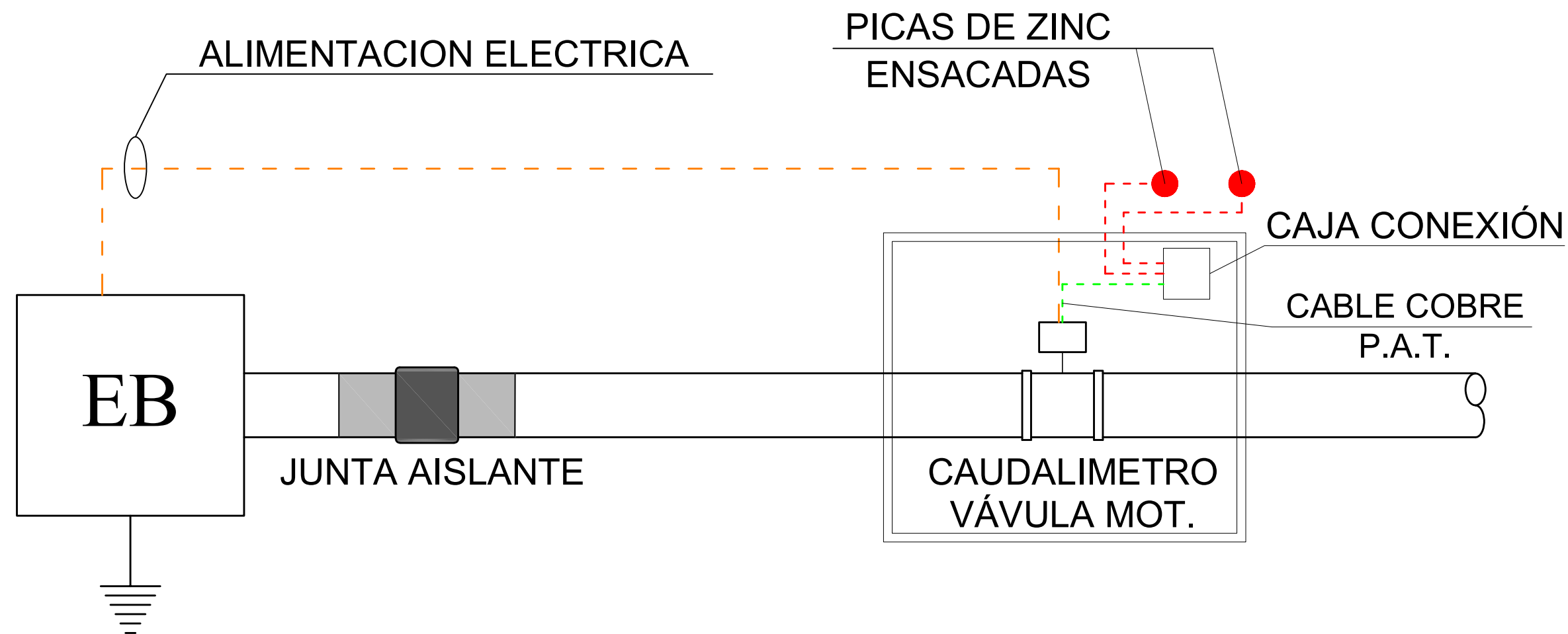
Plano Nº:	CRA 513	Hoja Nº:	2/3	Escala:	--	Rev:	0
-----------	---------	----------	-----	---------	----	------	---

Torrent de l'Estadella, 41
08030 Barcelona, España
Tel: (+34) 93.219.4350
Fax: (+34) 93.219.4279
info@guldager.es
www.guldager.es

Management
System
ISO 9001:2008

INSTALACION CORRECTA 2: PUESTA A TIERRA LOCAL

PUESTA A TIERRA CAUDALÍMETRO/VÁLVULA MOTORIZADA CON TUBERÍA

[illegible]

NOTAS Y COMENTARIOS TÉCNICOS

0	25.04.18	Emitido para información	MDA	MDA	MDA	--
Rev.	Fecha	Descripción	Por	Rev	Apro	Cliente

Descripción:	PUESTA A TIERRA CAUDALÍMETROS Y VÁLVULAS MOTORIZADAS
--------------	---

Plano N°:	CRA 513	Hoja N°:	3/3	Escala:	--	Rev:	0
-----------	---------	----------	-----	---------	----	------	---

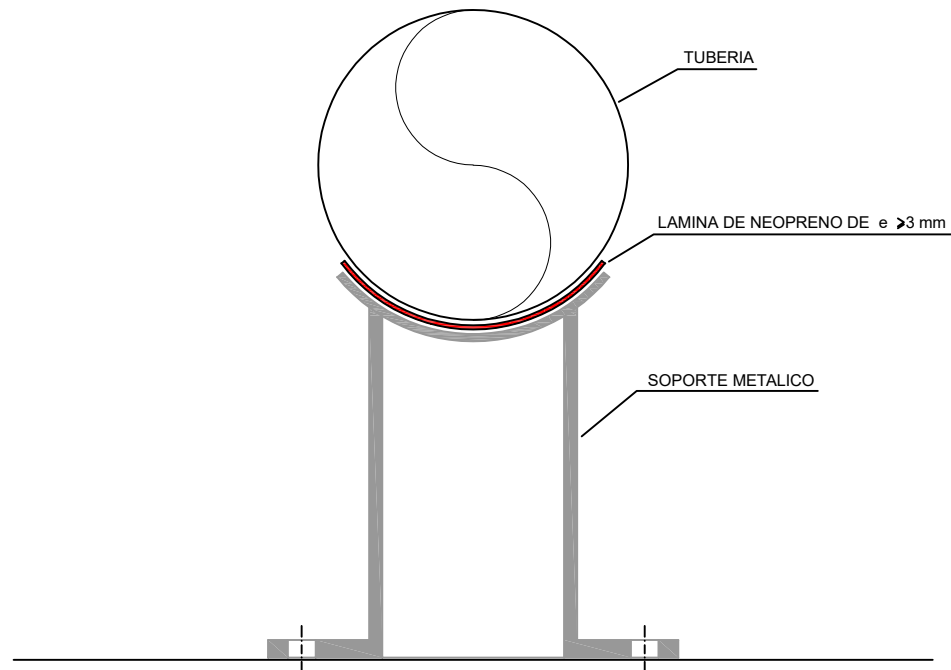
Torrent de l'Estadella, 41
08030 Barcelona, España
Tel: (+34) 93.219.4350
Fax: (+34) 93.219.4279
info@guldager.es
www.guldager.es



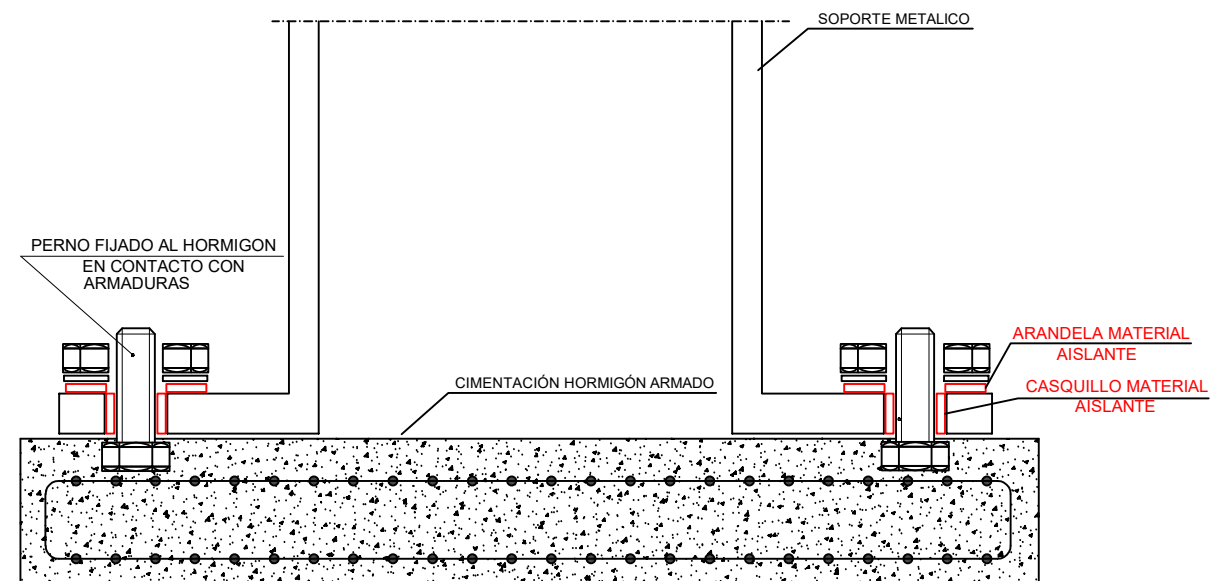
management
system
ISO 9001:2008

AISLAMIENTO TUBERÍA - SOPORTE METÁLICO

AISLAMIENTO EN SOPORTE



AISLAMIENTO EN CIMENTACIÓN



REFERENCIAS

Nº	Título

NOTAS Y COMENTARIOS TÉCNICOS

SIMBOLOGÍA

0	25.04.18	Emitido para información	MDA	MDA	MDA	--
Rev.	Fecha	Descripción	Por	Rev	Apro	Cliente

Descripción:	

AISLAMIENTO TUBERÍA - SOPORTE METÁLICO

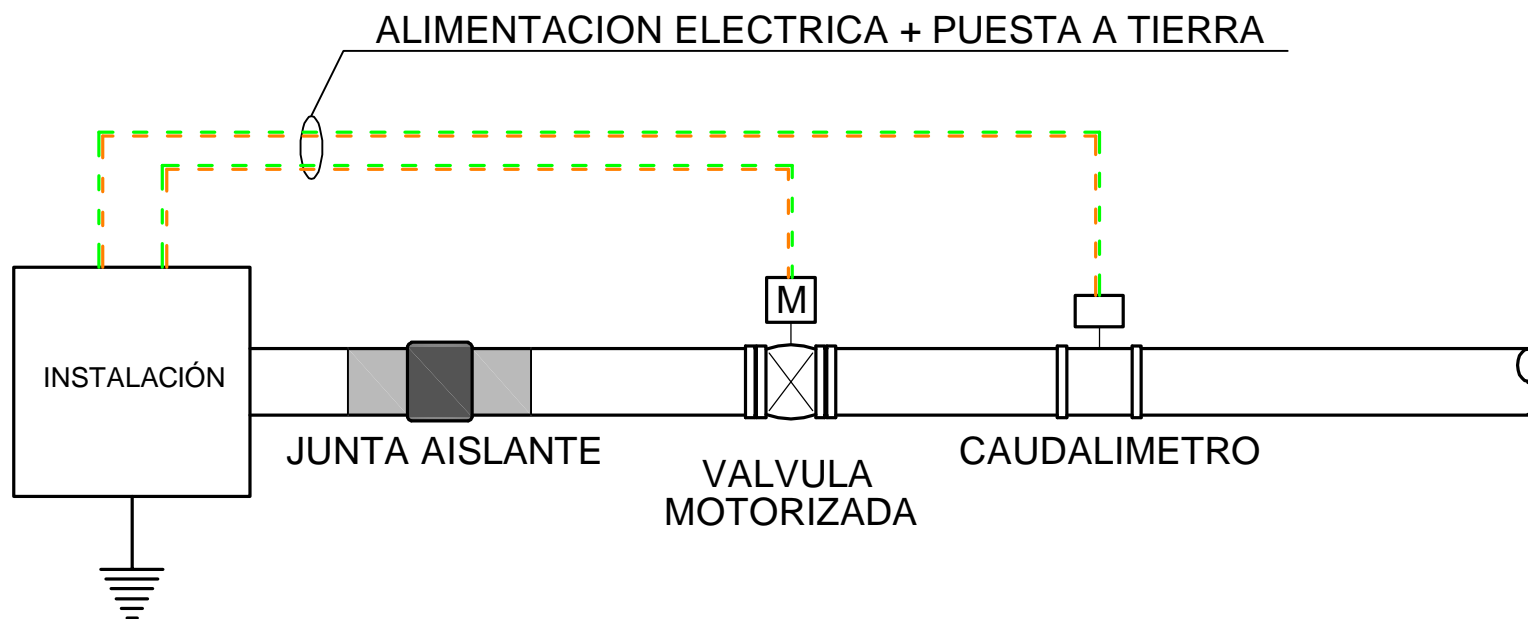
Pino N°:	CRA 573	Hoja N°:	1/1	Escala:	--	Rev:	0
----------	---------	----------	-----	---------	----	------	---

Torrent de l'Estadella, 41
08030 Barcelona, España
Tel: (+34) 93.219.4350
Fax: (+34) 93.219.4279
info@guldager.es
www.guldager.es



Especialistas en **PROTECCIÓN CATÓDICA**

EL CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA PUENTE LA JUNTA AISLANTE

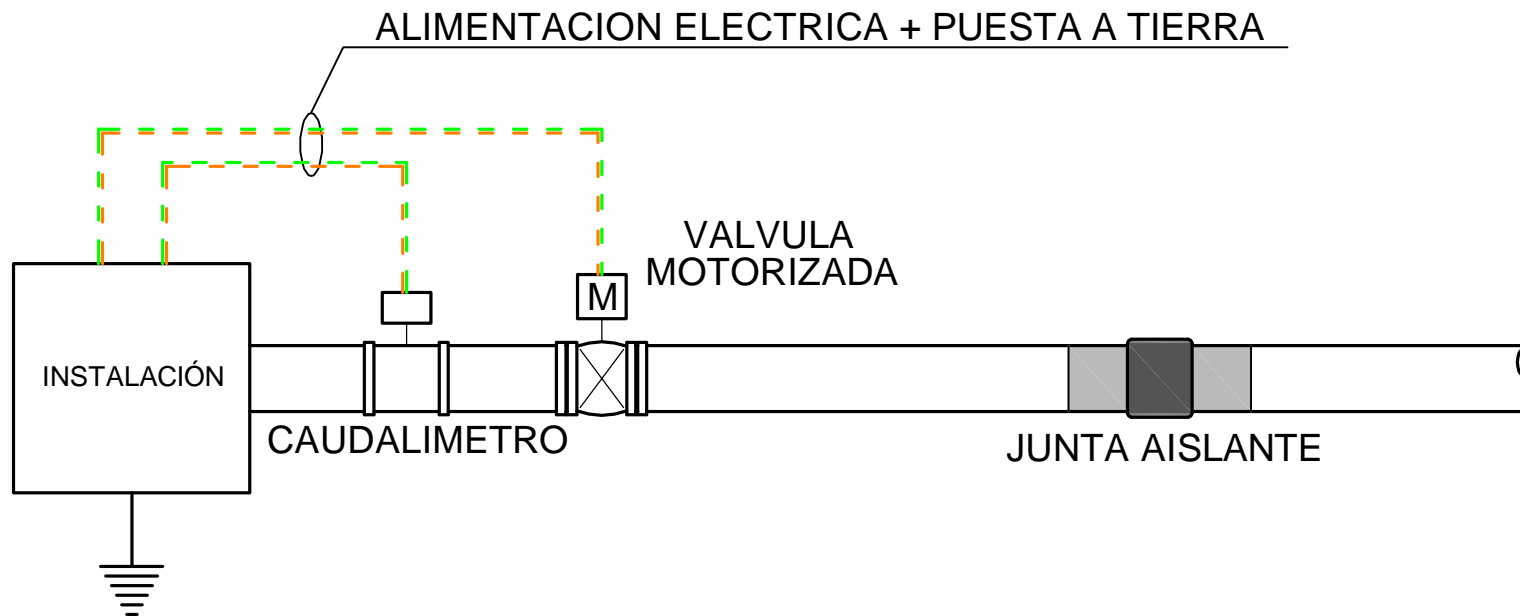


**guldager®
electrolisis**

REFERENCIAS

Nº	Título

NOTAS Y COMENTARIOS TÉCNICOS



PROTECCIÓN CATÓDICA

SIMBOLOGÍA

--	--

0	25.04.18	Emisión para información	MDA	MDA	MDA	--	
Rev.	Fecha	Descripción	Por	Rev	Apto	Cliente	

[illegible]

CORRECTA UBICACIÓN JUNTAS AISLANTES

Pino N°:	CRA 419	Hoja N°:	2/3	Escala:	--	Rev:	0
----------	---------	----------	-----	---------	----	------	---

State	Year	Population	Area	Population Density
Alabama	1990	3,000,000	52,400	57
Alaska	1990	600,000	663,300	0.9
Arizona	1990	2,500,000	113,900	22
Arkansas	1990	2,200,000	53,100	41
California	1990	29,000,000	163,600	177
Colorado	1990	3,000,000	104,000	29
Connecticut	1990	3,400,000	5,500	618
Delaware	1990	700,000	2,400	292
Florida	1990	15,000,000	57,900	259
Georgia	1990	4,000,000	59,700	67
Hawaii	1990	1,000,000	15,200	66
Idaho	1990	1,200,000	83,700	14
Illinois	1990	12,000,000	149,900	80
Indiana	1990	6,000,000	37,300	161
Iowa	1990	3,000,000	72,600	41
Kansas	1990	3,200,000	82,200	39
Kentucky	1990	4,000,000	40,300	99
Louisiana	1990	4,000,000	27,700	144
Maine	1990	1,300,000	9,300	140
Maryland	1990	5,500,000	11,300	487
Massachusetts	1990	6,500,000	8,000	813
Michigan	1990	10,000,000	96,800	103
Minnesota	1990	4,500,000	225,300	20
Mississippi	1990	3,000,000	48,400	62
Missouri	1990	5,500,000	69,700	79
Montana	1990	900,000	117,000	8
Nebraska	1990	2,000,000	77,300	26
Nevada	1990	1,500,000	110,600	14
New Hampshire	1990	1,200,000	9,300	129
New Jersey	1990	8,500,000	19,200	443
New Mexico	1990	1,800,000	121,500	15
New York	1990	19,000,000	54,500	349
North Carolina	1990	7,500,000	51,900	144
North Dakota	1990	1,000,000	70,600	14
Ohio	1990	11,500,000	44,800	257
Oklahoma	1990	3,500,000	69,900	50
Oregon	1990	3,000,000	98,300	31
Pennsylvania	1990	12,000,000	46,000	261
Rhode Island	1990	1,000,000	1,500	667
South Carolina	1990	3,500,000	32,000	110
South Dakota	1990	1,000,000	77,100	13
Tennessee	1990	5,000,000	42,300	118
Texas	1990	17,000,000	695,600	24
Utah	1990	2,200,000	84,900	26
Vermont	1990	600,000	9,400	64
Virginia	1990	6,500,000	40,800	159
Washington	1990	4,500,000	71,300	63
West Virginia	1990	1,800,000	62,000	29
Wisconsin	1990	5,500,000	65,400	84
Wyoming	1990	1,000,000	97,800	10

Torrent de l'Estadella, 41
08030 Barcelona, España

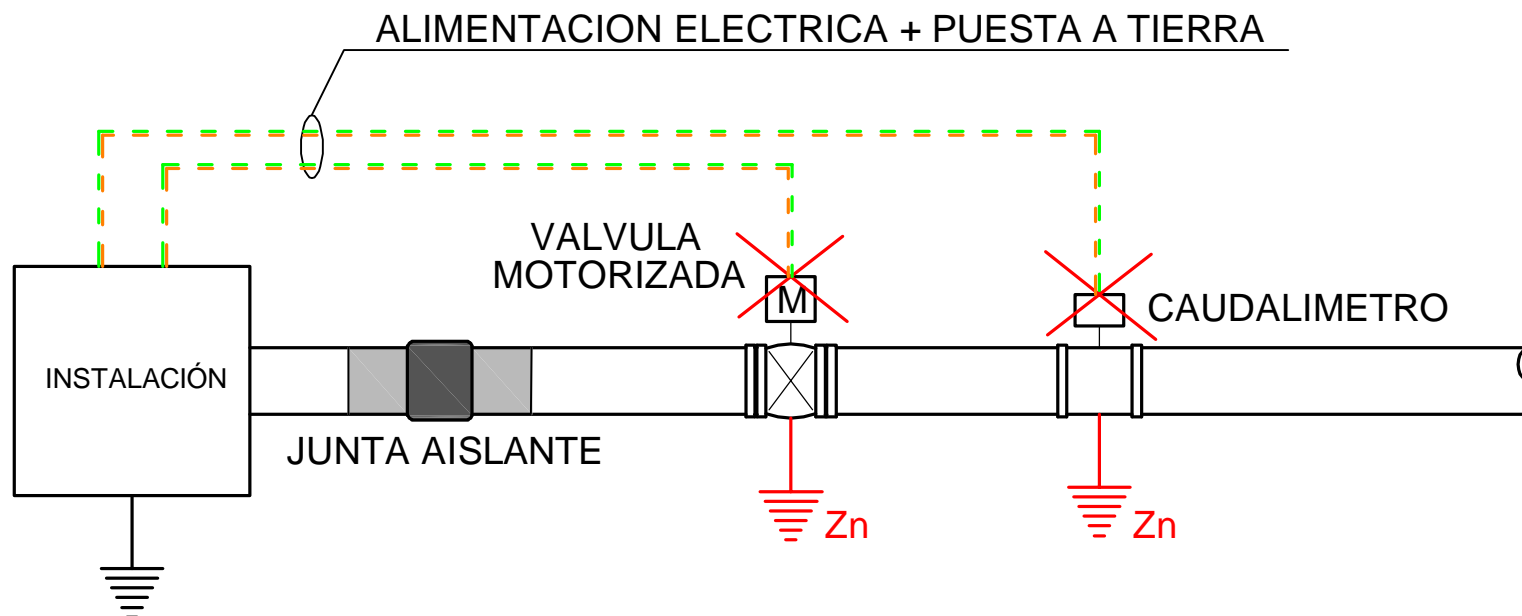
Tel: (+34) 93.219.4350
Fax: (+34) 93.219.4279

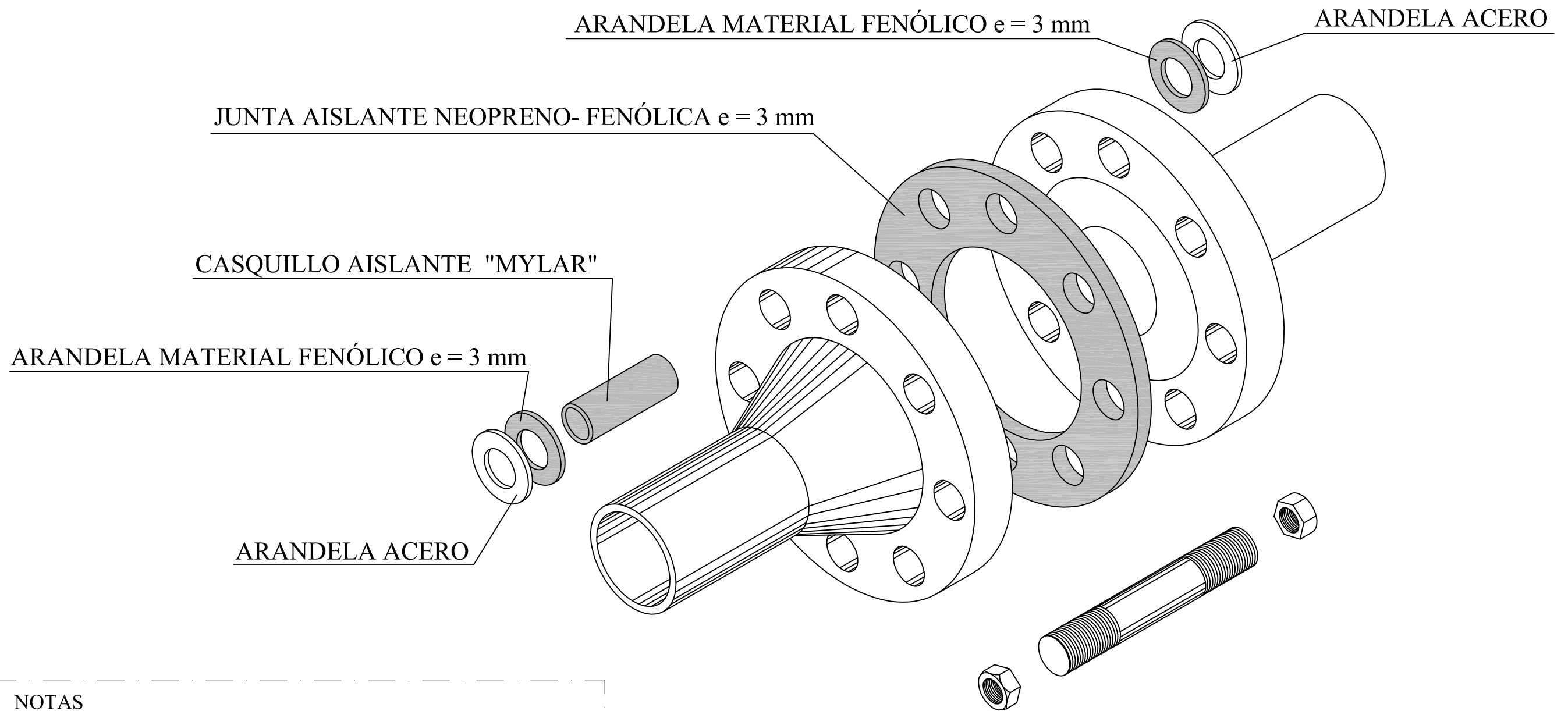
info@guldager.es
www.guldager.es

[illegible]

INSTALACION CORRECTA OPCION 2


**NO CONECTAR CONDUCTOR PUESTA A TIERRA EN ELEMENTOS ELECTROMECHANICOS
Y CONSTRUIR P.A.T. INDEPENDIENTE EN ZINC**

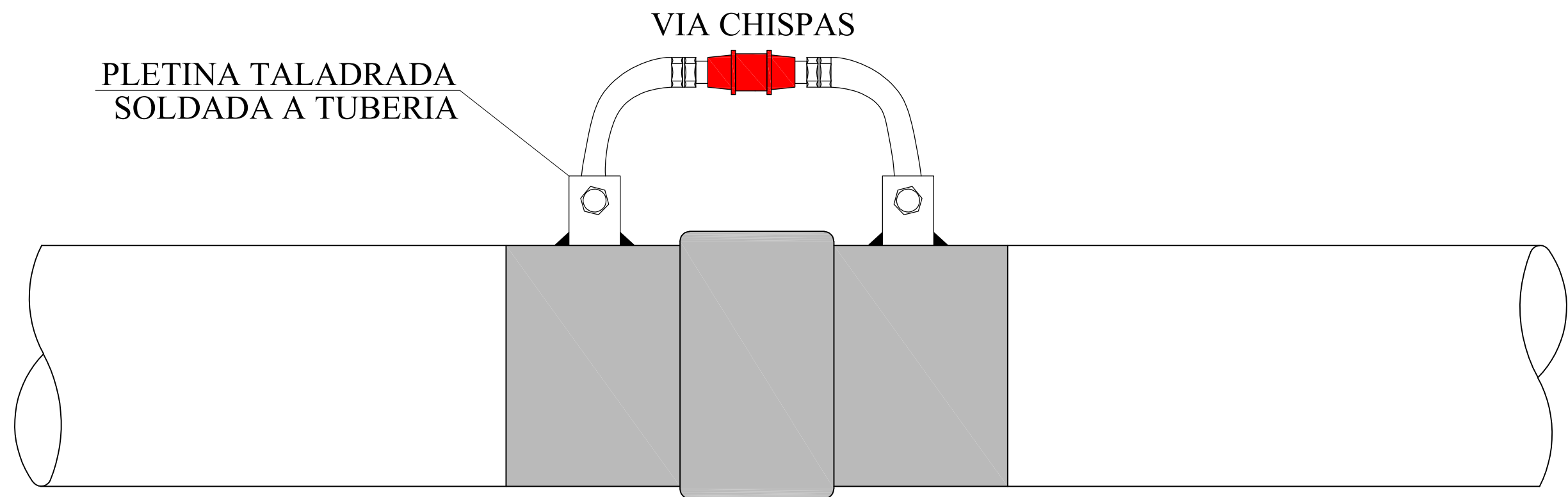




NOTAS

- NO SE SUMINISTRAN LAS BRIDAS METALICAS , NI LOS PERNOS Y TUERCAS, NI LAS JUNTAS DE GOMA.
- SE RECOMIENDA INSTALAR UNA JUNTA DE GOMA DE 3mm CON LA JUNTA CENTRAL
- PARA DIAMETROS SUPERIORES A 1000 mm LA JUNTA CENTRAL SE SUMINISTRA EN SECTORES

 W.W.I GULDAGER ELECTROLISIS,S.A					DESPIECE JUNTA AISLANTE EMBRIDADA TIPO E			
FECHA	DIB.	APROB.	REV		REF.	PLANO/NORMA CRA 302 A	HOJA N° 1 N° HOJAS 1	ESCALA
22-9-08	S.C.G.	JM.V.B.	1	REMARCAO PIEZAS				
18-03-09	M.D.A.	JM.V.B.	2	BRIDAS TIPO E CON TALADROS				
23-6-15	S.C.G.	JM.V.B.	3	CAMBIO MATERIALES				



										<i>W.W.I</i> <i>GULDAGER ELECTROLISIS, S.A</i>										INSTALACION DE VIA DE CHISPAS EN JUNTA AISLANTE MONOBLOC														
FECHA			DIB.			APROB.			REV.			Modificacion										REF.			PLANO/NORMA CRA 545				HOJA N°			ESCALA <div></div>		
23-9-13			S.C.G.			JM.V.B.			0																				N° HOJAS					

**guldager®
electrolisis**

REFERENCIAS

Nº	Título

NOTAS Y COMENTARIOS TÉCNICOS



0	25.04.18	Emitido para información	MDA	MDA	MDA	--	
Rev.	Fecha	Descripción	Por	Rev	Apro	Cliente	

Descripción:	
--------------	--

CABLE PUENTE EN VÁLVULAS DE CIONAMIENTO CON CARRETE DESMONTAJE

Pino N°:	CRA 533	Hoja N°:	1/1	Escala:	--	Rev:	0
----------	---------	----------	-----	---------	----	------	---

Torrent de l'Estadella, 41
08030 Barcelona, España
Tel: (+34) 93.219.4350
Fax: (+34) 93.219.4279
info@guldager.es
www.guldager.es



Management
Item
9001:2008

17. APÉNDICE 7.4.6: SISTEMAS WAX-TAPE



WIGE – IP 37

SISTEMAS WAX-TAPE®

PARA PROTECCIÓN DE TUBERÍAS AÉREAS,
ENTERRADAS, DE TRANSICIÓN, EN ACCESORIOS Y
SUPERFICIES IRREGULARES

Un Sistema Completo de Protección

Desde 1949 la Corporación **TRENTON** ha proporcionado excelentes sistemas de revestimientos anticorrosivos para una variedad de entornos. Un sistema completo de protección, compuesto por una selección de imprimaciones y cintas que trabajan juntos para proteger las infraestructuras del Cliente.



TRENTON Wax-Tapes®

Al seleccionar un sistema anticorrosivo es importante entender las características y beneficios del Sistema **Wax-Tape**. El concepto de revestir una tubería o instalación mediante una cinta gran espesor, aplicada de forma continua, es aún ajena a algunas personas. El hecho de que las cintas no sean sólidas, a veces hace que sea difícil entender cómo pueden proteger durante tanto tiempo. De hecho, las cintas son una mejor protección que la pintura, además de no requerir la preparación de superficie que necesitan pinturas y epoxis.

Las cintas **Wax-Tape** son a base de **ceras microcristalinas** de gran espesor, sin relleno. Esto significa que se ajustan a todos los accesorios irregulares proporcionando una excelente protección.

v. 2/05.15

1/5

GULDAGER ELECTRÓLISIS, S.A. – Tel. 93 219 43 50 – Fax 93 213 42 79 – www.wilsonwalton.es – guldager@wilsonwalton.es



Que son las “Ceras Microcristalinas”?

Las ceras microcristalinas tienen su origen en el De-cerado del petróleo.

El **De-Cerado** es un producto de la extracción por solvente del crudo, obteniéndose principalmente en el fondo de tanques de crudo (decantación).

Uno de sus principales sub-productos es la **Cera Microcristalina**.

Un Mundo de Aplicaciones

- ✓ Estructuras enterradas o aéreas
- ✓ Tuberías
- ✓ Válvulas
- ✓ Bridas
- ✓ Soldaduras
- ✓ Interior arquetas
- ✓ Derivaciones
- ✓ Carretes de desmontaje
- ✓ Transiciones aéreas-enterradas
- ✓ Superficies irregulares

Muchas de las empresas que aplican el Sistema Wax-Tape, han encontrado muchos otros usos para éste sistema.

A medida que más empresas tomen conocimiento de los productos Wax-Tape, nuevas e innovadoras aplicaciones serán descubiertas

La **Cera Microcristalina** imprime un filtro de espesor homogéneo, sin porosidades resistentes a la punción y adaptable a cualquier tipo de superficies irregulares, también posee el mayor nivel de refinación de este tipo genérico de productos, con alto peso molecular y sin carga, lo que le permite convertirse en un excelente inhibidor de la corrosión.

Las cintas de **Cera Microcristalina** se han estado utilizando exitosamente durante los últimos 60 años en la protección de estructuras enterradas, aéreas y sumergidas. Están compuestas de materiales inertes que no se deterioran ni cambian de aspecto físico con el tiempo. Su composición química, así como los inhibidores de la corrosión incorporados en su fabricación, entregan excelentes resultados.

Ventajas del Sistema Wax-Tape[®]

- ✓ No requiere de mano de obra especializada para su aplicación.
- ✓ No se necesitan equipos especiales para su instalación.
- ✓ La preparación de superficie es simplificada: No requiere limpieza a metal blanco o casi-blanco.
- ✓ No requiere de ventilación para su aplicación.
- ✓ Puede ser aplicado con la superficie húmeda.
- ✓ No hay necesidad de esperar a que la temperatura ambiental sea caliente o seca.
- ✓ No requiere de tiempos de curado.
- ✓ Penetra el óxido superficial.
- ✓ Se amolda a cualquier superficie.
- ✓ Resistente a químicos y bacterias comúnmente encontradas en el suelo.
- ✓ Compatible con la protección catódica.
- ✓ Compatible con otros revestimientos.

Tipos de Sistemas

Los Sistemas Wax-Tape se dividen en dos (2) categorías: Para estructuras enterradas se utiliza el **Sistema #1 Wax-Tape**, mientras que para estructuras aéreas aplica el **Sistema #2 Wax-Tape**.



**Sistema #1 Wax-Tape
Estructuras Enterradas o
en Transición Aéreo-
Enterrada**

Este sistema comprende tres (3) capas: Una primera capa de imprimación, una segunda de cinta microcristalina (recubrimiento wax-tape #1) y una tercera de revestimiento (protección mecánica). Para esta última capa existen diversas opciones a elegir.

**Sistema #2 Wax-Tape
Estructuras Aéreas**

Este sistema comprende dos (2) capas: Una primera capa de imprimación y una segunda de cinta microcristalina (recubrimiento wax-tape #2 o #2A).



Componentes

Imprimadores (un primer paso importante)

Los imprimadores de Trenton son una de las razones claves por la que los Sistemas Wax-Tape son tan eficaces en la prevención de la corrosión. Los imprimadores penetran en la superficie oxidada, desplazando la humedad existente, entregando un excelente patrón de anclaje a la cinta Wax-Tape.

Cintas Microcristalinas

Las cintas Wax-Tapes #1 y #2 (y la versión para alta temperatura HT-3000) se componen de ceras microcristalinas, plastificadores e inhibidores de corrosión (sin relleno de arcilla), saturados en una tela sintética no tejida, formando una envoltura protectora.

Disponible en diversos anchos.

Revestimientos (Protección Mecánica)

Para estructuras enterradas, las condiciones existentes hacen que el Sistema #1 Wax-Tape considere una protección mecánica. Trenton ofrece una amplia gama de revestimientos con el fin de satisfacer las necesidades de cada situación:



Guard-Wrap™: Revestimiento de poliéster, saturado de cera microcristalina, unido y laminado. Su composición la hace ideal para envolver accesorios.

Poly-Ply™: Revestimiento plástico compuesto de 3 membranas de 0,5 mm de plástico transparente de polivinilideno y cloruro, unidos en una sola lámina. Proporciona una barrera mecánica y eléctrica lo suficientemente flexible como para ajustarse a las superficies irregulares.

PVC Outerwrap: Cinta de PVC con adhesivo de caucho sintético. La hace especialmente apta para secciones rectas (tuberías).

MC Outerwrap™: Revestimiento especial de curado rápido de resinas impregnadas en un tejido de poliéster. Está diseñado específicamente como un "escudo protector" dónde las exigencias mecánicas son importantes.

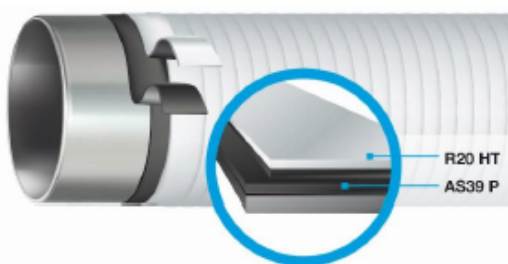
18. APÉNDICE 7.4.7: CINTA DENSOLEN

DENSOLEN®-AS39 P/-R20 HT

Hoja técnica



Ventajas especiales:



- Para temperaturas de hasta +85°C (+185 °F).
- Excelente protección mecánica y anticorrosiva.
- Desde hace más de 30 años con un sólido historial de miles de kilómetros de conducciones en todo el mundo.
- Cumple los requisitos de la EN 12068-C50, DIN 30672-C50 y ISO 21809-3; clase 12A-1.
- Cinta tri-capa realmente coextruida, como capa interior y cinta de dos cintas como capa exterior.
- Compatible con revestimientos de fábrica de PE, PP, FBE, PU, CTE y bitumen.

Sistema de dos cintas para el recubrimiento de protección anticorrosiva de tuberías metálicas y conducciones según DIN 30672, EN 12068 y ASTM. Para condiciones de corrosión y cargas mecánicas extremas – Sistema de protección contra la corrosión con un historial probado de muchos miles de kilómetros de construcción y rehabilitación de tuberías en todo el mundo.

Desde hace un siglo, DENSO Group Germany es sinónimo de experiencia, calidad y fiabilidad para la protección anticorrosiva y la construcción de carreteras. El éxito de esta Empresa líder a nivel internacional se basa en la innovación patentada ya en 1927 de la „Cinta DENSO“, el primer producto en todo el mundo para la protección pasiva contra la corrosión de tuberías. Desde entonces, DENSO Group Germany establece y garantiza los máximos estándares de calidad con productos técnicamente avanzados. La investigación, el desarrollo y la producción se llevan a cabo exclusivamente en Alemania. En cooperación individualizada con el cliente, nuestros empleados llevan a cabo soluciones duraderas y personalizadas de forma permanente.

Descripción

DENSOLEN®-AS39 P/-R20 HT es un sistema de dos cintas de procesamiento en frío para la protección anticorrosiva de tubos de metal y tuberías bajo condiciones de corrosión y cargas mecánicas extremas. Gracias a la fórmula innovadora, las cintas se cierran completamente en la zona de solape y forman un recubrimiento tubular resistente. El sistema

DENSOLEN®-AS39 P/-R20 HT se ha probado en todo el mundo en numerosos proyectos de construcción y dispone de numerosas homologaciones por parte de operadores de redes de tuberías como por ejemplo la Indian Oil Corporation Ltd.

DENSOLEN®-AS39 P/-R20 HT es prácticamente impermeable al vapor de agua y al oxígeno, y es resistente frente a las bacterias del suelo y los electrolitos.

DENSOLEN®-AS39 P/-R20 HT es compatible con envolturas de fábrica hechas en PE, PP, FBE, PU y bitumen.

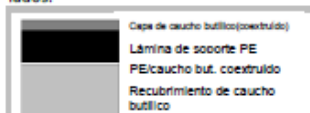
El sistema **DENSOLEN®-AS39 P/-R20 HT** se compone de:

DENSOLEN®-HT Primer

Una capa de fondo con disolvente conforme a EN 12068 y DIN 30672 para la protección anticorrosiva con bandas **DENSOLEN®**.

DENSOLEN®-AS39 P

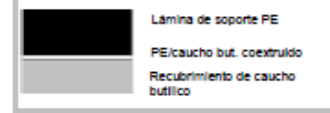
Una cinta de plástico realmente coextruida de 3 capas hecha en material estabilizado de base de polietileno con adhesivo de caucho butílico por ambos lados.



DENSOLEN®-AS39 P

DENSOLEN®-R20 HT

Una cinta de plástico realmente coextruida de 2 capas hecha en una lámina estabilizada de base de polietileno con adhesivo de caucho butílico por ambos lados. La unión excelente entre el adhesivo y la lámina de soporte se garantiza con la capa intermedia coextruida. La capa adhesiva se cierra completamente con la capa exterior de **DENSOLEN®-AS39 P**.



DENSOLEN®-R20 HT



www.denso-group.com

Propiedades típicas

Propiedad	Unidad	Valor típico DENSOLEN®-AS39 P	Valor típico DENSOLEN®-R20 HT	Norma
Color de la lámina portante	-	negro	blanco, negro o azul	-
Color interior del adhesivo de butilo	-	gris	negro	-
Color exterior del adhesivo de butilo	-	negro	-	-
Espesor total	mm	≥0,8	≥0,5	ISO 4591 ASTM D1000
Espesor aprox. lámina portante	mm	≥0,28	≥0,3	
Espesor aprox. de capa int. del adhesivo	mm	≥0,44	≥0,2	
Espesor aprox. de capa ext. del adhesivo	mm	≥0,08	-	
Alargamiento de rotura	%	≥600	≥550	DIN 30672
Resistencia al desgarre	+23°C (+73°F) N / cm	≥100	≥65	EN 12068
Resistencia dieléctrica	kV / mm	≥40	≥35	DIN 53481
Absorción de agua	+23°C (+73 F) 1 día/30 días	%	≤0,1/±0,4	DIN 53495 ASTM D570
Temperatura de fragilidad	°C (°F)	-46±4 (-50,8±7,2) -58±4 (-72,4±7,2)	-46±4 (-50,8±7,2) -58±4 (-72,4±7,2)	DIN 53372 GOST 10354

DENSOLEN®-AS39 P/R20 HT con DENSOLEN®-HT Primer

Propiedad	Unidad	Valor típico DENSOLEN®-AS39 P/R20 HT	Valor requerido	Norma
Resistencia eléctrica al aislamiento	Ohm m²	≥10 ¹⁰	≥10 ⁸	EN 12068
Resistencia de paso	Ohm cm	≥10 ¹⁵	s.l.	DIN 53482 ASTM D257
Resistencia de pelar Metal/imprimación/cinta	N / cm	+23°C (+73°F) ≥25 +50°C (+122 °F) ≥3	+23°C (+73°F) ≥10 +50°C (+122°F) ≥1	EN 12068
Resistencia de pelar capa-capa AS39P/AS39P	N/10 mm	≥45	s.l.	ASTM D1000
AS39P/R20HT		+23°C (+73°F) ≥30 +50°C (+122 F) ≥4	≥15	EN 12068
R20HT/R20HT		≥30	≥2	
		≥3	≥2	
Resistencia a la penetración - grosor de capa remanente con carga del punzón 10N/mm², (Ø de punzón 1,8 mm)	mm	+50°C (+122 F) ≥1,1	≥0,6	EN 12068
Resistencia al impacto	J	≥16	≥15	EN 12068
Resistencia contra despegado catódico	mm	<6	<20	EN 12068
Resistencia a la tracción y al cizallamiento en acero	N/cm²	+23°C (+73°F) ≥15	5	EN 12068
en recubrimiento de fábrica PE		≥15	5	

Las cintas **DENSOLEN®** se pueden aplicar fácilmente con la mano. El procesamiento es aún más eficiente con las encintadoras originales **DENSOMAT®**. Con las cintas **DENSOLEN®** de anchos >50 mm se recomienda el uso de una encintadora **DENSOMAT®** con el fin de garantizar una calidad de procesamiento excelente y uniforme.

Suministro y embalaje

		Ancho [mm]	Largo [m]	m²/ rollo	Contenido por caja			
					Rollos	m²	ml	kg (aprox.)
DENSOLEN®-AS39 P	Ø de centro 41 mm	50	15	0,75	12	9	180	9,0
		100	15	1,5	6	9	90	10,2
		150	15	2,25	6	13,5	90	13,0
	Ø de centro 78 mm	100	70	7	3	21	210	19,0
		150	70	10,5	2	21	140	19,0
		150	70	10,5	2	21	140	13,0
DENSOLEN®-R20 HT	Ø de centro 41 mm	50	30	1,5	12	18	360	11,0
		100	30	3,0	6	18	180	11,0
		150	30	4,5	6	27	180	17,0
	Ø de centro 78 mm	100	70	7	3	21	210	13,0
		150	70	10,5	2	21	140	13,0
		150	70	10,5	2	21	140	13,0

Otras dimensiones a consultar!

Almacenamiento

DENSOLEN®-AS39 P/R20 HT puede almacenarse en su embalaje original sin abrir al menos 60 meses a partir de la fecha de fabricación.

Temperatura de almacenamiento: ≤ +50 °C (+122 °F)

Almacenar siempre en seco y sin carga sobre el lado frontal.

DENSO GmbH

P.O. Box 150120 | 51344 Leverkusen | Germany
Phone: +49 214 2602-0
www.denso-erosa.com | info@denso-erosa.com

Nuestras hojas técnicas, manuales de aplicación y demás folletos aconsejan según
nuestros mejores conocimientos en el momento de su impresión.
Aún así, el contenido no implica ninguna obligación legal.
Valen únicamente nuestras condiciones generales de venta que puede
encontrar en su versión más actual en nuestra página www.denso-group.com.
En caso de haber discrepancias o si hubiera alguna disputa en cuanto a la
interpretación de esta información de producto, será decisivo únicamente el
texto original de la información en alemán, más allá de cualquier otro idioma.

El usuario tiene la obligación de comprobar la idoneidad de los productos y las
posibilidades de aplicación para los fines previstos. Esto es una traducción de la
hoja técnica original alemana, de manera conforme al sentido.
En caso de haber discrepancias o si hubiera alguna disputa en cuanto a la
interpretación de esta información de producto, será decisivo únicamente el
texto original de la información en alemán, más allá de cualquier otro idioma.