



c/ Isidre Valls nº 5.
AD600. Sant Julià de Lòria.
Principat d'Andorra.
Tlf: +376 842805

Evaluación del estado estructural de los puentes del Principado de Andorra frente al ataque por cloruros provenientes de las sales de deshielo

J.L. González Brunat
AUREA Enginyeria, Principat d'Andorra.
jlgb@aurea.ad

TRABAJO REALIZADO EN EL MARCO DEL PROGRAMA D'ACTUACIONS DE **MANTENIMENT PREVENTIU**
DESENVOLUPAT PEL **MINISTERI D'ECONOMIA I TERRITORI** AL LLARG DE L'EXERCICI 2013.

CONGRES DE VIALITAT HIVERNAL
2-6 FEBRER 2014
PRINCIPAT D'ANDORRA



c/ Isidre Valls nº 5.
AD600. Sant Julià de Lòria.
Principat d'Andorra.
Tlf: +376 842805

OBJETO

**CONOCER LA EVOLUCION DE LOS PROCESOS DE CORROSIÓN POR CLORUROS
Y CARBONATACIÓN EN LAS OBRAS DE FÁBRICA DEL PRINCIPADO DE
ANDORRA**

**IDENTIFICAR Y REFLEXIONAR SOBRE LES FACTORES M ÁS INFLUYENTES EN EL
PROCESO CON OBJETO DE DISEÑAR POLÍTICAS DE M ANTENIM IENTOS
PREVENTIVOS**



M ETODOLOGIA Y ALCANCE

1. ELECCIÓN DEL PARQUE DE PUENTES A ESTUDIAR:

8 PUENTES DE ENTRE 9 Y 44 AÑOS DE EDAD EN ZONAS CON ALTA INTENSIDAD DE TRÁFICO.

2. OBTENICIÓN DE LOS TESTIGOS DE HORMIGON

DE 4 A 10 TESTIGOS POR PUENTE.

TOTAL: 48 TESTIGOS DE 90 mm de DIAMETRO y 150 mm DE PROFUNDIDAD

3. REALIZACION DE LOS ENSAYOS DE Ph y CONTENIDO DE CLORUROS

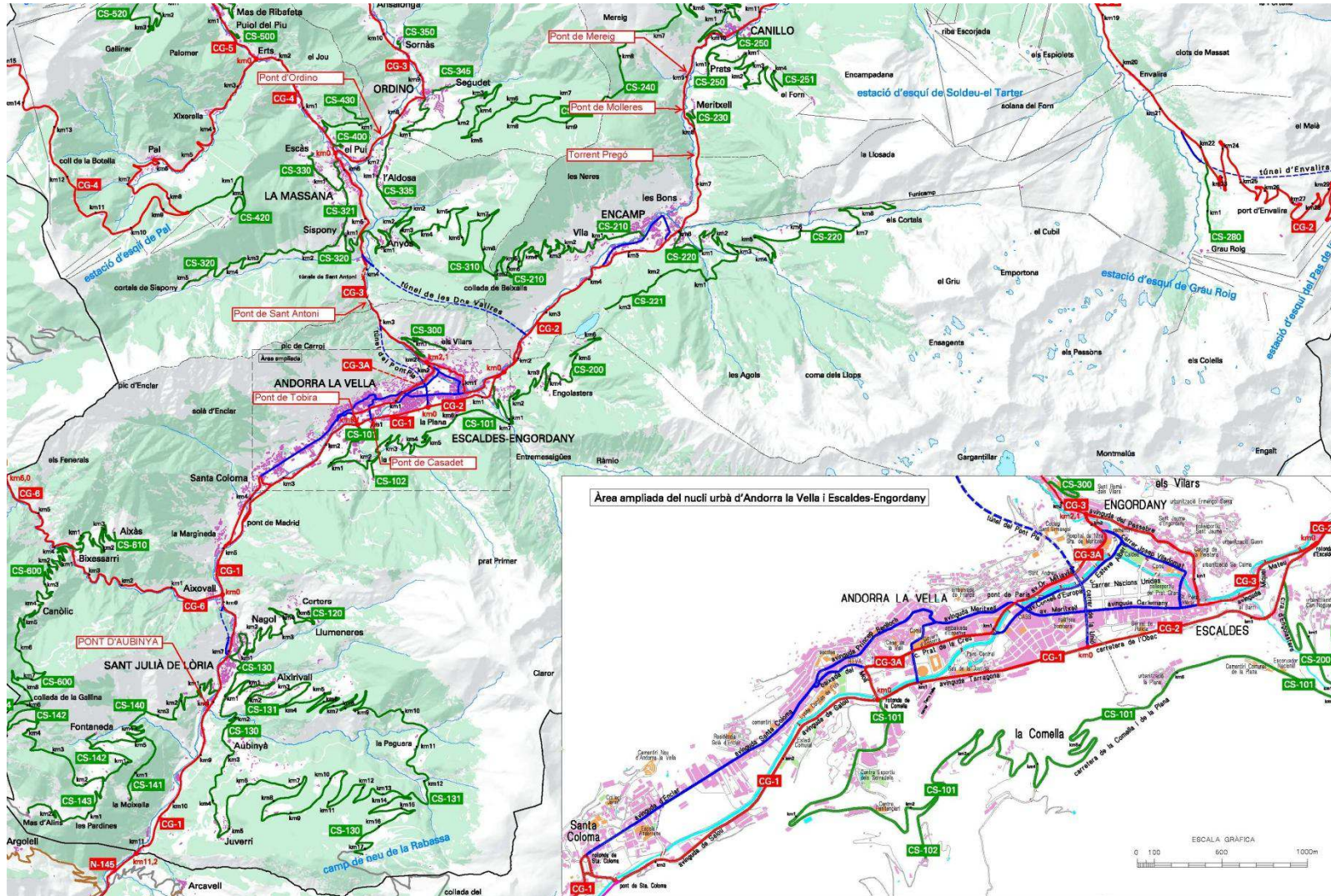
PROFUNDIDADES DE CONTROL: 1 cm, 2 cm, 3,5cm, 5,5 cm y 10 cm

4. REALIZACIONES DE ENSAYO DE ROTURA A COMPRESION DEL HORMIGON



c/ Isidre Valls nº 5.
AD600. Sant Julià de Lòria.
Principat d'Andorra.
Tlf: +376 842805

PARQUE DE PUENTES ESTUDIADOS: SITUACIÓN





PARQUE DE PUENTES ESTUDIADOS

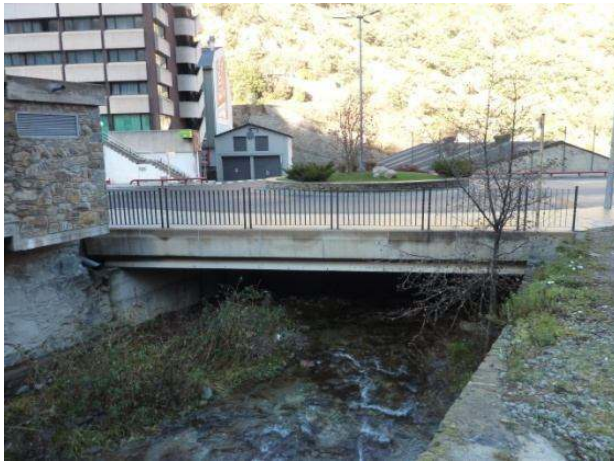
CUADRO DE CARACTERÍSTICAS

Nombre	Localización		Tipología	Edad (años)	Luz (m)	Ancho (m)	Testigos
	Crta.	Z(m)					
Pont d'Aubinyà	CG1 Pk 8+120	890	Puente de bigas doble T a tope	10	10	34	6 ut's
Pont de Tobira	CG1 Pk 1+250	995	Puente de bigas U ampliado por ambos lados con vigas doble T	ORIGINAL:37 AMPLIACIÓN: 9	23	25+13+30	10 ut's
Pont de Casadet	CG1 Pk 1+020	995	Losa postesada construida en 1969	44	23	11	4 ut's
Pont de St. Antoni	CG3. Pk 3+600	1140	Puente de bigas doble T construido en 1983	30	24	15	4 ut's
Pont d'Ordino	CG3. Pk 7+450	1260	Puente de bigas doble T construido en 1985	28	14	21	4 ut's
Viaducte del Torrent Pregó	CG2. Pk 7+510	1400	Puente de 3 vanos de bigas prefabricadas en T construido en 1976	37	12+22+12	19	4 ut's
Pont nou de Molleres	CG2. Pk 8+370	1410	Losa postesada de 4 vanos construida en 1988	25	18+29+19+14	18,1	8 ut's
Pont nou de Mereig	CG2. Pk 9+050	1480	Losa postesada de 2 vanos construida en 1984	29	23+23	20	8 ut's



c/ Isidre Valls nº 5.
AD600. Sant Julià de Lòria.
Principat d'Andorra.
Tlf: +376 842805

PARQUE DE PUENTES ESTUDIADOS (I)





c/ Isidre Valls nº 5.
AD600. Sant Julià de Lòria.
Principat d'Andorra.
Tlf: +376 842805

PARQUE DE PUENTES ESTUDIADOS (II)





RESULTADOS DE LABORATORIO

10 y 30 AÑOS DE EDAD

Pont Aubinyà			
Edad: 10 años; Hormigón de proyecto: $f_{ck}=25$ MPa ; Dosificación (est): $c = 275$ Kg/m ³ Tamaño de la muestra: 6 testigos			
Profundidad (cm)	Ph (min – med – máx)	[Cl] _c (min – med – max)	f_{cm} (MPa) (min - med – max)
1,0	10,2 – 10,80 – 11,39	0,17 – 0,42 – 0,85	29,9 - 34,8 - 39,8
2,0	10,31 – 10,90 – 11,66	0,17 – 0,42 – 0,85	
3,5	10,55 – 10,74 – 11,33	0,17 – 0,42 – 0,76	
5,5	10,48 – 11,02 – 11,51	0,17 – 0,51 – 0,85	
10,0	10,34 – 10,86 – 11,35	0,17 – 0,59 – 1,01	

Pont de St Antoni			
Edad: 30 años; Hormigón de proyecto: $f_{ck}=27$ MPa ; Dosificación: $c= 350$ Kg/m ³ Tamaño de la muestra: 4 testigos			
Profundidad (cm)	Ph (min – med – máx)	[Cl] _c (min – med – max)	f_{cj} (MPa) (min - med – max)
1,0	8,87 – 8,93 – 8,96	0,26 – 0,47 – 0,74	29,9 - 32,80 - 34,7
2,0	8,96 – 9,25 – 9,94	0,26 – 0,60 – 0,87	
3,5	8,89 – 9,02 – 9,33	0,26 – 0,74 – 1,28	
5,5	8,90 – 9,00 – 9,16	0,26 – 0,74 – 1,28	
10,0	8,96 – 9,07 – 9,26	0,29 – 0,67 – 1,00	



RESULTADOS DE LABORATORIO

37 y 44 AÑOS DE EDAD

Viaducto Torrent Pregó Edad: 37 años; Hormigón de proyecto: $f_{ck}=32,5$ MPa ; Dosificación: $c= 400$ Kg/m ³ Tamaño de la muestra: 4 testigos			
Profundidad (cm)	Ph (min – med – máx)	$[Cl^-]_c$ (min – med – max)	f_{cj} (MPa) (min - med – max)
1,0	9,14 – 9,43 – 9,90	0,23 – 0,58 – 0,88	31,9 - 35,10 - 37,5
2,0	9,06 – 9,40 – 10,03	0,12 – 0,35 – 0,65	
3,5	9,31 – 9,64 – 10,06	0,23 – 0,41 – 0,65	
5,5	9,52 – 9,83 – 10,64	0,23 – 0,53 – 1,06	
10,0	9,40 – 10,12 – 11,35	0,23 – 0,29 – 0,41	

Pont de Casadet Edat: 44 anys; Hormigón de proyecto (estimado) : $f_{ck}=40$ MPa ; Dosificación: $c=400$ Kg/m ³ Tamaño de la muestra: 4 testigos			
Profundidad (cm)	Ph (min – med – máx)	$[Cl^-]_c$ (min – med – max)	f_{cj} (MPa) (min - med – max)
1,0	9,51 – 9,98 – 10,80	0,64 – 0,65 – 0,70	47,4 - 57.6 - 69,5
2,0	9,67 – 10,03 – 10,51	0,53 – 0,76 – 1,23	
3,5	9,75 – 10,02 – 10,42	0,11 – 0,59 – 1,23	
5,5	9,84 – 10,10 – 10,33	0,35 – 0,47 – 0,59	
10,0	9,89 – 10,39 – 11,15	0,35 – 0,47 – 0,53	



ANÁLISIS DE RESULTADOS RECOMENDACIONES Y REGLAMENTOS

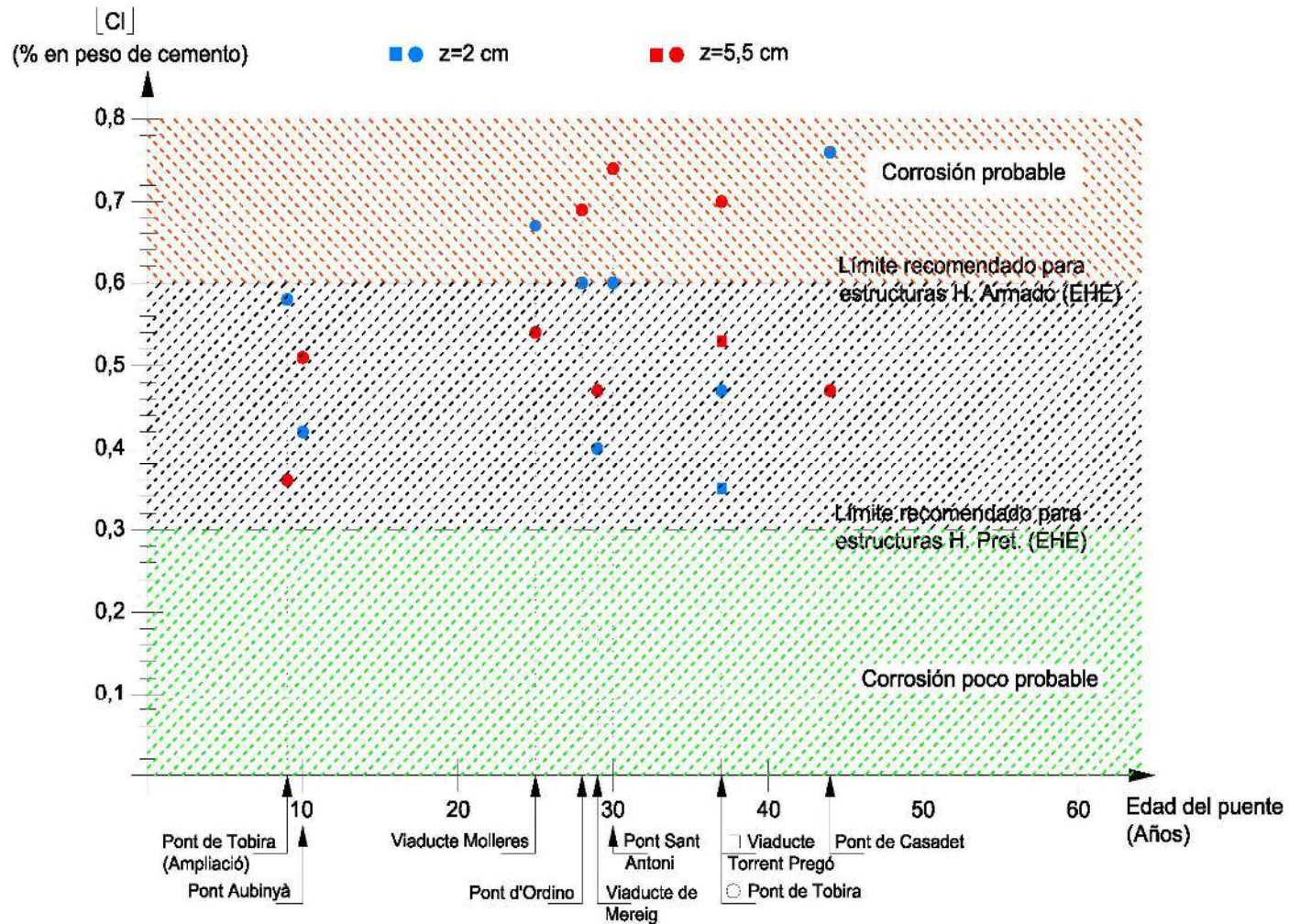
Reglamento	País	Hormigón Armado	Hormigón Pretensado
Instrucción de Hormigón Estructural (Contenido inicial en el hormigón)	España	0.4 %	0.2 %
Instrucción de Hormigón Estructural (verificación del Estado Límite Anejo nº9)	España	0.6%	0.3%
Guía de Durabilidad CEB – 1995	Europa	0.4 %	0.2 %
Guía de Durabilidad ACI 222.R – 2011	USA	0.08 %	0.06 %
Reglamento de diseño ACI 318	USA	0.16 %	0.06 %

Reglamento	País	Relación a/c		Contenido de cemento (Kg cem./m ³ hormigón)
Instrucción de Hormigón Estructural	España	H.A	0.5	325
		H.P	0.45	
Guía de Durabilidad CEB – 1995	Europa	H.A	0.55	300
		H.P	--	
Guía de Durabilidad ACI 222.R – 2011	USA	0.4		--
Reglamento de diseño ACI 318	USA	0.4		--



ANÁLISIS DE RESULTADOS (I)

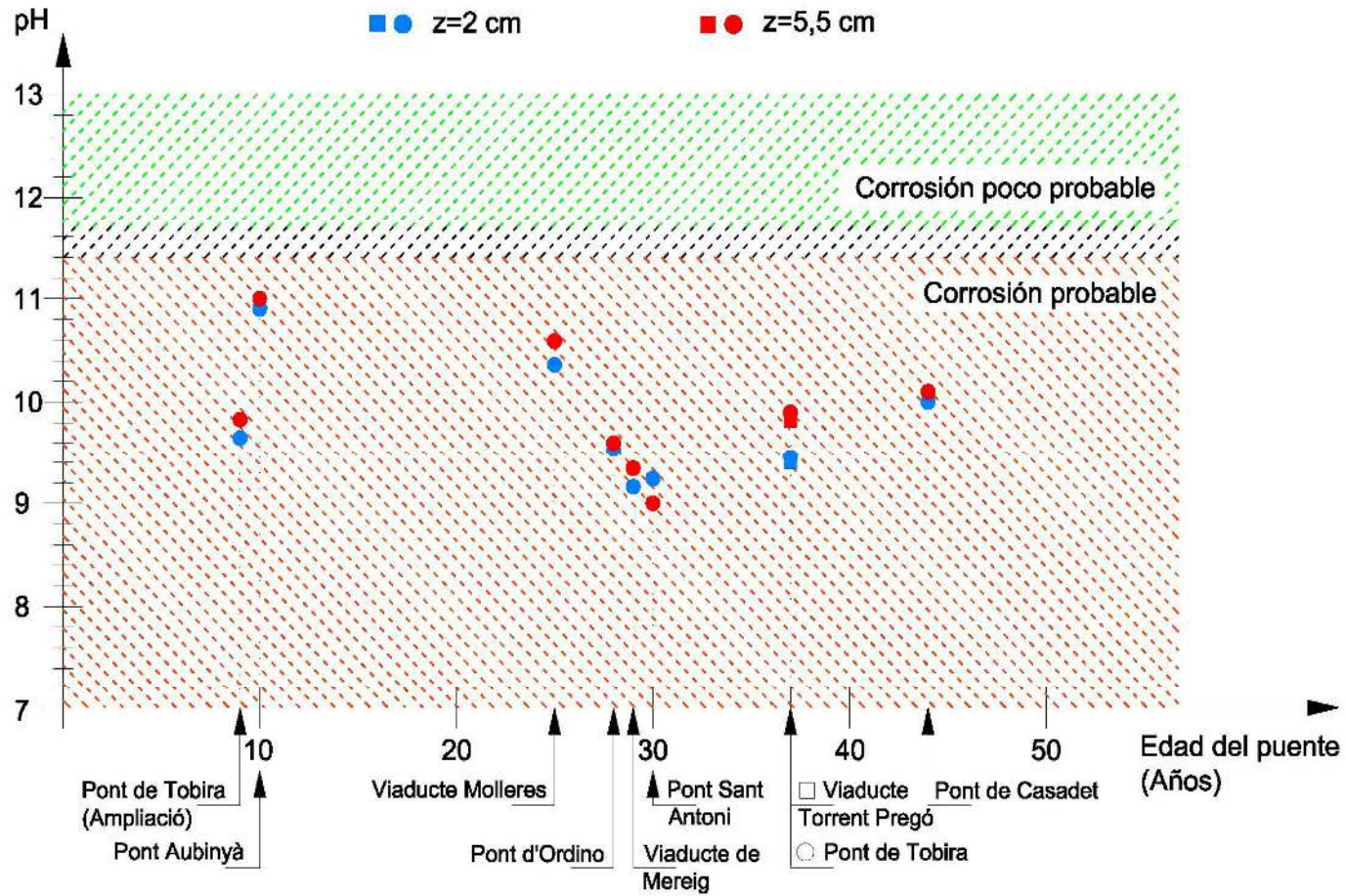
Contenido de Cloruros en % peso de cemento





ANÁLISIS DE RESULTADOS (II)

Alcalinidad del medio (pH)





RECOMENDACIONES

Etapa	Factor influyente	Medida preventiva / correctiva	Agente
Proyecto	Contenido de cloruros inicial	<ol style="list-style-type: none"> 1. Limitar el contenido de cloruros inicial. 2. Armaduras protegidas en zonas especialmente expuestas 	Proyectista, Propiedad.
	Contenido de cloruros externos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Extremar los detalles en el diseño de la plataforma: protección zonas expuestas, drenajes, impermeabilización,.... 2. Parámetros de dosificación estrictos. 3. Recubrimientos generosos. 4. Revestimientos de protección en zonas especialmente expuestas. 5. Protección catódica preventiva. 	Proyectista, Propiedad
	Acceso agua y oxígeno.		
Construcción	Todos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realización de pruebas de control de calidad correspondientes. 2. Esmerar la ejecución. 	Director de Obra, Propiedad. Director de Obra, Constructor.
Explotación y Mantenim.	Todos	<ol style="list-style-type: none"> 1.Prácticas de vertido de sales controladas. 2.Políticas de mantenimiento: Inspección visual, técnicas electroquímicas de detección. 3.Protección catódica correctiva. 4.Realcalinización. 5.Extracción electroquímica de cloruros. 	Propiedad. Empresas espec.



ESTRATEGIAS DE PREVENCIÓN

1. PROYECTO

PARÁMETROS DE DOSIFICACIÓN.

RECUBRIMIENTOS/ REVESTIMIENTOS DE PROTECCIÓN.

DETALLES DE PLATAFORMA: PROTECCIÓN, DRENAJE (CONDUCCIÓN EFICAZ)

PLAN DE MANTENIMIENTO

2. CONSTRUCCIÓN

CONDICIONES CONTRACTUALES.

CONTROLES DE EJECUCIÓN

DIRECCIÓN Y EJECUCIÓN

3. EXPLOTACIÓN - POLÍTICAS DE MANTENIMIENTO:

PREVENTIVO / CORRECTIVO - ORDINARIO / EXTRAORDINARIO



c/ Isidre Valls nº 5.
AD600. Sant Julià de Lòria.
Principat d'Andorra.
Tlf: +376 842805

CONCLUSIONES

- 1. EXPOSICION DE LAS OBRAS DE FÁBRICA A LA CORROSIÓN POR CLORUROS EN ENTORNOS DE ALTA MONTAÑA.**
- 2. SITUACION DE LOS PUENTES DEL PRINCIPADO DE ANDORRA.**
- 3. POLÍTICAS DE MANTENIMIENTO**

**PROYECTO
CONSTRUCCIÓN
EXPLOTACIÓN**

