



Strategies for Durability. The view of the Road Authority of Galicia



January 21st, 2011



Contents

1. General Aspects
2. The experience of the Arosa Island Bridge
3. Bridge Management and overall strategy for durability
4. Conclusions



Contents

1. General Aspects
2. The experience of the Arosa Island Bridge
3. Bridge Management and overall strategy for durability
4. Conclusions



1. GENERAL ASPECTS

Durability is a bridge lasting for centuries... provided that an adequate maintenance is done.





1. GENERAL ASPECTS

A bridge lasting for centuries but

- keeping the safety level above a threshold value;
- exhibiting a satisfactory serviceability; and



DURATINET. 21st January, 2011. Vigo

5



1. GENERAL ASPECTS

A bridge lasting for centuries but

- guaranteeing also safety of users.



DURATINET. 21st January, 2011. Vigo

6



1. GENERAL ASPECTS

- To ensure durability of existing structures is the cheapest strategy.



DURATINET. 21st January, 2011. Vigo

7



1. GENERAL ASPECTS

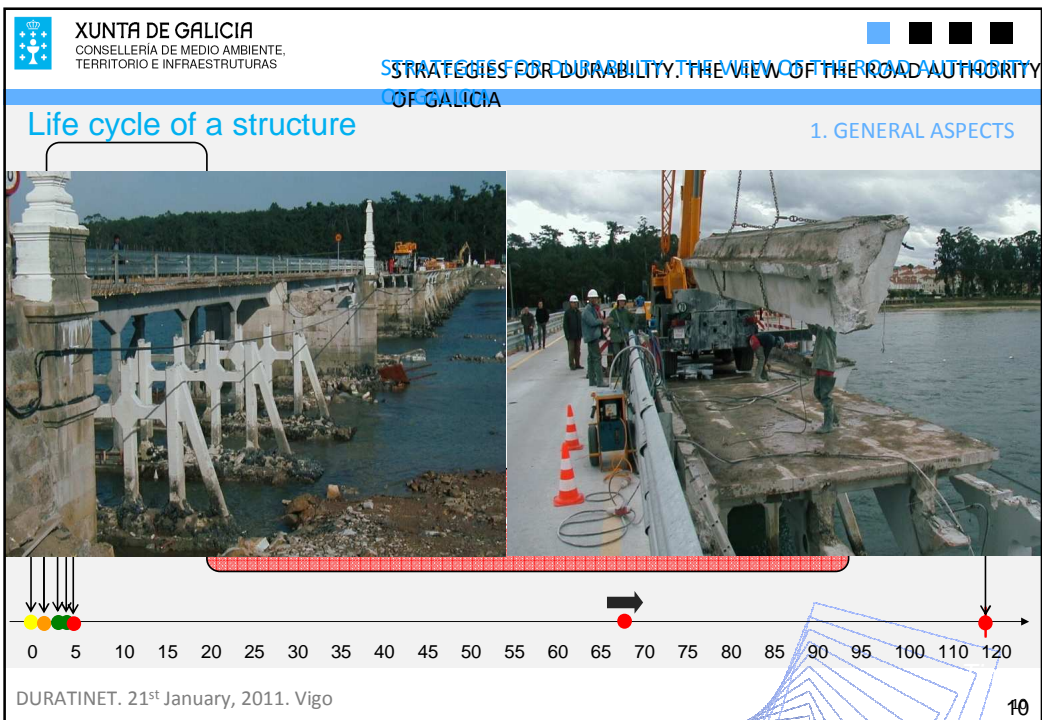
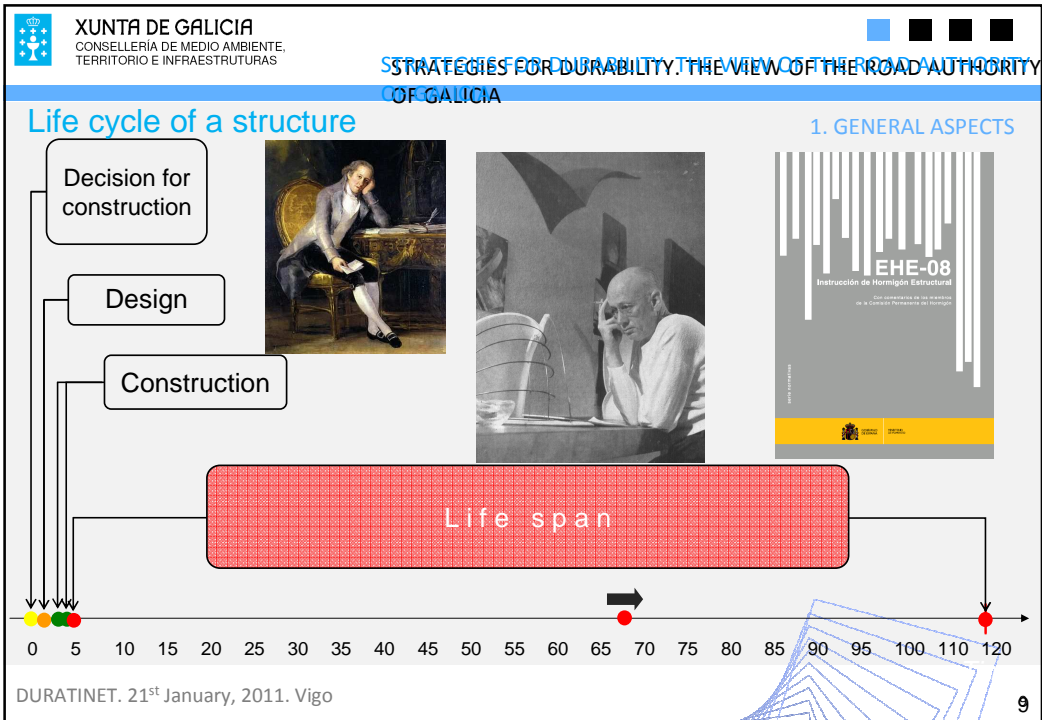
- Maintenance Engineering is the best way to ensure the sustainability of infrastructures



Puente de Minneapolis, 1 de agosto de 2007

DURATINET. 21st January, 2011. Vigo

8





Life cycle of a structure

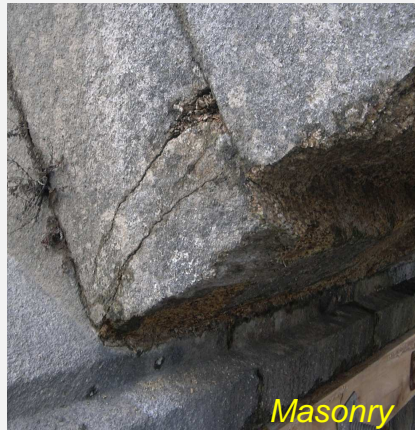
1. GENERAL ASPECTS



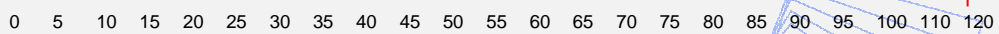
Concrete



Steel

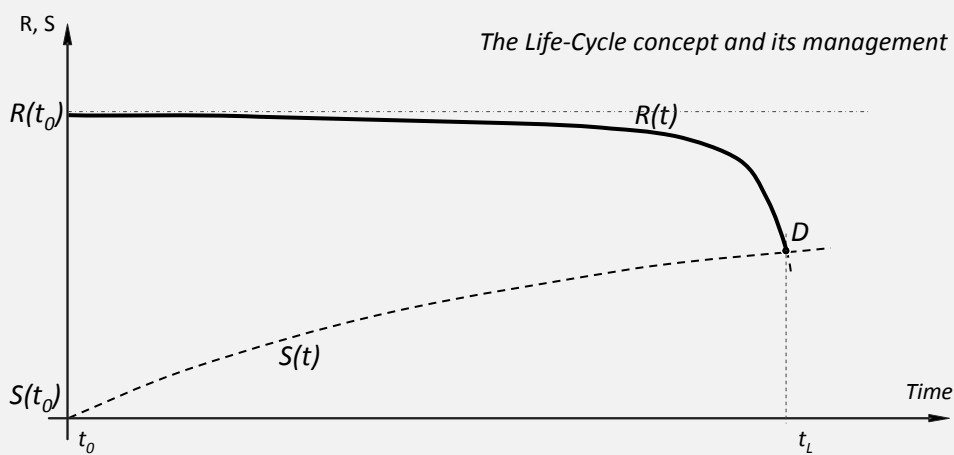


Masonry



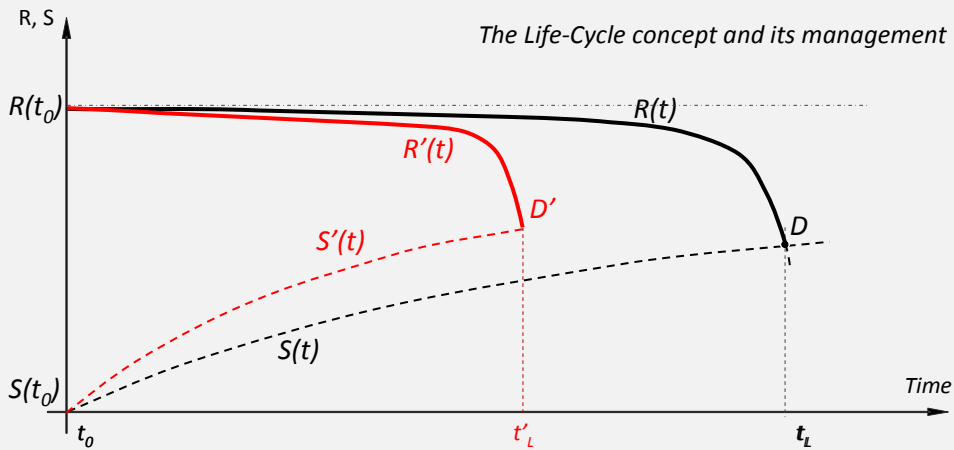
1. GENERAL ASPECTS

The Life-Cycle concept and its management

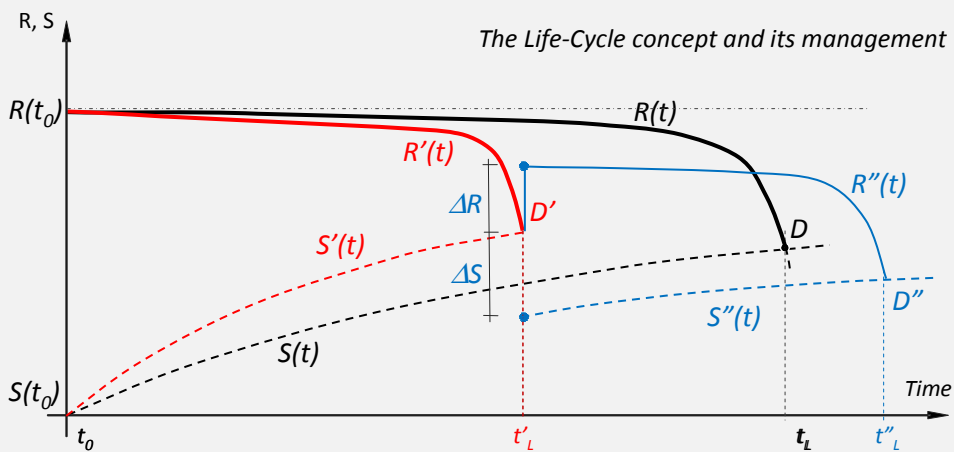


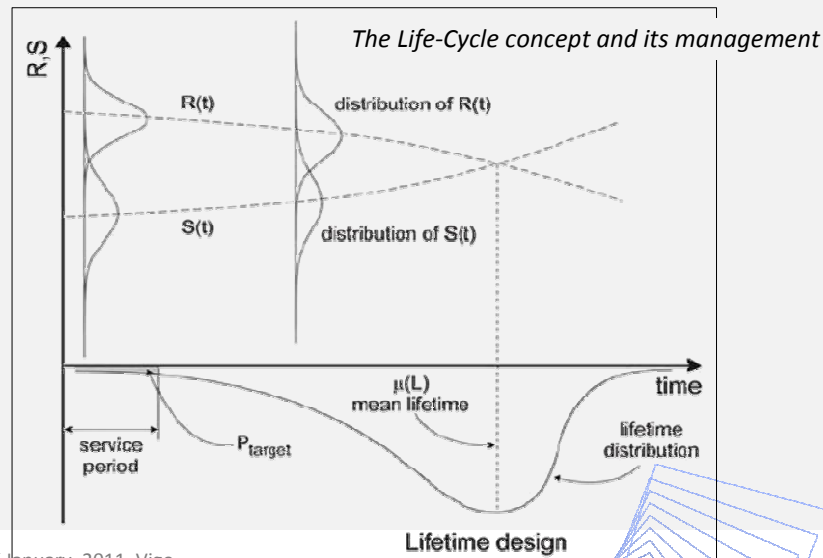


1. GENERAL ASPECTS



1. GENERAL ASPECTS





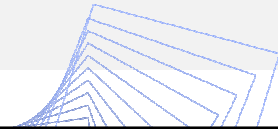
Contents

1. General Aspects
2. The experience of the Arosa Island Bridge
3. Bridge Management and overall strategy for durability
4. Conclusions



2. THE EXPERIENCE OF THE AROSA ISLAND BRIDGE

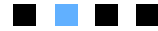
- Completed in 1985, the bridge was designed by Santiago Pérez-Fadón
- Continuous box girder $2 \times 40 + 38 \times 50 = 2,000$ m length (only end joints at the abutments). It is one of the longest bridges in Spain
- When the bridge was designed, CEB published the first Bulletin on durability. Standards and common practice did not pay special attention to cover, adequate selection of materials, and so on.



2. THE EXPERIENCE OF THE AROSA ISLAND BRIDGE

- In 2005, some almost negligible corrosion was detected. Nevertheless, the Xunta de Galicia decided to carry out a special inspection.





2. THE EXPERIENCE OF THE AROSA ISLAND BRIDGE

Condition of the bridge: corrosion in bottom, compressed faces



DURATINET. 21st January, 2011. Vigo



2. THE EXPERIENCE OF THE AROSA ISLAND BRIDGE

Condition of the bridge: 0.4 mm shear crack width, but no corrosion



DURATINET. 21st January, 2011. Vigo



2. THE EXPERIENCE OF THE AROSA ISLAND BRIDGE

Condition of the bridge: 0.4 mm shear crack width, but no corrosion



2. THE EXPERIENCE OF THE AROSA ISLAND BRIDGE

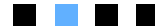
Condition of the bridge: 1.2 mm crack width (couplers), but no corrosion





2. THE EXPERIENCE OF THE AROSA ISLAND BRIDGE

- Condition of the bridge: Chloride contents between 0.8 and 1.35 (% in cement weight)
- Therefore, a short additional life-span could be expected
- A proactive attitude advised to repair before the costs would increase potentially



2. THE EXPERIENCE OF THE AROSA ISLAND BRIDGE

- A 21st Century repair deserved a modern method to provide an additional life-span. After an analysis of the available possibilities, cathodic protection with sacrificial anodes was chosen.
- However, secret, patented systems of protection ('Black boxes') must be avoided. Engineers and owners must understand to gain in confidence.
- Most of such systems have achieved still short experience (about 15 years).
- First example of a Maintenance Manual for a repaired bridge.



2. THE EXPERIENCE OF THE AROSA ISLAND BRIDGE

Engineers must bear in mind that any solution can really work



DURATINET. 21st Jan

25



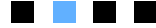
2. THE EXPERIENCE OF THE AROSA ISLAND BRIDGE

Engineers must bear in mind that any solution can really work



DURATINET. 21st Jan

26



2. THE EXPERIENCE OF THE AROSA ISLAND BRIDGE

Engineers must bear in mind that any solution can really work

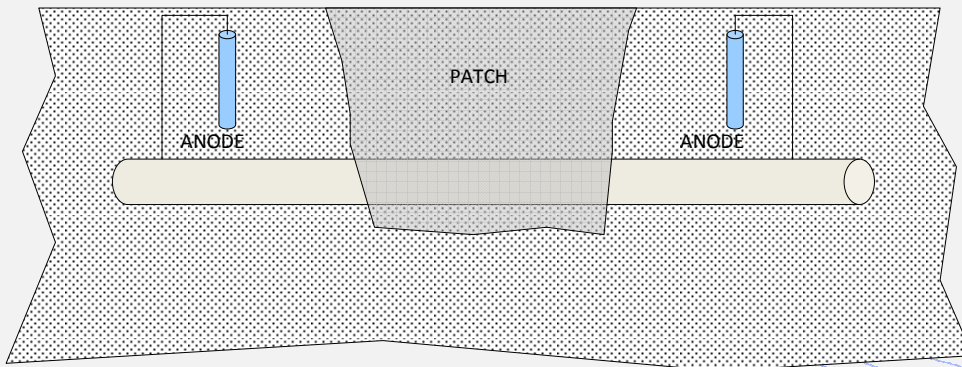


DURATINET. 21st January, 2011. Vigo



2. THE EXPERIENCE OF THE AROSA ISLAND BRIDGE

Engineers must bear in mind that any solution can really work.
There are a lot of traps.



DURATINET. 21st January, 2011. Vigo



2. THE EXPERIENCE OF THE AROSA ISLAND BRIDGE

Contents

1. General Aspects
2. The experience of the Arosa Island Bridge
3. Bridge Management and overall strategy for durability
4. Conclusions



3. BRIDGE MANAGEMENT AND OVERALL STRATEGY FOR DURABILITY

A Bridge Management System, which is a tool to take decisions, is conceived

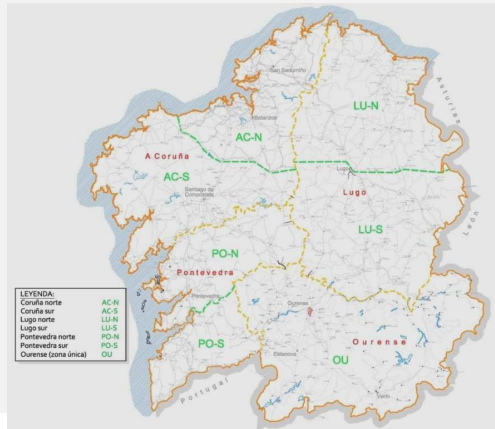
- to know what is what we have;
- what is the condition of the bridges;
- to establish the priority of investments to inspect and retrofit bridges;

All that must be made to guarantee structural safety, serviceability, durability and the safety of citizens. This is the so called Maintenance Engineering. The study of Durability is an important part of it.

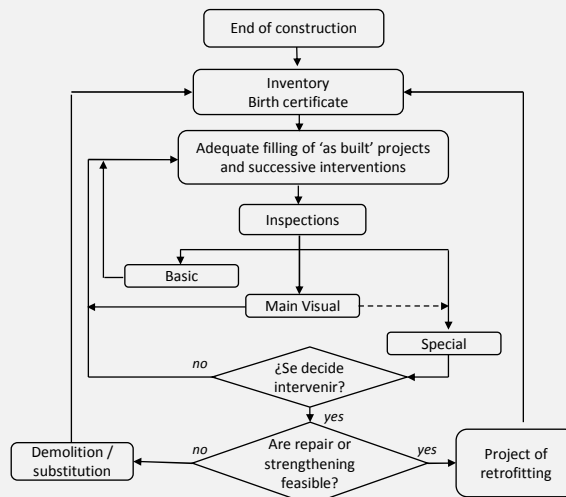


3. BRIDGE MANAGEMENT AND OVERALL STRATEGY FOR DURABILITY

Between 2008 and 2010, a campaign to update the inventory of bridges and completion of main visual inspections has been undertaken.



3. BRIDGE MANAGEMENT AND OVERALL STRATEGY FOR DURABILITY





Main results

- About 1.100 structures spanning more than 3 m.
- One structure every 5.2 km.
- The sum of lengths is about 50 km, circa 1% of the overall Road length of Galicia.



Characteristic Ratios

Material	%
Masonry	27
Steel and composite	3
Structural concrete	70



Characteristic Ratios

Date of construction	%
Before 1900	38
1901 – 1960	5
1961 – 1975	6
1976 – 2000	32
2001 - onwards	19

The importance of identifying the age of structures



The oldest

- Ponte Bibei (OU-636 pk 8+040) (80 d.C.)





The longest

- Ponte Illa de Arousa (PO-307 pk 1+660): 2,000 m



DURATINET. 21st January, 2011. Vigo

37



The tallest

- Eume bridge (AG-64): 100 m



DURATINET. 21st January, 2011. Vigo

38

XUNTA DE GALICIA
CONSELLERÍA DE MEDIO AMBIENTE,
TERRITORIO E INFRAESTRUTURAS

STRATEGIES FOR DURABILITY. THE VIEW OF THE ROAD AUTHORITY OF GALICIA

3. BRIDGE MANAGEMENT AND OVERALL STRATEGY FOR DURABILITY

A complete inspection of the structure to evaluate condition rates

Evaluación estructura Galicia							
Descripción elemento		Posición		Descripción material		Nº elem.	
Estrados				Homogón		2	
Plas				Homogón		13	
Juntas				De dilatación		26	
Pis derechos		Se han incluido también las noilas de montante (12)		Homogón		312	
Acos		(Son las vigas longitudinales de los tramos de tablero)		Homogón		26	
Vigas y noilas				Homogón armado pretensado		26	

Pis derechos		Nº elemento-312		Homogón	
Descripción foto	Nota	Grado	K1	K2	NC/AP
114 Expulsión de recubrimiento en ancha	1.1) Manchas de humedad pasiva	1	0.2	1	
	1.2) Manchas de humedad activa	4	0.2	1	
	1.3) Homogón deslavado / deteriorado	2	0	0	
	1.4) Mido de grava / coqueado	2	0	0	
105 Recubrimiento a punto de desprender	1.5) Desprendimientos del recubrimiento	2	0.5	1	
106 Costosa de armadura y formación de	1.6) Armaduras ocultas	5	0.2	1	
	1.13) Fisuración en piel de coqueado	1	0	0	
135 Fisuración inducida por la expansión c	1.14) Fisuras horizontales	2	0.5	0.5	
	1.15) Fisuras verticales	2	0	0	
	1.16) Fisuras diagonales	5	0	0	
	1.20) Malla de armadura a la vista y oculta	3	0	0	
	1.21) Daños en los extremos o en los nudos	2	0	0	
	1.23) Armadura vertical deformada	5	0	0	
138 Detalle del mortero de reparación y la	1.25) Reparaciones premias deterioradas	1	1	1	
	1.26) Daños por impacto	4	0	0	
	5.11) Desplomes, pérdida de verticalidad	5	0	0	

Elementos accesorios		Descripción del daño	
Nº	Descripción accesorio	Nota	NC/AP
1	Estado del pavimento	5.15) Asiento en losa de transición	
2	Escondidos	5.16) Daños en el pavimento	
3	Proteles	5.17) Fisuras/anomalías	
4	Imposita		
5	Sistema de drenaje		
6	Aceras		
7	Postes de iluminación		
8	Conducciones		

$$D_R = \sum(G \cdot K_1 \cdot K_2)$$

$$D_A = \sum(G \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot N)$$

Daño relativo: 24
Daño absoluto: 1704
Acabada: 88
Daño equipamiento: 8
NC: 11 AP: 4

DURATINET. 21st January, 2011. Vigo

XUNTA DE GALICIA
CONSELLERÍA DE MEDIO AMBIENTE,
TERRITORIO E INFRAESTRUTURAS

STRATEGIES FOR DURABILITY. THE VIEW OF THE ROAD AUTHORITY OF GALICIA

3. BRIDGE MANAGEMENT AND OVERALL STRATEGY FOR DURABILITY

Catalogue of damages, fitted to practitioners

DESPRENDIMIENTO / SEPARACIÓN DE TÍMPANOS 2-4

G	Extensión K ₁		Intensidad K ₂	
	0-2	3-4	0-2	3
3	Siempre n	Misma	Usa n	1

DESCRIPCIÓN
El timpano es la parte central que soporta la carga de la estructura y que transmite la carga a los pilares. Su función es la de transmitir la carga de la estructura a los pilares. Cuando se produce un desprendimiento o separación de timpanos, se compromete la capacidad estructural del puente y, por tanto, su seguridad.

CAUSAS
El timpano puede ser producido por:
- movimientos diferenciales y/o de las cimentaciones;
- vibraciones excesivas o excesiva vibración; o
- deformación de la estructura que provoca una separación de la estructura que provoca una separación de la estructura.

INTERVENIONES
- Reparación de la estructura de la estructura;
- Reparación de la estructura de la estructura;
- Reparación de la estructura de la estructura.

NOTAS
- Reparación de la estructura de la estructura;
- Reparación de la estructura de la estructura;
- Reparación de la estructura de la estructura.

CONEXIONES
- Reparación de la estructura de la estructura;
- Reparación de la estructura de la estructura;
- Reparación de la estructura de la estructura.

DESPRENDIMIENTOS DEL RECUBRIMIENTO 1-5

G	Extensión K ₁		Intensidad K ₂	
	0-2	3	0-2	3
3	Presencia mínima	3-4 de la superficie	Usa n	1

DESCRIPCIÓN
El recubrimiento es la parte superior de la estructura que protege a la estructura de la acción de los agentes atmosféricos y mecánicos. Cuando se produce un desprendimiento del recubrimiento, se compromete la capacidad estructural del puente y, por tanto, su seguridad.

CAUSAS
El desprendimiento del recubrimiento puede ser producido por:
- movimientos diferenciales y/o de las cimentaciones;
- vibraciones excesivas o excesiva vibración; o
- deformación de la estructura que provoca una separación de la estructura que provoca una separación de la estructura.

INTERVENIONES
- Reparación de la estructura de la estructura;
- Reparación de la estructura de la estructura;
- Reparación de la estructura de la estructura.

NOTAS
- Reparación de la estructura de la estructura;
- Reparación de la estructura de la estructura;
- Reparación de la estructura de la estructura.

CONEXIONES
- Reparación de la estructura de la estructura;
- Reparación de la estructura de la estructura;
- Reparación de la estructura de la estructura.

DEFORMACIONES EN ALMAS / FLATABANDAS 3-7

G	Extensión K ₁		Intensidad K ₂	
	0-2	3	0-2	3
3	Presencia mínima	3-4 de la longitud	Misma	Usa n

DESCRIPCIÓN
El tablero es la parte superior de la estructura que soporta la carga de la estructura y que transmite la carga a los pilares. Cuando se produce una deformación en el tablero, se compromete la capacidad estructural del puente y, por tanto, su seguridad.

CAUSAS
El tablero puede ser producido por:
- movimientos diferenciales y/o de las cimentaciones;
- vibraciones excesivas o excesiva vibración; o
- deformación de la estructura que provoca una separación de la estructura que provoca una separación de la estructura.

INTERVENIONES
- Reparación de la estructura de la estructura;
- Reparación de la estructura de la estructura;
- Reparación de la estructura de la estructura.

NOTAS
- Reparación de la estructura de la estructura;
- Reparación de la estructura de la estructura;
- Reparación de la estructura de la estructura.

CONEXIONES
- Reparación de la estructura de la estructura;
- Reparación de la estructura de la estructura;
- Reparación de la estructura de la estructura.

DURATINET. 21st January, 2011. Vigo

XUNTA DE GALICIA
CONSELLERÍA DE MEDIO AMBIENTE,
TERRITORIO E INFRAESTRUTURAS

STRATEGIES FOR DURABILITY. THE VIEW OF THE ROAD AUTHORITY OF GALICIA

3. BRIDGE MANAGEMENT AND OVERALL STRATEGY FOR DURABILITY

- Scour index

DURATINET. 21st January, 2011. Vigo

41

XUNTA DE GALICIA
CONSELLERÍA DE MEDIO AMBIENTE,
TERRITORIO E INFRAESTRUTURAS

STRATEGIES FOR DURABILITY. THE VIEW OF THE ROAD AUTHORITY OF GALICIA

3. BRIDGE MANAGEMENT AND OVERALL STRATEGY FOR DURABILITY

- Railing condition ratio

DURATINET. 21st January, 2011. Vigo

42

3. BRIDGE MANAGEMENT AND OVERALL STRATEGY FOR DURABILITY

Hierarchy

Cód.	Descripción	Fecha	N° G=5	NC	AP	Dr	Da	Com %	d NG=5	d NC	d AP	d Dr	d Da	d Com	d/d ms
AC164-0003	Puente de Pedrido	22/04/2008	3	11	4	24	1704	88	0	0	0	0	0	0	7
AG64-0029		13/04/2011	2	2	0	29	308	100	0	0	0	0	0	0	11
AC840-0001	Puente sobre río Ulla	12/05/2008	0	0	0	13	207	93	0	0	0	0	0	0	5
AC360-0003	Puente sobre el río Ulla	09/03/2008	3			16	197	76	0	0	0	0	0	0	7
AC400-0001	Paseo superior de Ferrocarril	13/04/2008	1			13	117	100	0	0	0	0	0	0	9
AC196-0001	Puente Nafonso	24/03/2008	0			14	117	100	0	0	0	0	0	0	8
OU622-0005	Paseo sobre leocantil	25/06/2008	0			11	115	100	0	0	0	0	0	0	5
AC861-0013	Paseo sobre río Mina	13/05/2008	0			12	95	100	0	0	0	0	0	0	5
AC221-0002	Puente sobre río Barcoas	21/04/2008	3	0	0	14	95	52	0	0	0	0	0	0	18
OU540-0012	Puente sobre río Barbaña	04/06/2008	3			18	90	100	0	0	0	0	0	0	9
OU536-0016	Puente sobre río río Dagaa	21/07/2008	0			16	89	100	0	0	0	0	0	0	7
AG64-0039	Viaducto río Lavadero	14/04/2011	0	0	0	19	89	100	0	0	0	0	0	0	7
OU540-0003	Puente sobre río Lima	02/06/2008	1			10	88	52	0	0	0	0	0	0	9
AG64-0008	VIADUCTO DE A ESPARIZA (cab)	27/05/2008	1	1	0	20	88	100	0	0	0	0	0	0	7
VG45-0001	Puente Anesoadá	18/06/2008	2	3	0	14	80	95	0	0	0	0	0	0	6
AG64-0020	Puente sobre río suba	26/05/2008	1			14	79	100	0	0	0	0	0	0	5
AG64-0035	Viaducto río Lavadero	14/04/2011	1	1	0	17	77	100	0	0	0	0	0	0	6
AG64-0009	Viaducto da A Espariza (cabada de)	27/05/2008	1	1	0	17	77	87	0	0	0	0	0	0	7
AC861-0006	Paseo sobre camiño de servizo de	12/05/2008	1			14	76	100	0	0	0	0	0	0	6
AG960-0017	Puente sobre río	31/01/2008	3			24	76	100	0	0	0	0	0	0	6

DURATINET. 21st January, 2011. Vigo

3. BRIDGE MANAGEMENT AND OVERALL STRATEGY FOR DURABILITY

Statistics of most common damages

Descripción daño	N° daños
1.1) Manchas de humedad pasiva	647
1.2) Manchas de humedad activa	596
2.11) Falsa biológica / vegetación	468
2.5) Manchas de humedad / surgencia de agua	399
1.4) Nidos de grava / coqueiras	363
2.19) Deslavado	219
1.3) Homogén deslavado / deteriorado	218
1.5) Desprendimentos del recubrimiento	198
2.9) Manchas oscuras	198
2.12) Arenización / pulverización	195
1.6) Armaduras oxidadas	151
1.28) Daños por impacto	116
2.13) Erodación	92
1.15) Fisuras verticales	88
2.6) Deslavado	78
2.2) Fisuras verticales	74
2.7) Pérdida de piezas (alares, ladrillos)	65
5.14) Cubre juntas roto, permeable o inexistente	54
1.14) Fisuras horizontales	54
1.18) Fisuras transversales	50
1.13) Fisuración en piel de cocodrilo	47
5.10) Mortero de junta dañado	45
1.16) Fisuras diagonales	45
2.4) Desprendimiento / separación de timpanos	44
1.20) Malla de armadura a la vista y oxidada	44
5.13) Deterioro de perfiles de junta	38
5.3) Erosión del terraplén	35

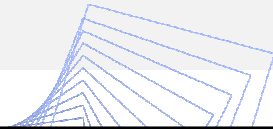
DURATINET. 21st January, 2011. Vigo



Carbonation induced corrosion in sea exposure condition



DURATINET. 21st January, 2011. Vigo



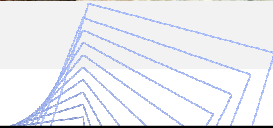
45



Previously repaired zones



DURATINET. 21st January, 2011. Vigo



46



3. BRIDGE MANAGEMENT AND OVERALL STRATEGY FOR DURABILITY

Lack of drainage together with weak railing



DURATINET. 21st January, 2011. Vigo



3. BRIDGE MANAGEMENT AND OVERALL STRATEGY FOR DURABILITY

Incomplete or damaged joints: leaking water



DURATINET. 21st January, 2011. Vigo



Nonsense, incongruent solutions



DURATINET. 21st January, 2011. Vigo

49



Lack of maintenance



DURATINET. 21st January, 2011. Vigo

50



Equipment. A threat to users' safety.



DURATINET. 21st January, 2011. Vigo



- Allowance of special vehicles

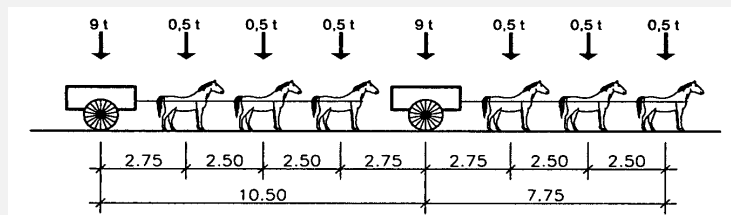


DURATINET. 21st January, 2011. Vigo



3. BRIDGE MANAGEMENT AND OVERALL STRATEGY FOR
DURABILITY

- The allowance of circulation of some special vehicles is based on the comparison between the structural effects of the load patterns and the ones produced by the vehicle under study.
- Moreover, the bearing capacity of the existing structure is affected by the condition of the bridge.



3. BRIDGE MANAGEMENT AND OVERALL STRATEGY FOR
DURABILITY

- The increasing relevance of Maintenance Engineering that a Public Owner needs.
- The need of acceptance of the life-cycle of structures as a whole.
- The need of feed-back, interchange of experiences and coordination between designers, builders and responsible of maintenance both to improve procedures for new structures and to retrofit efficiently the existing ones.
- The need of the expertise achieved by groups as DuratiNet, distilled in such a way that it can be transferred to the technical community.
- But, reciprocally, it is necessary to bear in mind that the best way of improve durability is by avoiding threats, i.e. to keep water away (drainage) and an appropriate maintenance.