

**Título:** Estética en ingeniería civil. Elementos de composición y situación actual.

**Autor:** Ramón Oró Quixal

**Tutor:** Modest Batlle Girona

**Resumen:** El problema estético en infraestructuras es de un interés creciente. La sociedad demanda un resultado funcional, estético y económicamente factible. En ingeniería, a medida que las soluciones técnicas van mejorando y se van sistematizando los procesos de construcción y de proyecto, hay más motivos para ofrecer soluciones estéticamente aceptables. Asumiendo estos hechos, cabe preguntarse si el ámbito de la ingeniería está dando una respuesta a esta demanda y cómo la está dando.

La situación actual se analiza a través de bibliografía, de otros recursos y de recomendaciones de administraciones a nivel internacional. Además de analizar la situación actual, el trabajo profundiza en los valores estéticos asociados a las infraestructuras mediante ejemplos de obras concretas.

**Title:** Aesthetics in civil engineering. Elements of composition and present situation.

**Author:** Ramón Oró Quixal

**Tutorial:** Modest Batlle Girona

**Summary:** The aesthetic infrastructure problem is an increasing interest. The society demands a functional, aesthetic and economically feasible result. In engineering, as the technical solutions are improving and they are systematized the processes of construction and project, there are more reasons to offer aesthetically acceptable solutions. Assuming these facts, it is possible to ask itself if the scope of engineering is giving an answer to this demand and how it is giving it.

The present situation is analyzed through bibliography, other resources and recommendations of administrations at international level. Besides to analyze the present situation, the work deepens in the aesthetic values associate to infrastructures by means of concrete work examples.

1	Introducción.....	6
1.1	Motivación y objetivos .....	6
1.2	La funcionalidad visual en las obras públicas.....	8
1.3	Metodología de trabajo.....	9
2	Descripción del ámbito .....	10
2.1	Revisión histórica .....	10
2.2	Revisión bibliográfica.....	12
2.3	Aspectos generales .....	13
3	Fundamentos de la estética .....	15
3.1	La expresión estética.....	15
3.2	Criterios de valoración estética .....	16
3.3	Entonces ¿cómo se mide lo estético? .....	18
4	Composición en Ingeniería Civil .....	19
4.1	Introducción.....	19
4.2	Elementos primarios.....	19
4.3	Función y forma.....	20
4.3.1	Multifunción .....	23
4.3.2	Refinamiento de la forma .....	25
4.3.3	Arte Estructural.....	28
4.4	Forma. Propiedades visuales de la forma .....	28
4.4.1	Contorno, geometría.....	28
4.4.2	Tamaño .....	29
4.4.3	Color.....	30
4.4.4	Textura. ....	39
4.4.5	Ubicación.....	40
4.4.6	Orientación .....	41
4.5	Espacio.....	41
4.5.1	Elementos horizontales definidores de espacio .....	41
4.5.2	Elementos verticales definidores de espacio.....	43

4.6	Circulación.....	50
4.7	Proporción.....	51
4.8	Escala.....	56
4.9	Principios ordenadores, conformadores o estructurantes .....	60
4.9.1	Orden: Ley del buen orden.....	60
4.9.2	Eje .....	62
4.9.3	Simetría / asimetría .....	63
4.9.4	Orientación .....	65
4.9.5	Balance .....	65
4.9.6	Pauta .....	66
4.9.7	Repetición .....	66
4.9.8	Movimiento .....	66
4.9.9	Transformación.....	68
4.9.10	Jerarquía. Dominio por valor .....	72
4.9.11	Integración en el entorno.....	72
4.9.12	Armonía.....	75
4.9.13	Unidad .....	76
4.9.14	Singularidad formal. Contraste y énfasis.....	77
4.9.15	La visión agregada .....	78
5	Las obras públicas en el paisaje .....	79
5.1	introducción .....	79
5.2	Visibilidad en el paisaje .....	80
5.2.1	Estudio de Visibilidad .....	80
5.2.2	Cuenca Visual .....	80
5.2.3	Intrusión Visual .....	81
5.2.4	Límites y modificaciones de la visión.....	82
5.2.5	Técnica de análisis de los elementos visuales del paisaje .....	84
5.2.6	Tráfico, seguridad y estética.....	87
5.3	Vegetación .....	88

---

5.4	Iluminación .....	91
5.4.1	Iluminación artificial .....	92
5.4.2	Iluminación natural .....	94
6	Ejemplos.....	95
6.1	Puente de la Ronda Norte sobre el río Vinalopó, Elche .....	95
6.2	Puente de Bac de Roda, Barcelona .....	96
6.3	Puente sobre el río Escudo, Cantabria.....	97
6.4	Puente Móvil Puerto de Barcelona .....	99
7	Situación actual. Proyectos y Administración .....	103
7.1	Introducción.....	103
7.2	Norte América. Estados Unidos. Canadá .....	103
7.2.1	Administración Central: FHWA.....	105
7.2.2	Context Sensitive Design (CSD).....	106
7.2.3	Traffic Calming .....	113
7.2.4	Departamentos de Transporte: DOT'S .....	113
7.3	Europa.....	117
7.3.1	España. ....	117
7.4	Asia .....	118
7.4.1	China. Hong Kong .....	118
7.5	Australia .....	120
8	Conclusiones.....	121
9	Recursos .....	126
9.1	Referencias. ....	126
9.2	Revistas y publicaciones .....	127
9.3	Otros recursos.....	127
9.4	Bibliografía suplementaria .....	127

# 1 Introducción

## 1.1 Motivación y objetivos

Las infraestructuras, como mobiliario territorial, han de cumplir requisitos de seguridad, funcionales y ambientales dentro de sus limitaciones de presupuesto. Los requisitos funcionales son aquellos que deben garantizar el uso de los futuros usuarios. Estos requisitos son: servicio, resistencia, durabilidad, vibración, capacidad u otros. Pero también se ha de contemplar la funcionalidad visual. El uso de las infraestructuras también es visual: punto singular, referencia territorial, proporcionar vistas, atraer vistas, punto de paso obligado.

La calidad visual o estética viene dada por la composición global de un producto, la obra. Esto es la forma, el detalle, colores, texturas, iluminación, entorno y sobre todo la función.

Por ser un aspecto subjetivo, el diseño formal en Ingeniería Civil es un tema controvertido para la mayoría ingenieros, evitado en los planes de estudio y explotado por arquitectos.

Pero la calidad estética no deja de ser un objetivo más en un proyecto, como pueden serlo disminuir los costes de construcción y de mantenimiento, acortar el plazo de construcción o un menor impacto ambiental. Un proyecto con mejor calidad estética es un mejor proyecto que aporta un valor añadido a la solución técnica.

Al proyectista se le ofrecen cada vez más ingredientes para el diseño: materiales (aceros, maderas, plásticos), formas, colores y texturas. No son nuevos materiales, son nuevas aplicaciones o nuevos compuestos, como la textura y el color en pavimentos y paramentos de hormigón. Y el criterio de elección de un ingrediente u otro no es únicamente el coste o la resistencia, sino que fundamentalmente es lo visual, en tanto que elemento de composición en un diseño.

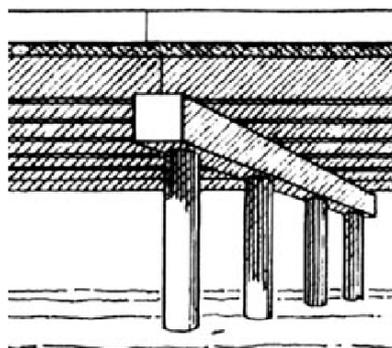


Fig. 1.1. La función práctica esta bien resuelta, la estética es mejorable.

El problema estético, obviamente, no está desvinculado del resto de problemas y por tanto avanzan paralelamente. Citando a Pablo Alzola [1]: “es raro encontrar un puente que sea un portento científico y al mismo tiempo feo, en

cambio es muy común que se haya faltado a un tiempo a la ciencia y a la estética”. Hay numerosos ejemplos que ilustran la relación entre el problema estético y el técnico:

1. El desarrollo, en su momento, de nuevos materiales como el acero y el hormigón condujeron a nuevas formas.
2. El desarrollo de tipos estructurales más eficaces estructuralmente, constructivamente o más económicos abre nuevos espacios en los que cabe un mayor número de expresiones estéticas.
3. El uso de prefabricados, mejores acabados superficiales, además de textura y color.
4. La búsqueda de nuevas formas, más esbeltas o más expresivas plantea nuevos problemas de construcción o de cálculo.
5. Paneles de fibras compuestas como paramento inferior de tablero para crear atmósfera controlada, zona de mantenimiento protegida y ,a la vez, una apariencia ordenada.



Fig. 1.2

Es un tema de actualidad como se demuestra el hecho que en las jornadas *La vida de los puentes* [2], celebradas el abril de 2005 en San Sebastián, se dedicó la primera de las cuatro jornadas a la *Ética y la Estética de los Puentes*, donde se planteó la siguiente pregunta:

*¿Debe plantearse la cuestión sólo para puentes especiales por su trascendencia funcional, social, económica o política, o debe ser una forma de hacer una ingeniería estructural, al servicio de todos con principios éticos y estéticos afirmados, renovados y adaptados al mundo que vivimos?*

Las respuestas se pueden resumir en que la ética hace referencia a la responsabilidad social: lo funcional, duradero, económico, seguro, en definitiva a “lo objetivo”. Mientras que la estética es una responsabilidad cultural: intuición, fantasía, creatividad, curiosidad o “lo subjetivo”. De cualquier modo la estética es un requerimiento más de un proyecto, y en el caso de los puentes especiales se suele cumplir con todos ellos. El problema, más bien, se halla en los puentes ordinarios. De todas las posibilidades que supone la estética en los puentes, los presentes sólo consideraban lo estético que a la vez es funcional, y dentro de lo funcional principalmente lo resistente. Se evitan los añadidos (pinturas, aplacados,

texturas). No obstante se acepta el refinamiento de la forma por medio de biselados, recrecidos / nervios, rehundidos para marcar aristas (esto es también un añadido). Esta es la postura que desde hace tiempo se mantiene, aunque también hubo quien preguntó: “¿hasta que punto el uso de elementos estructurales con objetivos únicamente visuales?”. El punto al que no hay que llegar se mostró mediante una serie de ejemplos, a destacar el puente del Alamillo de Santiago Calatrava.



Fig. 1.3

Aunque los puentes son sólo una parte de la ingeniería civil, el planteamiento del problema nos sirve para introducirnos en él en un ámbito mayor, el de las obras públicas.

## **1.2 La funcionalidad visual en las obras públicas**

En este apartado se trata de justificar que la estética es importante en el producto *infraestructura*.

Como producto, la infraestructura es un servicio diferente de un bien de consumo privado y la estética tiene funciones diferentes. Uso, forma de pago o incluso la relación cliente-proveedor diferencian a las infraestructuras del resto de productos.

En el sector privado, donde hay posibilidad de elección entre muchos productos que hacen la misma función por un precio similar, el diseño juega el papel de ayuda a la decisión de compra y posterior fidelización; el productor busca diferenciarse de la competencia.

En las infraestructuras, ¿para qué la estética?. En principio el usuario no puede elegir entre dos infraestructuras que cumplan el mismo servicio y no hay que

fidelizarlo (no hay factor *decisión* ni factor *fidelización*). Esto no significa que, de poder elegir, el usuario no tenga unas *preferencias*. De hecho en Estados Unidos, donde se han implantado los *public involvement meeting*, el público participa activamente en la definición de proyectos de carreteras. En cualquier caso, la preferencia por una mejor estética en el producto es más importante cuanto más maduro es un mercado; las sociedades más avanzadas demandan productos más sofisticados. Las infraestructuras contribuyen a la imagen de una zona, sea esta a escala local, regional ó nacional dado que vinculan físicamente los puntos de un territorio y generalmente es lo primero que ve el foráneo.

En el caso de las obras singulares, las administraciones, se sirven de ellas para promocionar su ámbito geográfico.

En el libro de Pablo Alzola [1] ya se justificaba que el usuario (cliente) es capaz de pagar un poco más por un producto más bello, que cumple igualmente la función para la que ha sido creado. Para las infraestructuras se puede entender el diseño como un aporte de valor añadido, logrando ganar 5 donde los demás ganan sólo 4 [3]. Este criterio se ha empleado en el diseño del Viaducto de Millau, en el que se ha forzado una cierta curvatura del trazado para poder proporcionar vistas sobre el pueblo de Millau a sus usuarios.

Ingeniería y estética no se deben someter la una a la otra sino ambas a la mejora del producto. La recuperación del entorno del río Besòs en Barcelona es un ejemplo de lo que no se debe hacer: con el objetivo de recuperar el entorno como parque fluvial, se proyecta sin tener en cuenta los valores naturales del río en cuanto a régimen hidráulico y vegetación. El resultado es un río sin equilibrio natural de sedimentos.

### **1.3 Metodología de trabajo**

Para la realización de este trabajo he partido de ideas propias que he intentado respaldar con información de terceros, sean éstos administraciones, proyectistas y/o autores.

## 2 Descripción del ámbito

### 2.1 Revisión histórica

Es necesario realizar una breve revisión histórica para situar el momento actual.

Por su significación social, tecnológica y su expresividad formal, se puede realizar revisión a través de los puentes. Distinguiamos dos etapas en función de los materiales [4]:

- Piedra y madera.
- Metal y hormigón.

El cambio de una etapa a la otra se sitúa en la revolución industrial, con el puente de Coalbrookdale, de 30 metros de luz, 1779.



Fig. 2.1. Puente de Coalbrookdale.

El hormigón armado lo patenta un jardinero francés en 1867. El primer edificio es del año 1871 *Ward House*, en Port Chester, New York. El primer puente de hormigón armado se construye en Inglaterra en *Chewton Glenn Hampshire* en el 1901.

El primer puente de hormigón pretensado, de 76 metros de luz, se construye en 1950 en Francia.



Fig. 2.2

Nuevas expresiones formales han venido derivadas de nuevas técnicas constructivas, debido a:

1. Nuevo material.
2. Nueva tipología.
3. Nuevo procedimiento constructivo.

Cada nueva etapa de desarrollo se ha dado en dos fases:

1. Juventud: evolución rápida, avances significativos en cada obra, nuevas maneras de hacer y con ello nuevas expresiones formales.
2. Madurez: evolución lenta, avances pequeños, sólo diferencias de matiz. Por ejemplo en 1950 se construye el puente de Bendford, viga de canto variable, de hormigón armado construido por voladizos sucesivos, con luz de 204 m. Actualmente la luz máxima en esta tipología es de 300 m. Lo mismo se puede decir de los puentes atirantados.

En el primer caso se muestra el vigor, la potencia y las posibilidades expresivas de una técnica que empieza, aunque también la torpeza de algo que no se domina. Además, se comete el error de intentar reproducir como trabaja el anterior material: pasó con la madera y el acero y pasó con el acero y el hormigón.

Por tanto si en los puentes, paradigma del desarrollo tecnológico en el ámbito de la ingeniería civil, se está en una etapa de madurez en materiales, técnicas y tipologías, se entiende que no van a producirse grandes cambios en la expresión formal de las estructuras. Entonces se facilitan otras visiones y acercamientos a la concepción de las estructuras, más basadas en el diseño conceptual, en lo abstracto, en lo cultural, en lo accesorio. En esta etapa se producen más aportaciones de arquitectura que en la anterior.

La ingeniería ha de continuar innovando tecnológicamente: las mejoras en el conocimiento del comportamiento resistente de las estructuras permitió aumentar la luz 7 veces a lo largo del siglo XIX; no obstante hoy en día esto no está previsto que suceda.

Para completar la revisión histórica, además de una explicación tecnológica, se ha de situar cada época en su circunstancia económica y social. Así, entre principios de los años 50 y finales de los años 80, con la generalización del uso del vehículo privado, se construyen la mayoría de las infraestructuras de transporte que hoy en día hay en todo el mundo. La economía, necesariamente era primordial, aunque con ese argumento se rebajó demasiado la calidad estética. En los últimos veinte años la preocupación estética por parte de los buenos diseñadores ha aumentado, y los proyectos resultantes son celebrados en el entorno profesional y por los usuarios. También han mejorado los estándares: ya no se hacen viaductos de elementos lineales prefabricados por su mala calidad estética, en cambio se ha impuesto el cajón mono-celular para pasos de menos de 12 metros y para anchos superiores se aplican elementos (costillas) lineales o placas. Esta mejora también se ha notado en los prefabricados.

## 2.2 Revisión bibliográfica

Las obras públicas, las infraestructuras, son un conjunto de muchos elementos y habitualmente el resultado del trabajo del ingeniero no se encuentra a la vista, por ejemplo, cimentaciones, obras subterráneas ó redes de servicios. Por tanto también es lógico pensar que no se haya desarrollado un conocimiento aplicado sobre el tema.

Para un estudiante lo lógico es empezar a buscar en la bibliografía de la guía docente, pero no hay una asignatura específica.

La búsqueda de recursos, que de por sí ya se puede considerar un objetivo de esta monografía, se puede dividir en:

- Bibliografía.
- Publicaciones.
- Publicaciones, ordenanzas, normativas de las Administraciones.
- Congresos, conferencias.
- Internet.
- Premios.

Los puentes gozan de un merecido privilegio visual respecto a otras estructuras. Es consecuencia de la propia naturaleza de los mismos, de permitir la comunicación entre dos puntos y simbolizar la victoria del hombre ante un obstáculo a salvar. Los grandes proyectos de puentes se han tomado siempre como retos en los que lograr el objetivo con más seguridad, menor presupuesto y de manera más eficaz. La superación del reto provoca admiración. Los puentes poseen una mayor componente estética que el resto de actuaciones en el ámbito de las infraestructuras y por ello es casi inevitable hablar de estética en ingeniería civil y de puentes.

Internacionalmente hay pocas publicaciones que hayan tratado con sentido práctico y no meramente contemplativo el tema en el caso de los puentes, salvo [5]. En ésta se habla de: Introducción a la estética, aplicación a los puentes, reglas prácticas (por ello es un libro de referencia), múltiples fotografías de puentes por tipologías razonando sus cualidades estéticas o la falta de ellas. Este libro aparece como referencia en todas guías (EEUU, Australia) que de puentes se han publicado con posterioridad. En general los autores los pocos libros que profundizan en el objeto de este trabajo son proyectistas reconocidos: Leonhardt, Whitney.

En España destacamos el libro de Pablo Alzola *La estética de las obras públicas*. Es un tema envuelto en una cierta controversia, en todas las épocas y lugares. En esta publicación, de principios de siglo XX, ya se justifica que una obra tiene componentes funcionales, económicos y estéticos. Hay otros autores destacables en este ámbito: Eduardo Torroja, Fernández Casado, Leonardo Fernández Troyano, Javier Manterola, J.A. Fernández Ordóñez, Modest Batlle. En nuestro país la visión estética se asocia al pasado y se habla de *historia y estética en la ingeniería civil*.

De las publicaciones y revistas del ámbito de la ingeniería civil en España destacamos muy especialmente el ejemplar nº 7/8 de *OP/Ingeniería y*

*Territorio*, dedicado a la estética. Éste es un ejemplar único, ya que la estética en las revistas tampoco es un tema que se aborde directamente, aunque en general se desataca la estética de forma positiva: La Revista de Obras Públicas, Cauce, Ingeniería Civil.

Por tanto, no hay una publicación de referencia para el ingeniero civil en materia de estética en un sentido amplio, sino que la información es escasa o dispersa en otros contenidos (publicaciones sobre puentes). La poca información disponible es muy tenida en cuenta. Un ejemplo es [5], que es referencia en guías de diseño de administraciones de casi todo el mundo:

- *Manual of aesthetic practice design*. Canada
- Manuales de los DOT's norteamericanos.
- *Bridge Aesthetics*, Australia.

El ingeniero que quiere adquirir una formación básica en el tema dispone sólo de estos recursos, que no son específicos. A partir de aquí deberá desarrollar una cultura estética a base de ilustrarse por su cuenta en otras áreas (diseño industrial, arquitectura, pintura, escultura) y del propio bagaje profesional.

### **2.3 Aspectos generales**

La controversia anteriormente citada, viene dada por la visión demasiado material de la *función* de las obras públicas, común a muchos ingenieros. Como consecuencia de ello se etiqueta de "innecesario" o de "añadidos superfluos" lo que, en el caso de concebido en un contexto global de la obra, formaría parte de su composición.

Las posibilidades estéticas deben compatibilizarse con requerimientos de diseño (*función*), procedimientos constructivos, materiales empleados y limitaciones presupuestarias. Así en las obras excelentes se cumple que el autor del proyecto lo es tanto en los aspectos técnicos como en el diseño conceptual y estético, logrando así un mejor resultado que en el caso de un asesoramiento por parte de un tercero (arquitecto, diseñador). De modo que el tema se ha de tratar como un aspecto más del proyecto, aunque con la particularidad de no ser cuantificable ni objetivable.

Es en el marco de la ingeniería, con todas las limitaciones que habitualmente tienen los proyectos donde se debe situar la discusión, ya que las ideas ,después, se deben poder llevar a la práctica: entrar en precio (de ejecución y mantenimiento) o ser constructivo.

De todos modos, lo que es bello, lo va a ser a pesar del método constructivo, de la eficiencia estructural o funcional, y por tanto cualquier persona (público) puede opinar sobre un proyecto. Ahora bien, el proyecto no lo realiza cualquier persona. El proyectista, a diferencia del profano, es conocedor de las limitaciones o requerimientos de diseño, pero debe aplicar el conocimiento técnico evitando la fealdad, en la medida en que el proyecto lo requiera.

El campo de la estética no lo podemos limitar a la dualidad belleza-fealdad. Hay otros valores que puede transmitir un proyecto: respeto por el entorno, fragilidad, equilibrio, movimiento, desorden, vistas a/desde, etc. Son aspectos

de la ingeniería asociados a una visión cercana al arte y que se pueden tener en cuenta en la fase de diseño conceptual, siempre contando con que el ingeniero no puede jugar a su antojo con los elementos en la medida en que lo puede hacer un arquitecto (fachadas, planos, volúmenes, luces y sombras).

## 3 Fundamentos de la estética

### 3.1 La expresión estética

Definición, según la Real Academia Española:

1. Estético, ca: (del griego) sensible.
2. Ciencia que trata de la belleza y de la teoría fundamental y filosófica del arte.
3. Armonía y apariencia agradable a la vista, que tiene algo desde el punto de vista de la belleza.

En este trabajo hablamos de ESTÉTICA en las obras públicas de ingeniería, y por ello entendemos la apariencia de la obra acabada. Esta apariencia comprende la forma, acabados y detalles de la obra y de su relación con el entorno. Es un concepto que abarca todo el proceso de una obra. Por *estética* comprenderemos tanto la *calidad visual* como la *calidad estética*. El primer concepto es más conocido en ingeniería y tiene como objetivo, por ejemplo, la mejora de la función transporte a través de mejorar la seguridad y eficiencia gracias a diseños de entornos ordenados, con tratamiento de bordes y en definitiva con información visual más fácilmente legible por el observador. El segundo, más ambiguo y subjetivo, tiene objetivos más difíciles y sutiles: belleza, comunicar algo.

La búsqueda de reglas que conduzcan a la belleza es una utopía ansiada por el hombre a lo largo de la Historia: sección áurea, sucesión de Fibonacci, etc. Pero una cualidad fundamental de la esencia del arte es desafiar ideas existentes, y por lo tanto desafiar nociones dogmáticas de cómo crear los trabajos de arte con "buen gusto". Maillart y Roebling y otros maestros del diseño, de puentes en este caso, demuestran que los diseñadores necesitan estar libres de tales restricciones de dudoso fundamento para crear trabajos de significación artística.

La aplicación sistemática de unas reglas no es lo que se debe perseguir, más bien se trata de conocer los ingredientes que de dar recetas. El motivo es que la estética pertenece a los dominios de la filosofía, la fisiología y la psicología. Por ello no puede entenderse completamente con el razonamiento crítico y lógico, sin la consideración de los sentidos.

También en el campo de la construcción las cualidades estéticas y visuales son una de las metas más antiguas de la planificación urbana.

Es por tanto, un campo subjetivo. La calidad estética es una apreciación subjetiva del observador frente a una escena dada. Es por tanto inútil objetivar la Estética, aunque sí se puede adjetivar:

1. Integrado visualmente (armonía)/Impacto visual
2. Esbelto / pesado
3. Transparente / opaco

4. Ordenado /desordenado
5. Proporcionado/ desproporcionado
6. Eficiente / ineficiente estructuralmente

### **3.2 Criterios de valoración estética**

La Estética es la filosofía de lo bello y del arte. Para unos forma parte de la psicología para otros de la metafísica y otros creen que es una ciencia práctica. En función de ello se conocen:

- Criterios psicológicos: Aristóteles exige que lo bello tenga sus partes bien ordenadas y que sus medidas estén en conveniente proporción con el sujeto que lo considera, a fin de que pueda ser comprendido claramente en sus partes y aprendido de una mirada única en su totalidad. La belleza aumentará cuanto más fácil y perfecta sea la inteligibilidad del objeto. Para conseguirlo se requiere:
  1. Integridad: Las cosas truncadas o defectuosas hacen sufrir al entendimiento. Continuidad.
  2. Variedad: si las facultades de percepción emplean su actividad de manera profusa es indispensable que el objeto tenga cierta multiplicidad de elementos. El placer se obtiene al mantener la percepción en algo, cuando el objeto es capaz de despertar la atención durante un cierto tiempo. La variedad supone:

Diversidad: cuando existen elementos con tipologías diferentes.

Contraste: cuando estos tipos son marcadamente distintos.

Complejidad: Un objeto perfectamente simple pronto fatigará la atención.
  3. Orden: La inteligencia es atraída por la variedad y por la unidad. Es necesario un orden que aglutine toda la información recibida.
  4. Armonía en la composición: todo lo anterior en su adecuada proporción.
- Criterios metafísicos: Para Kant la belleza no tiene realidad objetiva ninguna y no hay manera de demostrar su existencia. Sin embargo, esta afirmación choca con el sentido común, pues hay un cierto consenso frente a las cosas consideradas bellas.

Para la metafísica, la belleza es una cualidad del ser que debe ser aprendida por las facultades cognoscitivas<sup>1</sup>, las cuales en su simple contemplación se satisfacen, descansan y dan placer.

En el ámbito de la belleza de las actuaciones antrópicas, no hay leyes ni recetas inamovibles para garantizarla, ni en relación con las tipologías, ni con los materiales, ni siquiera en relación con otros factores como la esbeltez. No siempre se ha de cumplir que a mayor esbeltez, mayor belleza. En el Partenón, por ejemplo, los arquitrabes (jácenas) sobre las columnas son vigas simplemente apoyadas con una esbeltez canto /luz de 1/3,5. Sin embargo, la “esbeltez visual” resultará por continuidad horizontal de los arquitrabes recorriendo todos los vanos. Es decir, los elementos constructivos por sí mismos no conllevan reglas fijas de belleza (no se puede medir), es la percepción de sus elementos visuales la que fomentará la atención.



Fig. 3.1

- Funcional: El pensamiento racional, lógico y matemático pretende encontrar una escala en el fomento de la percepción. En la visión, dentro del campo de la percepción, reina un orden jerárquico, de rangos, que siempre intenta destacar lo más importante. El ojo sólo puede delimitar con gran precisión un ámbito muy reducido.

En lo percibido siempre destacará lo más importante, aquello que consideremos más valioso, y la visión se detendrá más tiempo en ello.

La forma tridimensional domina sobre la bidimensional; esta a su vez sobre la unidimensional, que domina por último frente a lo puntual.

La sistemática de la visión se puede dividir en tres ámbitos:

- Elemental: tamaño de una forma, su situación en el campo visual, el color, la luminosidad, la intensidad cromática, etc.
- Estructural: el orden, la complejidad, la riqueza y el movimiento.
- Semántico: expresión y comunicación.

---

<sup>1</sup> El sistema cognitivo del ser humano procesa la información procedente del medio al percibir los objetos que se encuentran en él. Los objetos son objetivos y la interpretación (experiencia) subjetiva.

### 3.3 Entonces ¿cómo se mide lo estético?

El juicio sobre las cualidades estéticas pertenece al terreno de los sentimientos o sensaciones sensoriales, que son diferentes en cada individuo, según sus experiencias, impresiones en su entorno, etc. Por tanto el juicio sobre las cualidades estéticas de un objeto será diferente para cada observador.

Aparentemente, si una cosa gusta, debería tener cualidades estéticas. Pero el gusto está sujeto a permanente cambio, modas<sup>2</sup>, posibilidades técnicas, *background* histórico y cultural. Por ello no es una buena medida de las cualidades estéticas.

No obstante, se puede educar el gusto. Adquirido con la experiencia, tras fomentar el análisis, la valoración, ponderación de las cualidades estéticas. De este modo, se puede llegar a un consenso dentro de cada ambiente cultural, obteniendo “gustos ” diferentes para cada ambiente.

Por tanto, si el juicio sobre un mismo objeto puede ser diferente dependiendo de qué colectivo lo analice, es que no se puede, como ya hemos dicho, objetivar la estética. Ni la belleza, ni la fealdad se pueden demostrar con rigor.

En campos como el Paisajismo, se utiliza la “Valoración de Preferencias” para identificar los atributos estéticos del paisaje más significativos y obtener, por medio de la aplicación de un cuestionario, la respuesta emocional del público ante dichas escenas.

Otro recurso, muy propio de disciplinas asociadas a la creación y al diseño, es el asumir como válida la “subjetividad del experto”, por ejemplo, en Ingeniería Civil, el caso de Hong Kong.

En Estados Unidos se ha popularizado la implicación de la comunidad por medio de los *public involvement meetings*. Se trata de dejar directamente intervenir al público en determinadas fases del desarrollo de un proyecto con la asistencia de la administración. Las comunidades cada vez presionan más a la administración en el desarrollo de un proyecto, con lo que su participación e implicación en él está bien visto por la clase política. La comunidad aporta valores de “lo local” (*ver transformación*), y participando facilita el trabajo de la administración y con ello el desarrollo de un proyecto. La comunidad se identifica con el resultado y disminuye la oposición al proyecto a corto y largo plazo.

---

<sup>2</sup> Las estructuras atirantadas están de moda. En ocasiones se proyectan estructuras de este tipo en lugares donde no hace falta debido a que es una exigencia de la propiedad.

## 4 Composición en Ingeniería Civil

### 4.1 Introducción

Las proporciones, la ordenación y la escala en relación al entorno juegan un papel esencial en el funcionamiento estético de una obra. No obstante hay otros elementos que forman parte de la composición global, y que, según el caso, serán más o menos relevantes. Por ejemplo un elemento que ha cobrado protagonismo indiscutiblemente es el color (hormigón, asfalto).

Por composición se entiende el proceso de organizar unos elementos mediante unos criterios o principios de diseño. Estos principios son conceptos que asisten al proyectista para comunicar el tema dominante de su composición. Se pueden aplicar a cada elemento del diseño o a la composición en su totalidad.

Dependiendo del campo en el que se trabaje, hay unos principios u otros. Por ejemplo en diseño gráfico los principios de diseño más usados son: balance, contraste, énfasis, ritmo, y unidad. En el caso de la obra pública no hay material editado, suficientemente representativo, como para que pueda hablarse de "Composición en Ingeniería Civil" en este sentido. No obstante, no hay motivo por el cual el diseño de una infraestructura no comparta principios con el diseño gráfico, industrial o arquitectura. El motivo es que las infraestructuras no dejan de ser formas, volúmenes en un paisaje. Más bien se trata de conocer esos principios para poder aplicarlos cuando se necesiten. Además desarrollar un conocimiento visual proporciona las habilidades necesarias para analizar crítica y constructivamente un diseño.

### 4.2 Elementos primarios

1. Punto. Un punto puede ser la intersección de dos elementos lineales o un punto central en una disposición cualquiera por ejemplo.
2. Línea:

Tipos de líneas:

- Bandas: formas bidimensionales lineales. Obras lineales
- Límites o bordes. Cambios notables en las propiedades de las superficies. Pueden ser nítidos o poco definidos.
- Siluetas: contorno de un volumen visto contra un fondo: horizonte, skyline, etc.

Características de las líneas:

- Nitidez: grado de definición de la línea.
  - Muy nítida: Intensa, continua y alargada.
  - Poco nítida: insinuada, discontinua, corta.

Factores que afectan a la nitidez:

- Distancia:
  - Mayor: disminuye la nitidez.
  - Menor: aumenta la nitidez.
- Condiciones atmosféricas:
  - Presencia de partículas atmosféricas: disminuye.

- Cielo despejado: aumenta.
- Complejidad: simpleza del trazo.
  - Compleja:
    - Quebrada
    - Curva: dinamismo, flexibilidad.
  - Simple: recta (\*<sup>3</sup>) decisión, fuerza, estabilidad.
- Orientación:
  - Horizontal: La dirección horizontal sugiere calma, estabilidad y tranquilidad.
  - Vertical (\*): La dirección vertical sugiere equilibrio, formalidad y alerta. Las líneas y formas verticales destacan sobre las horizontales en el paisaje.
  - Oblicua. La dirección oblicua sugiere movimiento y acción.

### 3. Plano-superficie

Calzada, aceras, taludes, paramentos interiores y exteriores y demás elementos: las formas de estas superficies son en general regulares o composición de regulares, y por ello dominan visualmente sobre las formas amorfas del paisaje.

Las propiedades visuales más importantes de la superficie son: contorno, color y textura.

### 4. Volumen

Las propiedades visuales más importantes son: contorno, compacidad y tamaño.

## 4.3 Función y forma

La función que ha de cumplir un producto es su guía de diseño. Hay frases célebres al respecto: *La lógica de la forma* de Eduardo Torroja, o *La forma sigue a la función* de Sullivan.

En estructuras, la función más evidente es la de resistir las acciones (al margen del servicio que presta el sistema del que forman parte). Por este motivo las formas que coinciden con el flujo de fuerzas, que respetan las leyes naturales, son consideradas expresivas y bellas. El arco es donde mejor se expresa la función de un puente: salvar un obstáculo y transmitir las cargas a los extremos. Por su forma se le considera bello. Lo mismo pasa con la forma parabólica de los puentes colgantes.

---

<sup>3</sup> El símbolo (\*) significa dominancia. En este primer caso, la línea simple domina en el paisaje frente a la compleja.

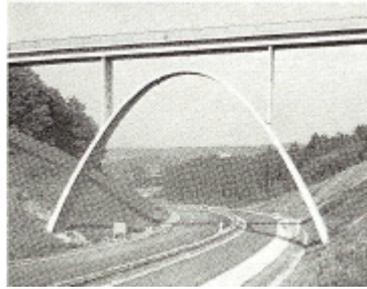


Fig. 4.1. La disposición de los tabiques no respeta el flujo de fuerzas.

La forma se ha sometido a la función resistente en la medida de que el hombre ha sido capaz de aplicar el conocimiento de estas leyes para el diseño de las formas, buscando siempre la eficiencia. La eficiencia es más importante cuanto más cuesta el proyecto. Como decía Freyssinet “*a partir de una cierta escala el número de soluciones es limitado y la expresión formal deriva de la técnica elegida*”. En cambio en estructuras ligeras tipo pasarelas peatonales, donde las condiciones son más permisivas y la forma a través de la función se ha agotado, se recurre a otros condicionantes para el diseño. Hoy por hoy existe la moda de hacer de las pasarelas un elemento espacial:



Fig. 4.2



Fig. 4.3



Fig. 4.4



Fig. 4.5

Por tanto lo que se ha de tener claro es la función. Los requisitos funcionales son por ejemplo: uso, resistencia, durabilidad, resistencia, costes, procedimiento constructivo, están muy asumidos en ingeniería civil, pero también se debe considerar la funcionalidad visual. En ingeniería los condicionantes tradicionales (trazado, coste, plazo...) son imposiciones que pueden ir en contra de la estética del diseño final. Entonces puede pasar que la *función* no se cumpla, porque en la *función* está incluida la estética.

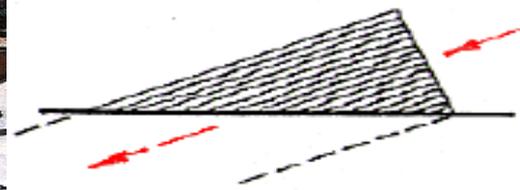


Fig. 4.6. Acceso al metro de Hong Kong. El muro inclinado indica que se trata de un acceso subterráneo.

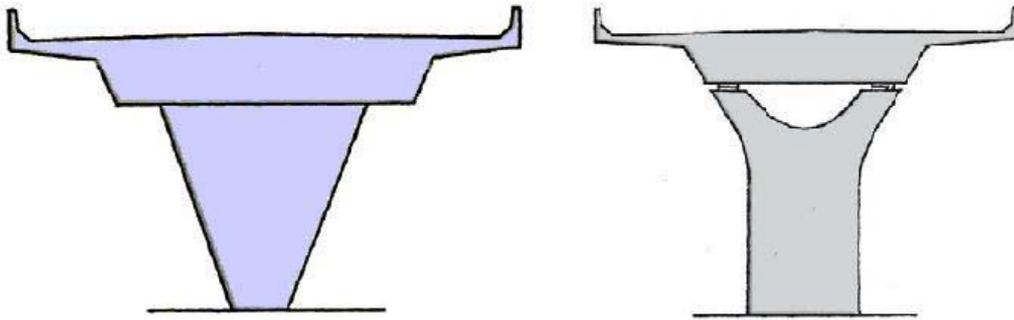


Fig. 4.7

En la figura 4.7, a la izquierda, el excesivo desplome se contradice con la función de la base: ser estable. En cambio a la derecha, un desplome moderado, justo para soportar las vigas, no afecta a la aparente estabilidad del pilar.

No obstante, además de restricciones hay grados de libertad. Un puente en arco de fábrica puede tener diferentes formas. Aunque todas puedan estar justificadas desde el punto de vista resistente, no dan el mismo efecto visual:

- a) Semicírculo o arco de medio punto: apto para luces pequeñas, en luces grandes resulta demasiado rígido o pesado.
- b) Parábola: corresponde a la curva de presiones de las fuerzas resultantes. Menos pesado en luces mayores.
- c) Segmento de círculo, o arco rebajado: cuando la cimentación lo permite.
- d) Arcos con tímpanos aligerados mediante aberturas por encima de la bóveda.
- e) Series de arcos anteriores.

La función de una infraestructura depende del lugar donde se ubica. Ver *ubicación*.

### 4.3.1 Multifunción

La multifuncionalidad es un recurso muy utilizado en diseño industrial. Como concepto es ideal, y si se cumplen perfectamente las “n” funciones es un buen diseño. Esta integración puede aportar novedad y orden a un diseño de ingeniería civil. No obstante, la realidad es que hay pocos diseños que sean verdaderos multifuncionales. Lo que acaba pasando es que hay una función principal y otra u otras accesorias o residuales. De modo que la función accesorio acaba siendo un estorbo para el cumplimiento de la función principal.

Un ejemplo de buen diseño son los alcorques-banco de asiento de Antonio Gaudí en el Passeig de Gràcia de Barcelona:



Fig. 4.8

El mirador-pilón del puente sobre el río Vinalopó, en Elche, proporciona una perspectiva privilegiada e inédita de la ciudad de Elche:

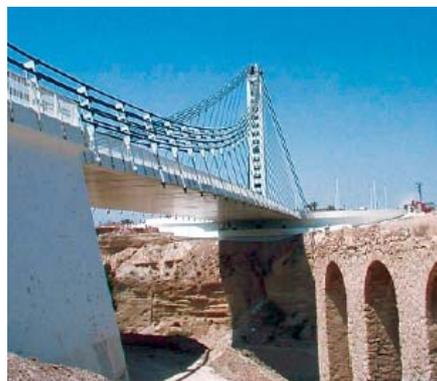


Fig. 4.9. Pilón y mirador.

Mirador-pilón del puente Chao Phraya, en Tailandia. El ascensor sube inclinadamente por el interior una pata del pilón Y invertida y cambia a vertical en la parte de arriba. El diseño de los diafragmas en la unión del pilón a los pies consideró la diferencia entre las patas a causa del ascensor:



Fig. 4.10

El concepto de multifunción comprende también que una de las funciones sea la visual, la funcionalidad visual.

### 4.3.2 Refinamiento de la forma

El refinamiento de la forma es habitual en el diseño industrial. Por diferentes motivos es más necesario (hay un comprador que ha de elegir) y más fácil (automatización) cuidar la forma de un producto de consumo que de una infraestructura. De todos modos no significa eso que los grandes volúmenes que suponen pilares, tableros o muros deban mostrarse siempre con una apariencia simple y repetitiva.

Como se dice más arriba la forma se puede refinar destacando sus aristas o contornos, o también destacando la directriz de la forma. Esto se realiza por medio de biseles, recrecidos o nervios, rehundidos, uso del color por ejemplo.



Fig. 4.11. Francia 2000. Viaducto de Verrieres.

Si las aristas son de por sí demasiado angulosas, se puede matar el canto mediante el biselado, que generalmente supone una mejora del aspecto de la forma. El biselado puede ser recto o curvo.

Cada elemento en una estructura tiene una función, de una función una forma (al menos). El cuidado de la forma es también el cuidado de los encuentros de elementos distintos. Partir de extremos distintos es una posibilidad para generar *formas de transición*. Otras maneras de generarlas pueden ser movimiento y transformación de una línea, superficies de doble curvatura o debido a trabajar con formas libres a las que hay que dar continuidad.

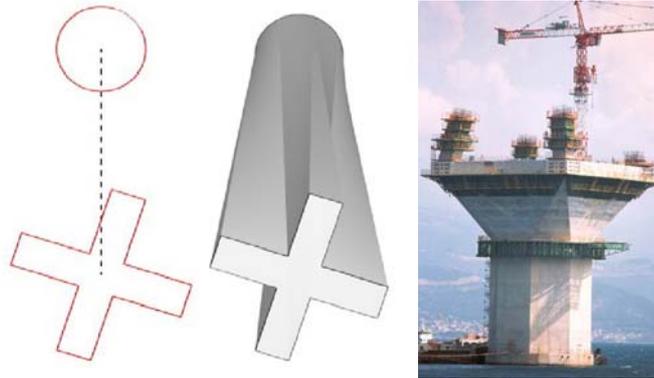


Fig. 4.12. Superficies de transición a partir de extremos distintos.

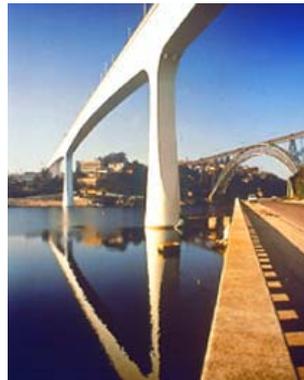


Fig. 4.13. Puente de S. Joao en Oporto. La pila se funde con el tablero.

El empleo de las formas curvas es, en cierto modo, un refinamiento de la forma. Supone suavizar la forma, dar continuidad a la superficie, destacar la compacidad del volumen (en detrimento de los planos). Su uso no está generalizado por motivos económicos: lo recto es más fácil de tratar a todos los niveles: definición geométrica, replanteo, simplificación en el cálculo, encofrado, etc. Javier Manterola [6] critica que el análisis tensional se realice casi exclusivamente a nivel de sección, que si bien simplifica el cálculo, es también un corsé. El proyectista afirma que la pérdida de eficacia resistente, debido al empleo de una sección transversal curva, no fue muy importante en el Viaducto de Espinelves, Eix Transversal, 1992. Manterola también defiende la curva en planta de los puentes cuando el problema funcional lo permite, afirmando que son “más bonitos”, o Arenas de Pablo [7]: “lo curvo se integra mejor en el entorno que lo recto”. Una curva en planta lo es precisamente por reconocer el territorio y adaptarse a él, de manera suave y progresiva, mientras que lo recto se impone al territorio, no lo considera.



Fig. 4.14. La curvatura es uno de los mejores aliados del autor del puente. Un diseño fácil en este caso lo padecerá el resultado final.



Fig. 4.15. Puente de Euskalduna. Javier Manterola. Bilbao.

Por motivos económicos este tipo de estructuras no se ejecutan. El elevado coste de los encofrados no es generalmente asumible.



Fig. 4.16. Gasolinera BP, Deiting, 1968, Heinz Isler. Cubierta esférica apoyada en tres puntos y abierta, hormigón armado de mínimo espesor.

Un buen producto final es en buena medida función del detalle. Formas con detalles poco cuidados pueden arruinar el aspecto global de la actuación. La imposta de los puentes es un elemento secundario en cuanto a funcionalidad, pero es muy visible y merece una atención en su diseño.

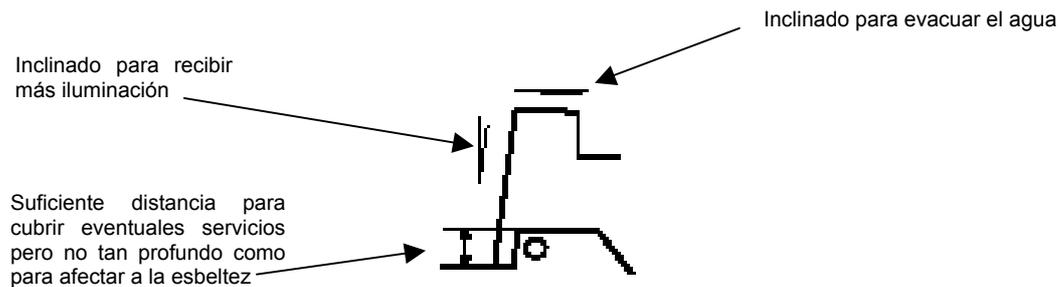


Fig. 4.17

### 4.3.3 Arte Estructural

A partir de criterios estructurales, resistentes es posible transmitir valores artísticos, expresivos, plásticos y simbólicos. Según [8]: *Se funden forma artística con resistencia. Son obras en las que por su magnitud y características especiales, todo es estructura y se suprimen temas puramente ornamentales y se pretende que la belleza surja, simple y naturalmente de la belleza de sus líneas, de su proporción de masas o del ritmo de sus formas.*

Las obras de ingeniería concebidas así, en tanto que arte, pueden optar por romper con reglas establecidas o guías de diseño para lograr originalidad.

## 4.4 Forma. Propiedades visuales de la forma

El tamaño y la forma de los componentes de la estructura proporcionan una definición de su propósito [9].

### 4.4.1 Contorno, geometría

En la percepción, las formas regulares dominan sobre las irregulares:

- Regular (\*)
  - Circular
  - Prismática
  - Rectangular
  - Otras
- Irregular o amorfa.

El contorno y la geometría de una forma, para presentarse íntegra, han de quedar bien definidos. Como ya se ha dicho, lo truncado o defectuoso hace sufrir al entendimiento.

Las aristas y ángulos de una forma son definidores del contorno. Destacarlos (nitidez) subraya la volumetría. Una arista que no destaque por sí misma (intersección de planos cuyo ángulo sea obtuso cercano a llano) se puede ver como un defecto.

Ejemplos citados en [8]:

- *La sombra del voladizo del tablero sobre el arco corta desagradablemente la vista de éste.*

- *De nada vale la belleza de un arco si no hay punto de vista para abarcarlo por completo.*

El estudio de las formas puede realizarse basándose en la percepción visual, donde las formas tienen un determinado efecto psicológico, derivado de sus intrínsecas cualidades expresivas:

- Línea horizontal comunica estabilidad
- Línea vertical es símbolo de infinitud, de ascensión; una voluta (adorno en espiral) ascendente es alegre, mientras que si por el contrario es descendente comunica tristeza.
- La línea recta significa decisión, fuerza, estabilidad.
- La línea curva indica dinamismo, flexibilidad.
- La forma cúbica representa la integridad.
- El círculo comunica equilibrio y dominio.
- La esfera y la semiesfera (cúpulas) representan la perfección.

Hay otras interpretaciones más conceptuales (profundidad, pluralidad, acabado, inacabado) que pertenecen al terreno puro del arte y que no mencionaremos.

Las esquinas, o cantos definen y expresan el encuentro de elementos:

- Esquinas redondeadas subrayan la continuidad de la superficie, compacidad del volumen y dan suavidad a la forma.
- Aberturas en las esquinas dan énfasis a los planos sobre el volumen que encierran esos planos.

Sobre el contorno o la superficie se puede actuar para destacar:

- Verticalidad: Disponer líneas verticales para destacar la verticalidad o la altura de un elemento. Lo vemos en fachadas de rascacielos, aristas en pilares.



Fig. 4.18. Aristas nervadas en pilares de la Sagrada Familia.

- El contorno: mediante otro material o color.

#### 4.4.2 Tamaño

Ver 4.8 Escala.

### 4.4.3 Color.

Las características básicas del color:

- Matiz o tono:

Relacionado con la longitud de onda. Es la característica más obvia del color. Vulgarmente "color". Cualitativo.

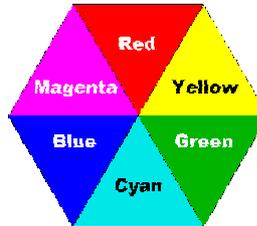


Fig. 4.19

- Valor:

El valor de color se refiere a la luminosidad u oscuridad del color. El blanco corresponde a máxima luminosidad, mientras que el negro es el grado más bajo de luminosidad.



Fig. 4.20

Cuando el color se aclara con blanco, el tono resultante se llama degradado.

El valor del color, es su posición respectiva en la escala blanco-negro.

- Tonos claros.
- Tonos oscuros.

A más luminoso, más sensación de que esté más cerca.

- Saturación o cromo.

Relacionado con la pureza cromática o falta de dilución con el blanco.

También conocida como intensidad o pureza. Los saturados se ven ricos, intensos.



Fig. 4.21

A más saturado, más sensación de movimiento.

Factores que influyen en el color:

- Iluminación: depende de la hora del día. Al atardecer, menor intensidad de luz incidente, menor intensidad de luz reflejada, colores más oscuros.
- Dirección:

- Frontal: claridad, brillante.
- Oblícuo: oscuridad, mate.
- Condiciones atmosféricas: Presencia de partículas atmosféricas: humedad, contaminación: menor tono.

### **Esquemas de color. Distintas combinaciones de colores.**

Las combinaciones de colores, aunque pueden ser infinitas, suelen realizarse atendiendo a esquemas conocidos:

#### **a) Monocromático**

Un esquema monocromático es un esquema con un mismo tinte, pero diferente valor y saturación. Por ejemplo, las muestras de pinturas presentan varios valores diferentes de un mismo color. Usando dos o más colores monocromáticos se consigue un efecto elegante y agradable.



Fig. 4.22

#### **b) Complementarios**

Los colores complementarios están situados en posiciones opuestas en la tabla de colores. Por ejemplo, son complementarios el rojo y el verde, y el amarillo y el violeta. Los colores complementarios se realzan entre sí.

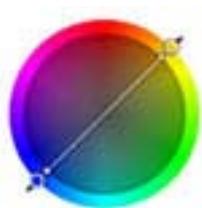


Fig. 4.23

#### **c) Complementario Doble**

El esquema complementario doble es el más variado porque utiliza dos pares complementarios del color. Este esquema es duro de armonizar; si las cuatro tonalidades se utilizan en cantidades iguales, el esquema puede parecer desequilibrado, así que se debe elegir un color para ser dominante.

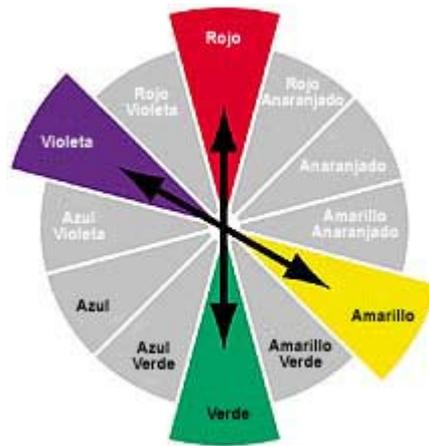


Fig. 4.24

**d) Análogos**

Los colores análogos están situados en posiciones contiguas en el círculo cromático y producen efectos de menor contraste que los complementarios. Por ejemplo, un azul verdoso oscuro combinado con un azul claro. Producen composiciones armoniosas.

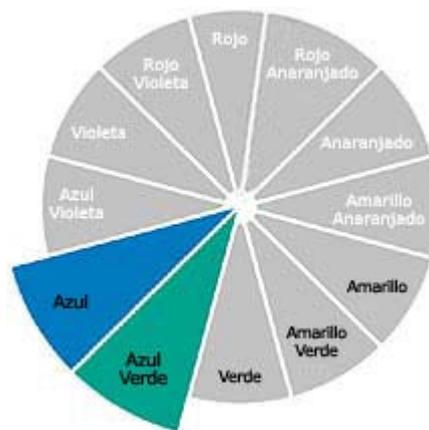


Fig. 4.25

**e) Complementarios adyacentes**

Los colores complementarios adyacentes ofrecen una paleta audaz y atrevida. Se componen de uno principal, y los dos colores que están a ambos lados de su complementario. Estos colores son usados para acabados decorativos.

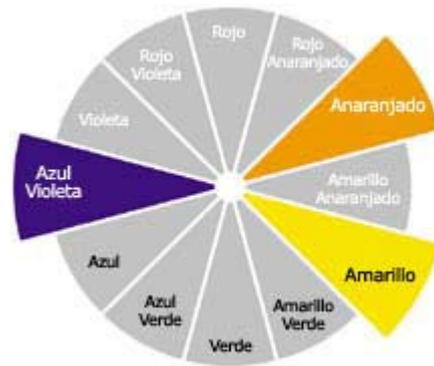


Fig. 4.26

### f) Terna

La terna la forma cualquier terna de colores equidistantes en el círculo cromático.



Fig. 4.27

La armonía de colores está garantizada si se usa un esquema y se mantiene.

### **Clasificaciones de colores.**

Partiendo del círculo cromático se establecen diferentes clasificaciones de colores, entre las que destacan:



Fig. 4.28

**a) Colores cálidos:** energéticos, extrovertidos, dinámicos.

Distancia: los objetos en estos colores parecen estar más cerca.



Fig. 4.29

- Rojo  
Inquieto, calor, fuerza, osado, agresivo.  
En condiciones de buena iluminación atrae la atención. En condiciones de escasa o ninguna iluminación tiende a desaparecer.
- Amarillo.  
Luz, vida, vigoroso, acción, movimiento, impulsivo, poderoso.  
Es un color muy cálido, difícil de suavizar, normalmente se usa para dar una nota de color.
- Naranja.  
Prosperidad, entusiasmo.

**b) Colores fríos:** tranquilos, calmados, introvertidos.

Distancia: los objetos en estos colores parecen estar más lejos.

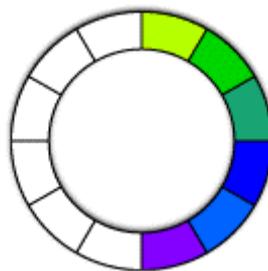


Fig. 4.30

- Azul.  
Frío, verdad, sabiduría, tranquilizante, relajante. Puede usarse en superficies de gran extensión sin volverse agotador.
- Verde.  
Esperanza, equilibrio de las emociones, calma.  
No fatiga la vista.  
Oscuros y saturados representan profundidad.

**c) Colores neutros:** muy versátiles.

- Gris.  
Triste, fatiga.  
Permite su combinación con otros colores sin saturar los espacios y los ambientes.
- Negro.  
Noche, profundo, pesado, pasivo.  
Intensifica los valores altos (claros) y reduce la intensidad de los valores bajos (oscuros).  
Aleja y hace más pequeño.  
No es recomendable para las medianas en una carretera por que de noche no se diferenciarían mucho del asfalto.
- Blanco.  
Paz, ligero, virtud.  
En grandes áreas se vuelve frío e impersonal.  
Agranda.

Son colores de prestigio: negro, blanco, oro, plata. Es debido a la pureza en unos casos y al metal asociado en otros.

En otros ámbitos, por su valor expresivo, el color es un vehículo de comunicación utilizado para conducir sensaciones, emociones, sentimientos o deseos.

***El color en construcción.***

El color es indisociable de los propios materiales de construcción. El color ha existido siempre: sillería, mampostería, madera, metales, etc, aunque se tiende a confundir con la pintura. Las funciones que cumple el color en la composición de una construcción:

- **Integrar** por mimetismo, camuflaje: a través del color se puede contribuir a la integración en el entorno. Por imitación de colores del entorno.

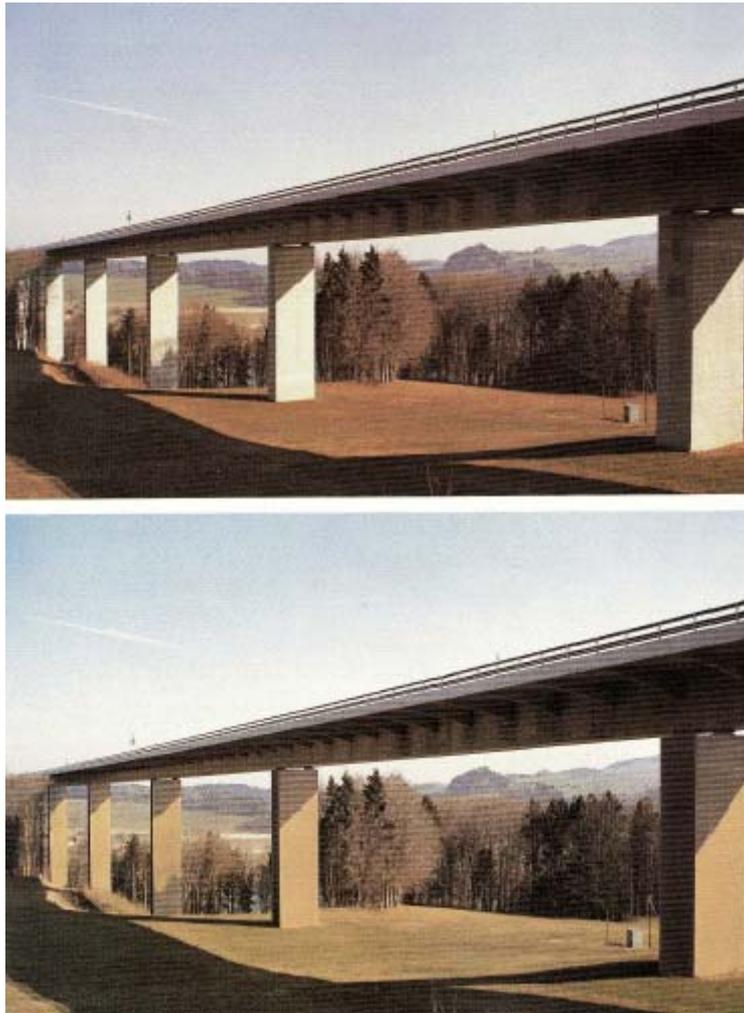


Fig. 4.31. Integración mediante el color.

- **Destacar** atraer la atención: la dominancia del color es un recurso muy utilizado. En principio destacan los colores claros (*valor*), saturados (*saturación*) y cálidos. Se puede utilizar en puentes para destacar el flujo de fuerzas, para ganar en expresividad: se pintan los arcos metálicos o los tirantes.



Fig. 4.32 Puente en Duisburg.

- **Ocultar** inversamente a lo anterior. Por ejemplo el color de la imposta en un puente se suele pintar en colores claros para destacar sobre los oscuros del canto de la viga y aparentar mayor esbeltez del dintel.

- **Identidad:** pertenencia a un ámbito geográfico o sectorial. La expresión “sentir los colores” es ilustrativa. En el mundo de la empresa, el color es parte fundamental de su identidad, aunque también puede serlo de un municipio, una región o un corredor. Es el ejemplo de Estados Unidos con los corredores (ver apartado 7.2), o incluso en España el color azul del TGV . En proyectos a gran escala, el uso de un color puede aportar consistencia al proyecto. Factores culturales, históricos y sociales determinan la manera en que los colores son percibidos. Por ello la amplitud simbólica de los colores está caracterizada por una enorme libertad de elección, con todas sus inevitables contradicciones conforme a los niveles de cultura y educación, de creencias religiosas y ideológicas, de sexo y edad, de raza y geografía. No obstante hay patrones específicos, con importantes coincidencias en los colores más habituales (descritas con anterioridad).

Antes de iniciar un proyecto no está de más constatar las paletas de colores tradicionales existentes, de igual modo como se analizan las propiedades del terreno, del clima o las costumbres. A partir del conocimiento del contexto arranca todo proyecto innovador: Sabiendo lo que existe, el proyectista opta, según su voluntad y su libre criterio, por aplicar la armonía cromática acorde con el entorno, o, al contrario, acusar su contraste. El color sólo es un dato de lo existente, en ningún caso ha de ser una limitación. En urbanismo, por tal de preservar la identidad de un ámbito, se pueden elaborar paletas de colores y catálogos de materiales que ante una nueva actuación sirvan de material de consulta.

Ejemplos de color e identidad:



Fig. 4.33. Color rojo. Japón.



Fig. 4.34. Color rojo. Japón.



Fig. 4.35. El color oro en cables y barandillas en el Rama VIII Bridge de Bangkok.

Las siguientes funciones las pueden realizar tanto el color como la textura:

- **Dimensión añadida** cuando no es posible mediante un nuevo volumen: por ejemplo el coloreado de los pavimentos urbanos nos ayudan a interpretar las funciones del mismo sin añadir un volumen que supondría una barrera arquitectónica. Ayuda a la definición espacial en una vista.



Fig. 4.36. El empleo de varios colores hubiera aportado el contraste necesario para percibir mejor las formas (dimensión añadida).

- Como elemento de **diseño gráfico** en muros y paramentos.
- **Amenizar** un entorno monótono.

Junto con la textura, es un recurso utilizado para mejorar la estética de paramentos y pavimentos de hormigón y desde hace menos tiempo pavimentos flexibles de asfalto:



Fig. 4.37. Pavimento de asfalto impreso y coloreado.

Al margen de estas aplicaciones, en general, el color es el recurso estético más económico y visible. Además se proyecta pensando en el color, no se pinta tras proyectar.

#### 4.4.4 Textura.

Conjunto de pequeñas formas o mezclas de color distribuidas superficialmente según pauta regular (*pattern*, *patrón*) o irregular.

Las superficies tienen dos tipos de texturas:

- De color: relación entre valor, matiz y saturación.
- De rugosidad, grano.

Las características básicas de la textura son:

- Tamaño: de las dimensiones de la rugosidad o de la pauta de color.
  - Granos grandes  $\Rightarrow$  texturas rugosas.
  - Granos finos  $\Rightarrow$  texturas finas, brillantes. (\*)
- Densidad: número de granos o pautas de color por unidad de superficie.
- Regularidad.
- Contraste interno:
  - Bien definidas, elevado contraste interno. (\*)
  - Menos definidas.

Factores que influyen en la textura:

- Iluminación. Según su dirección:
  - Frontal: minimiza.
  - Oblicua: potencia.
- Condiciones atmosféricas: la presencia de partículas atmosféricas minimiza la textura.

- Distancia: minimiza.

Funciones de la textura: ver color.

Junto con el color, es un recurso utilizado para mejorar la estética de paramentos y pavimentos de hormigón. En zonas urbanas y peatonales es más necesario el empleo de textura y color que aporten un mayor interés visual. Se considera la *escala* de la textura respecto a la distancia del observador y las dimensiones globales. Se pueden así utilizar texturas asociadas a diferentes escalas, en un mismo elemento.

#### 4.4.5 Ubicación

Las obras públicas se ubican en el territorio natural y construido. Entonces habrá una relación entre la obra y el entorno por medio de:

- Topografía, masas y cursos de agua. Las grandes masas de agua siempre forman un plano horizontal. Lo que se dispone oblicuamente aparece discordante y puede introducir una complejidad innecesaria [10].



Fig. 4.38

- Otras construcciones.
- Geología y suelos.
- Biodiversidad.
- Vistas a/desde. Para poder ofrecer vistas al pueblo de Millau, se forzó la curvatura del trazado.



Fig. 4.39. Viaduct Millau.

- Lo vernacular.
- Singularidad de situación. El caso de singularidad de situación un ejemplo claro de que la ubicación condiciona la actuación (pasa a ser parte de la *función*). Por ejemplo un túnel situado en una frontera adquiere una mayor relevancia que un túnel de una ubicación ordinaria. Por tanto al acceso del túnel se le da mayor monumentalidad:



Fig. 4.40. Túnel de Somport.

La ubicación puede dar indicaciones de cómo ha de ser la actuación, pero en la mayoría de casos hay cierta libertad. En cualquier caso, lo mínimo que se debe cumplir es que la actuación y el entorno no se perjudiquen. Saber interpretar el entorno sirve para tenerlo en consideración: Si sirve para cualquier sitio, es que no sirve para ninguno [3].

#### 4.4.6 Orientación

Ver 4.9.4. *Orientación.*

### 4.5 Espacio

Entendemos por espacio la disposición tridimensional de los volúmenes y áreas que forman el paisaje. En el espacio se encuentran los elementos, sus relaciones y su organización. Las características del espacio son:

- Composición escénica: pauta de organización de los elementos del paisaje. La composición del espacio paisajístico puede ser abierta y panorámica con gran horizontalidad o cerrada y contenida, mayor verticalidad.

Los elementos se organizan en el espacio como unidad de contrarios: positivos (figura) y negativos (fondo).

- Localización de unidades: situación relativa a la composición de elementos que poseen identidad propia reconocible por el observador. Una localización elevada, por ejemplo, tiene un carácter estratégico.

Son los elementos positivos, que percibimos como figuras.

- Fondo escénico: fondo tras las vistas del paisaje. Tipos de fondo:
  - Abierto: cielo.
  - Cerrado: terreno, construcciones.
  - Litoral: mar.

#### 4.5.1 Elementos horizontales definidores de espacio

Un plano y su altura se usan para definir espacios:

- f) Plano deprimido. Proporciona refugio y protección. Desde el punto de vista de un observador situado en él se tiene:

- Continuidad espacial y visual.
  - Sólo continuidad visual.
  - No hay continuidad visual ni espacial.
- g) Plano base. Está a la misma cota que el resto y se distingue por cambios de material, color, textura o destacando el contorno de algún modo: calzada, acera, aparcamiento, etc.
- h) Plano elevado. Destaca respecto al resto. Desde el punto de vista de un observador no situado en él se tiene:
- Continuidad espacial y visual.
  - Sólo continuidad visual.
  - No hay continuidad visual ni espacial.

Los techos y cubiertas son planos predominantes, de entre todas las formas constructivas, son un elemento muy importante para delimitar espacios. Por ello subiendo o bajando un falso techo, se pueden articular espacios. En ingeniería civil además hay planos como los tableros, pérgolas, copa de árbol, etc. El espacio bajo el tablero de un puente no debe ser un lugar marginal y sucio, y cuando sea posible se puede destinar a parque, actividades recreacionales o servicios.

Los paramentos inferiores de los tableros son una de las partes más visibles de los puentes.

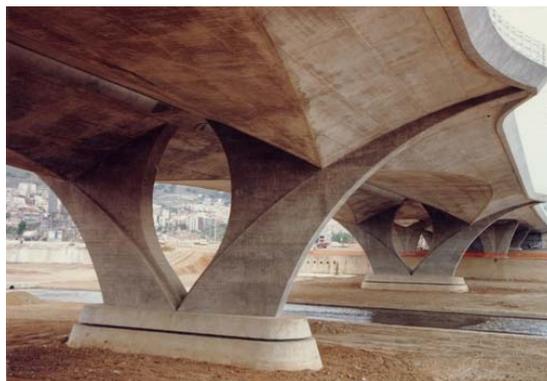


Fig. 4.41. Puente sobre el Rio Besòs.

### **Pavimentos.**

Cada vez hay mayor número de pavimentos posibles a elegir en un proyecto. Medidas, colores, texturas, materiales o método constructivo. Esto favorece que se puedan diferenciar los usos de peatón y coche sin necesidad de diferencias de nivel. Se gana en accesibilidad. Estéticamente, si lo que se quiere es más *orden*, se consigue, pues se pasa de dos alineaciones paralelas en el espacio (canto bordillo y contacto bordillo-rigola) a una alineación sobre el plano de calle.

El desarrollo de soluciones como los pavimentos de hormigón o de asfalto coloreados y texturizados es otro ejemplo de que el problema estético y el técnico avanzan paralelamente.

### 4.5.2 Elementos verticales definidores de espacio

- a) Elementos lineales verticales:
- Aislados:
    - Centro del espacio.



Fig. 4.42. Plaza.

- Destacar un punto singular, un foco.
- En grupo:
  - Marco visual: minaretes en esquinas.



Fig. 4.43. Dos torres en la Plaza España de Barcelona. Delimitan la entrada al recinto ferial.

- Destacar alineación: postes de iluminación en carreteras sirven de guía para el conductor.
  - Columnas: definen el espacio contenido entre ellas, articulan las esquinas de un espacio, delimitan un espacio dentro de otro.
- b) Elementos planos verticales:
- Corta y divide un volumen espacial.
  - Orienta un volumen. Fachada de edificios.

b.1.) Planos verticales en “L”: sus partes tienen diferente carácter:

- Introvertido en el ángulo interior, protección en su interior.
- Extrovertido a lo largo de límites exteriores.

b.2.) Planos verticales paralelos:

- Delimitan un espacio.
- Extremos abiertos: carácter direccional.
- Eje de simetría es la orientación fundamental.

Hay numerosos elementos que forman planos paralelos: muros, alineaciones de elementos verticales, taludes, etc.

b.3.) Planos en “U”.

- Definen un espacio que posee un foco interior y una orientación hacia el exterior.
- En ciudades se usan para definir el espacio urbano y acotar el carácter axial mediante una plaza.
- Cerramientos de espacios interiores.

b.4.) Grado de cerramiento de un espacio. Dependiendo de la posición de la abertura en el plano:

- Abertura dentro del plano: no debilita el cerramiento ni los límites.
- Abertura sobre aristas: continuidad visual, debilita las aristas.
- Aberturas entre planos de cerramiento: aíslan visualmente los planos, énfasis en los planos más que en el espacio que encierran.

### **Muros y paramentos verticales.**

Los muros y paramentos verticales son un elemento muy presente en obras de ingeniería. Los encontramos como muros de contención, de retención, barreras sónicas, paramentos de estructuras y en otras formas, de modo que en cualquier región hay muchos metros cuadrados de estos elementos.

Por su función son muy visibles, *dominantes* en una escena (*lo vertical es más visible que lo horizontal*). A pesar de ser tan visibles, tan presentes en todos sitios y tan vistos (*frecuencia de observación*) suelen presentar siempre los mismos acabados (muros de hormigón lisos o bien muros de tierra armada con escamas prefabricadas. Esta tipología aporta una textura mediante las juntas entre escamas, pero esta demasiado visto y por ello se ejecuta cada vez menos.



Fig. 4.44. Muro de tierra armada con escamas.

Los muros que se proyectan ahora van incorporando cada vez más elementos de color y de textura [11] [12]. En estos elementos, de concepción tan simple, no se puede buscar su belleza en la forma (generalmente), con lo que dotarlos de color y textura es una alternativa a la monotonía.

Los muros mejoran estéticamente si en su cara vista (superficie y coronación) se incorporan tratamientos superficiales de textura (regular-patrón o irregular) y/o color:

- Revestimiento de sillería. La piedra como material de construcción ofrece de manera natural textura, color y un valor geográfico asociado a su extracción (pizarra pirineo, calcárea Cataluña central, granito maresme, etc). La fábrica y su irregularidad dan una textura que aporta escala y viveza [5]. Si el paramento vertical de los puentes de piedra fuera liso y continuo como el hormigón, resultaría de tímpanos pesados.



Fig. 4.45. Puente de Saalach, Berchetesgaden.

- Hormigón texturizado estampado: patrones y figuras, con o sin color.



Fig. 4.46. Los muros prefabricados suelen estar compuestos por elementos planos.

- Acabado superficial sobre muro de hormigón in-situ. En zonas rurales la formación de muros a partir de elementos prefabricados es en general desaconsejable. Es debido a que los prefabricados suelen ser elementos planos. Destacarían (*dominancia*) respecto al resto del paisaje. Por ello se realizan muros de hormigón armado in situ, adaptándolos a la superficie de talud. La armadura se cose al terreno para poder adaptarla a la forma del talud. El acabado puede simular un desmonte en roca natural.



Fig. 4.47. Talud antes del muro.



Fig. 4.48. Muro de hormigón armado con acabado superficial.

- Acabado natural sobre roca en desmonte: Método patentado francés: *Talús Royal*. Se trata de realizar la operación de desmonte de modo que se obtenga una superficie final vista de la roca similar a las del

entorno. Para ello se simula una erosión realizando la operación de desmonte de manera que no se desdibujen las discontinuidades naturales de la roca, en definitiva, se elimina el rastro de la actuación humana. Es una manera de restaurar el paisaje actuando sobre su geología.



Fig. 4.49. Talús Royal.

- Acabados superficiales tales como el abujardado (picado uniforme mediante “bujarda”), apomazado (pulido sin brillo), flameado (sólo para el granito), pulido, arenado (chorro de arena de sílice a presión), mancha de ácido, *concrete satín* (sales inorgánicas que se disuelven en el agua y reaccionan con los minerales del hormigón para dar manchas de colores).
- Pintura. Ver color.
- Formas lineales: uso generalizado en todo tipo de paramentos. Las líneas horizontales son el recurso más habitual. La horizontalidad tiene valores de estabilidad, calma; un muro con líneas horizontales reduce la percepción de su altura, es decir, parece un muro más bajo. La cara vista de los muros se suele amenizar con líneas horizontales. Las líneas verticales son útiles cuando una longitud grande del muro queda a la vista del conductor, esto tiende a minimizar la longitud aparente del muro.

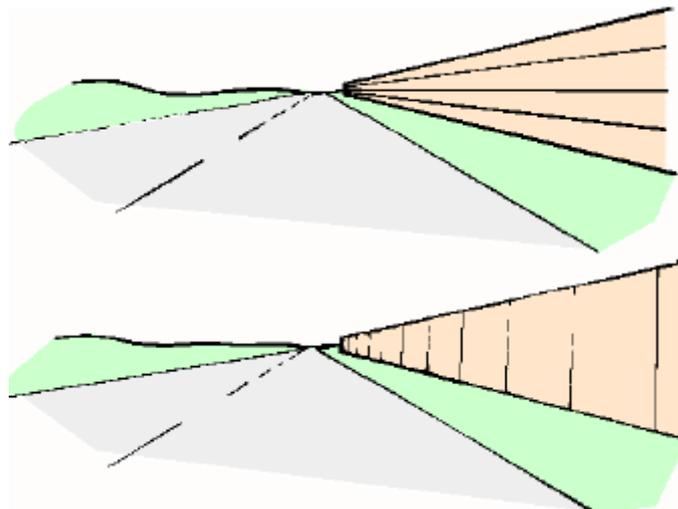


Fig. 4.50

- Incorporar vegetación al muro.

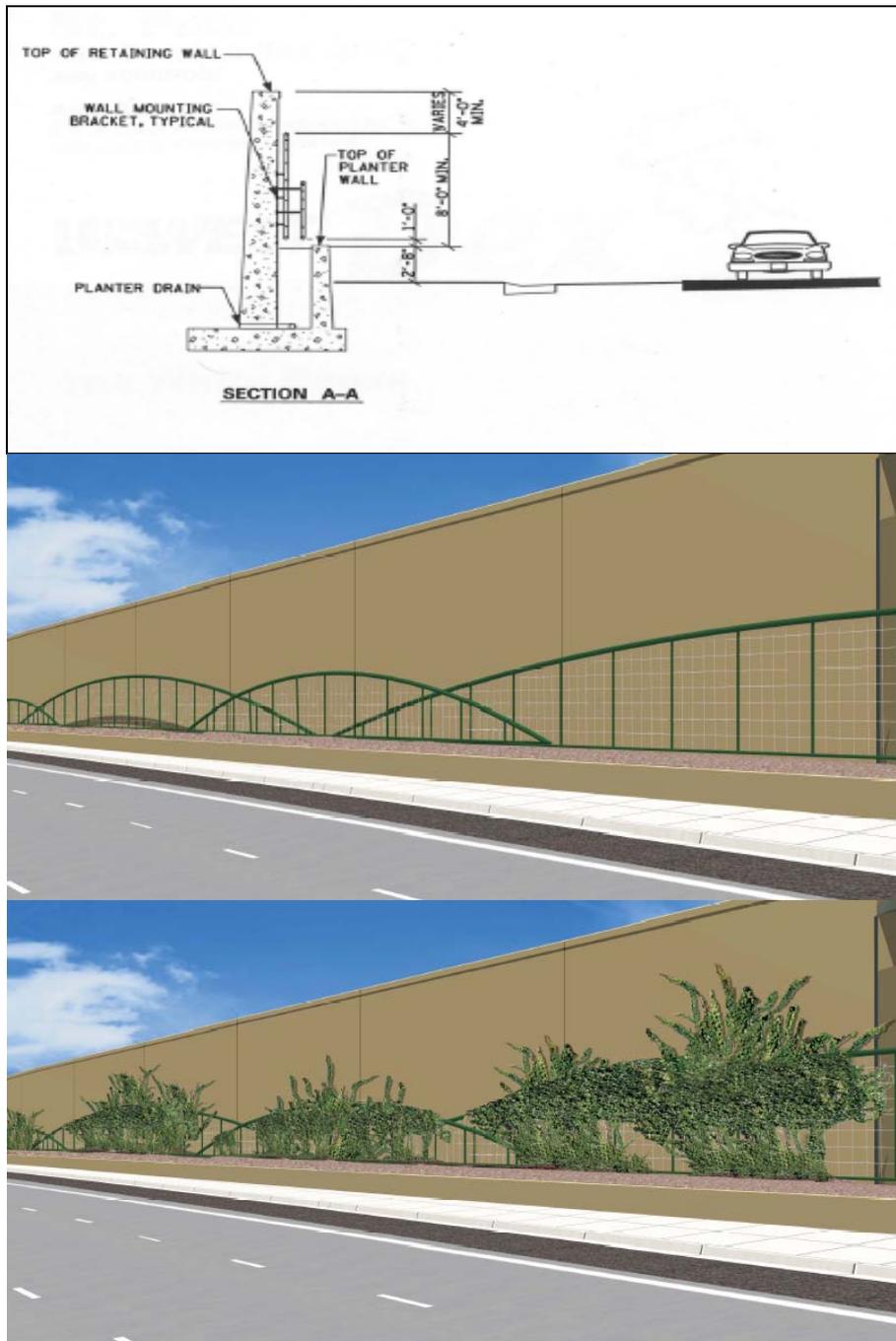


Fig. 4.51. Muro de hormigón con espacio para plantación



Fig. 4.52. La vegetación es efectiva para minimizar la altura de los muros o barreras sónicas.

- Donde sea posible, variar la pendiente del terreno ante el muro e integrarlo mediante vegetación puede minimizar la altura del mismo.

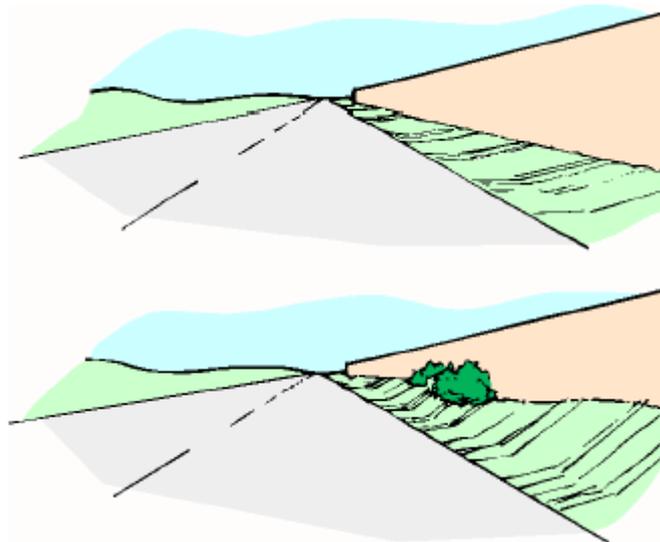


Fig. 4.53

Si el coste y la ubicación lo permite se puede plantear realizar el muro en varias alturas (terrazas) y plantar. Como veremos en el apartado dedicado a la *escala* una manera de actuar sobre la escala reduciéndola es *dividir* el elemento en varios elementos menores.

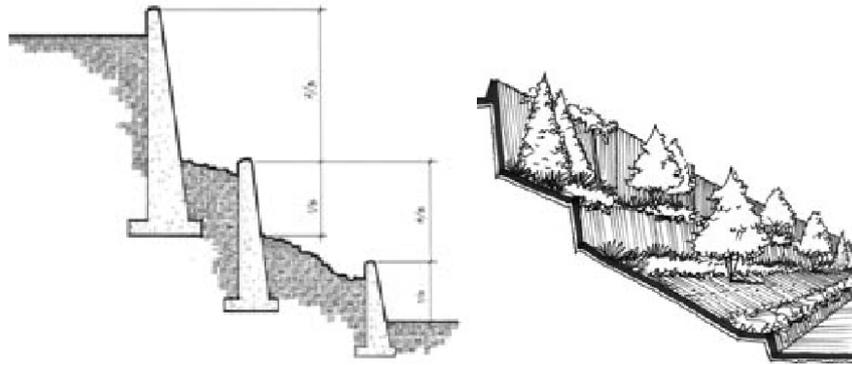


Fig. 4.54. Dividir el muro, cuando es posible, supone un mejor encaje de escala en el entorno.

- Iluminación como tratamiento estético de un paramento.
- Enrejados.
- Grafiados ornamentales: como señales de bienvenida.

Un paramento con un ligero talud va a ser más luminoso que otro completamente vertical.

#### 4.6 Circulación

Se pueden ver en la vía pública ejemplos de no haber tenido en cuenta la circulación. No considerar la circulación es sinónimo de oponerse a ella. De la misma forma que el agua busca siempre el camino más fácil, la circulación de personas, y sobre todo peatones, también, como se puede observar en este ejemplo de la figura:



Fig. 4.55: El césped ha cedido el paso a los peatones.

En el caso de una nueva obra lineal, hay que restaurar la circulación existente que dependiendo del objeto de la circulación será: paso inferior, obra de drenaje, paso de fauna, etc. Se habla de *permeabilidad* o *efecto barrera* de la obra lineal. Es uno de los aspectos más conflictivos en la implantación de la obra lineal.

Hay aspectos más subjetivos relacionados con la *circulación*. Ante un paso inferior, para vanos iguales, *preferimos* un número impar de vanos (o un sólo vano). Esta es una norma observada siempre en arquitectura. Es debido a la *circulación*. Cualquier estructura que se levanta dejando vanos es por que se espera que a través de ellos transcurra algo: un cauce, una vía, personas. Un

número par de vanos va a dejar justo en medio un apoyo. Y la observación de la circulación nos dice que se tiende a ir siempre por el camino del medio o por el medio del camino. Esto contribuye a explicar las *preferencias visuales*.

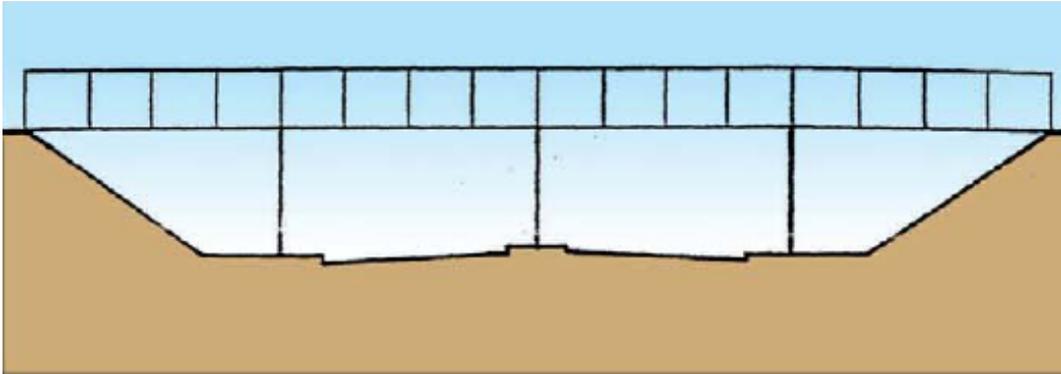


Fig. 4.56. Un número par de vanos crea inestabilidad visual.

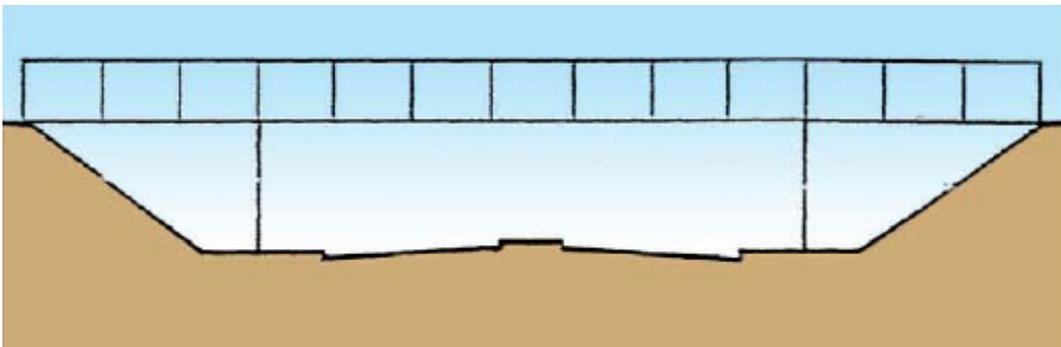


Fig. 4.57. Un número impar de vanos supone balance.

## 4.7 Proporción

Lo correctamente proporcionado, es atractivo.

- Razón<sup>4</sup>: comparación cuantitativa de dos partes similares.  $a/b$ . En general decimos que algo es desproporcionado cuando la razón con otro elemento similar es muy grande.
- Proporción: igualdad entre razones.  $a/b = c/d = d/e$ , etc. La proporción contribuye al orden. En particular, la sección Áurea  $a/b = c/a = \Phi = 1.618...$  ó *Número de Oro* lo podemos encontrar en la naturaleza (flores, conchas) o en las antiguas construcciones (Keops, Partenón).

<sup>4</sup> Los órdenes clásicos establecen como módulo de sus construcciones el diámetro de la columna, y el resto son razones de este módulo.

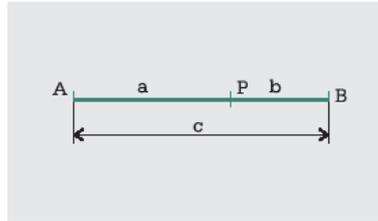


Fig. 4.58

Diariamente manejamos objetos en los cuales se ha tenido en cuenta las proporciones áureas para su elaboración. Por ejemplo, la mayoría de las tarjetas de crédito así como nuestro carné tienen la proporción de un rectángulo áureo. También lo podemos encontrar en las cajetillas de tabaco, construcción de muebles, marcos para ventanas, camas, etc.



Fig. 4.59

En arquitectura, pintura o escultura se usan las proporciones matemáticas (aritmética, geométrica y armónica).

En ingeniería la forma, el tamaño y la disposición, y con ello las proporciones, vienen marcadas a priori por:

- La *función* (de servicio): es decir, para lo que sirve.
- La función resistente: La resistencia de materiales y cálculo de estructuras. Entre otras cosas nos dice que si aumentamos dos veces la luz, nos aumentará cuatro el momento flector debido al peso propio, o que aumentando el canto disminuye la flecha al aumentar la inercia de la sección.

Por tanto el concepto de proporción comprende lo funcional (función, material, teoría de estructuras) y lo visual (razón, proporción). Las proporciones se analizan:

- Entre dimensiones geométricas de una obra terminada.

- Entre elementos de la obra, si las partes aparecen proporcionadas dan sensación de estabilidad<sup>5</sup>:
  - Superestructura-pilas portantes.
  - Canto-luz.
  - Altura-luz-anchura de vano.
  - Espesor pilas arco de fábrica-luces-altura de pilas.
  - Espesor en clave-espesor en tímpanos, para puentes arco.
  - Espesor en centro de vano-espesor en apoyos, en puentes viga de canto variable.

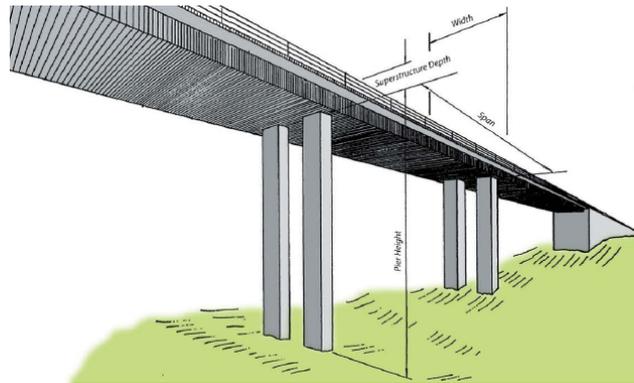


Fig. 4.60. En puentes hay ciertas dimensiones que gobiernan las proporciones.

Actuando sobre las proporciones se obtienen diferentes efectos:

- Puentes en arco: es posible un tablero más grueso que el arco y viceversa. Pero en un puente en arco el protagonismo es del arco frente al tablero, por ello percibimos mejor un arco más grueso que el tablero.
- Puente en arco por encima del tablero: si el grosor del arco es mayor que el del tablero se acentúa el carácter suspendido del tablero dejando claro que el arco asume la carga, es más expresivo. Si el grosor es el mismo, no queda claro quien soporta las cargas.
- Arco romano semicircular (de medio punto) en un paso inferior de gran luz se ve demasiado rígido. Le falta aligeramiento y rebaje.
- Puentes en arco de tímpanos llenos (y grandes) con espesor en clave ajustado al tablero. En este caso, se va a ver demasiado espesor en los apoyos y demasiado poco en el centro de los vanos.
- Puentes de vigas: el equilibrio de las proporciones es función de la relación entre los volúmenes de los elementos estructurales y las dimensiones del vano creado. Por ello tienen una limitación de la luz. El detalle más importante estéticamente es la esbeltez de la viga ( $h/l$ ). Con el pretensado se aumenta la esbeltez. También se intenta aumentar la sensación de esbeltez mediante artificios visuales:
  - Separar el tablero del pretil mediante imposta.

<sup>5</sup> La proporción, en tanto que relación lineal, tiene sus limitaciones con líneas y superficies curvas (formas de cubiertas por ejemplo). Sirve para comparar elementos lineales.

- Aumentando el grosor de los apoyos (pila, pilares, estribos) aumenta, de manera aparente, la esbeltez del dintel. Unos pilares demasiado finos producen la sensación de que no pueden aguantar la pesada viga, no inspiran confianza, aunque den bien los cálculos.
- Diseño de la sección transversal: en cuanto a lo que al aspecto estético se refiere:
  - Volar la losa del tablero lo suficiente como para ocultar la viga totalmente bajo su sombra. La viga queda totalmente en sombra y casi no se aprecia su esbeltez real.

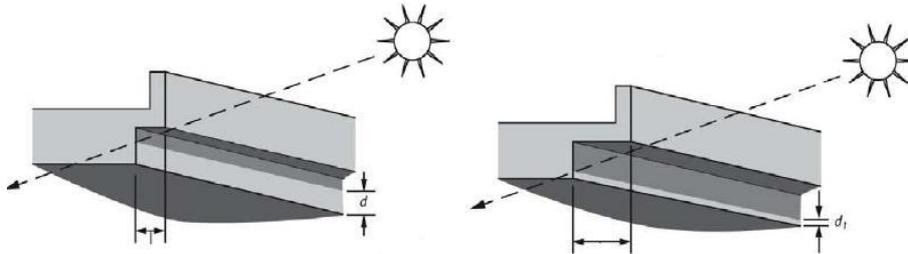


Fig. 4.61

- En vigas cajón, inclinando hacia fuera el alma lateral se pierde el efecto visual de su altura y mejora la sensación de esbeltez.
- Destacar la imposta dándole más altura, inclinación o color claro y ocultar mediante color oscuro la viga ( los colores claros destacan sobre los oscuros).

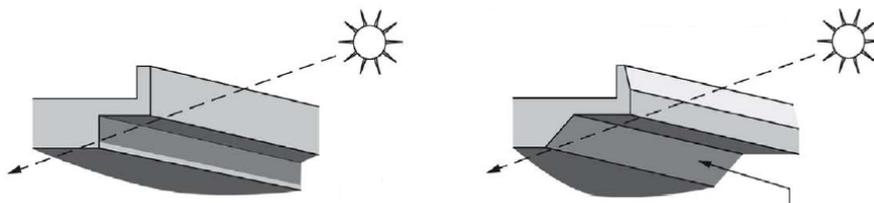


Fig. 4.62

- Diseño en alzado: Para Torroja [8] *el fondo de una viga es más agradable si tiene algo de contraflecha*. Lo justifica diciendo que las líneas que se corresponden a la deformación por efecto de la carga dan sensación de cansino agotamiento y de intranquilidad, en contraposición a las opuestas que lo dan de potencialidad.
- Puentes viga de canto variable: el canto de la viga sobre las pilas no debe ser muy grande (menor al doble del canto en el centro del vano). Las pilas han de ser robustas para contrarrestar visualmente la concentración de solicitaciones debida a la variación de canto.



Fig. 4.63. La viga, en los apoyos, se ve pesada.

- Puentes atirantados: El atractivo estético de estos puentes es basa en la gran esbeltez del tablero y en la expresividad de su mecanismo resistente. Los primeros puentes atirantados tenían de uno a tres cables, eran más transparentes si cabe. Pero el momento flector en la sección de suspensión requería un mayor canto que si se disponen más cables ( de 6 a 12 generalmente). Pueden tener el inconveniente de:
  - Pilas de anclaje demasiado pesadas. No obstante, mediante el uso de horquillas o sillas el cable atraviesa los pilonos eliminando los anclajes de las pilas reduciendo el grosor de las mismas.

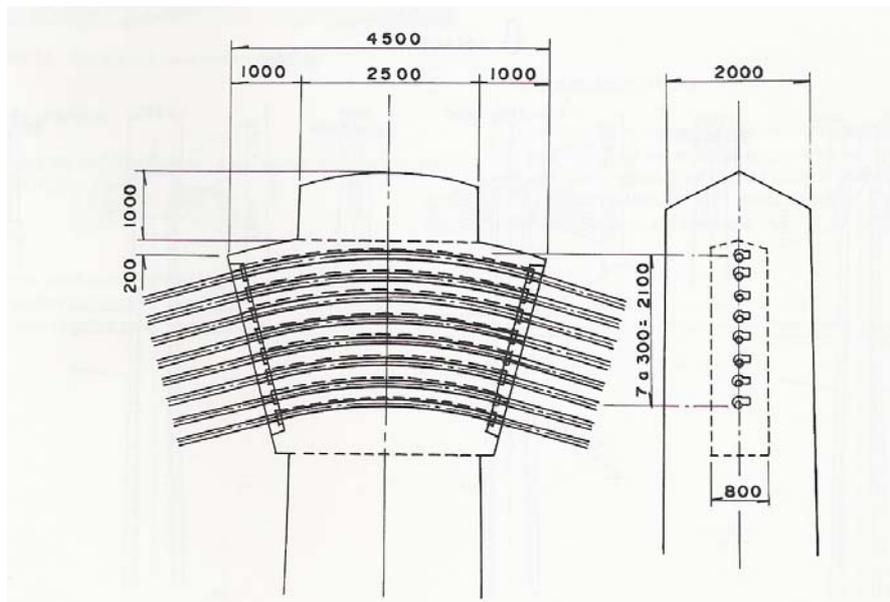


Fig. 4.64. Horquilla o silla en pilono.



Fig. 4.65. Maumee River Bridge, Toledo (Ohio)

- Arriostramientos transversales en pilas dobles.
- Puentes colgantes: pueden salvar grandes luces con un efecto de suspendido en el aire. Esta sensación le da la ligereza y esbeltez del tablero en contraste con la robustez de los pilonos. Su monumentalidad y características les hacen ideales en accesos a grandes ciudades, entradas a grandes puertos y lugares de por sí espectaculares.
- En general:
  - Proporción altura-luz: mantener la proporción entre la altura del vano y la luz supone armonía. En el alzado de un puente, se verán luces crecientes en alturas crecientes de modo que las hipotenusas definidas por la altura y la luz del vano serán paralelas.
  - Un pórtico de mucha altura (más alto que largo) no gusta.



Fig. 4.66

## 4.8 Escala

Escala: modo como percibimos el tamaño de un elemento (constructivo) respecto a las formas restantes. Como formas restantes utilizamos las disponibles alrededor, donde siempre podemos contar con la humana (escala humana). La escala nos da la estimación del peso visual de un objeto. En

general el hombre tiene la habilidad de percibir si la escala de los objetos es la apropiada en su campo de visión.

En espacios tridimensionales, la altura influye sobre la escala en mucho mayor grado que la anchura y la longitud. Des de este punto de vista un paso inferior siempre está más justificado que una pasarela peatonal.

La distribución de los tamaños de todos los objetos en un paisaje es el *contraste de escalas*, y puede ser: alto, escalonado o nulo. Una distribución escalonada da mayores garantías de integración en el entorno.

Como regla general, ningún elemento simple debe dominar sobre la composición visual.

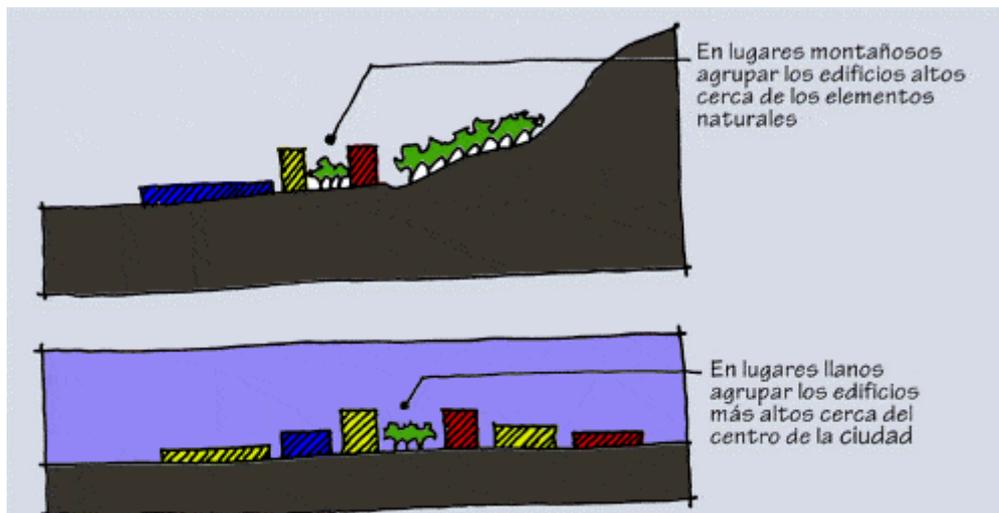


Fig. 4.67

El tamaño de los elementos de una actuación en ingeniería civil no es arbitrario, responde a un dimensionamiento bajo solicitaciones máximas, por tanto cuando haya un problema de escalas lo va a haber por exceso. Las infraestructuras se dimensionan para vehículos en movimiento (transporte) o para transporte o gestión de masas de agua (hidráulicas) y por tanto la escala resultante es importante, sobre todo cuando interfieren con el espacio del peatón (en el paisaje aparentan estar “en escala”).

Entonces se trata de encontrar maneras de reducir el tamaño aparente del elemento infraestructura para que encaje más en un entorno de menor escala. En algunos casos se puede:

- Dividir para hacer más pequeño: si uno es muy grande, plantear dos o más. Por ejemplo las calzadas separadas de los parkways americanos, o las pilas y arcos de puentes.



Fig. 4.68. Portal de Castilla, Dos parejas de arcos en lugar de dos arcos.

- Modificar la escala del entorno: aumentar el tamaño de elementos secundarios para acercarse más a un contraste gradual de escalas.
- Ilusión: la visión humana es susceptible de la manipulación. Por ejemplo dotar de líneas verticales a una columna, la hace aparentemente más esbelta.



Fig. 4.69. La línea B parece más larga que la A. El paso superior, con los estribos inclinados parece más largo, luego el tablero parece más esbelto.



Fig. 4.70. Autovía del Baix Llobregat. Las pilas tienen una línea vertical claramente definida por medio de rehundido y color que las hace parecer más altas y por ello más esbeltas.

En una obra hay diferentes escalas a considerar. A grandes rasgos pueden haber tres escalas: regional, local y de detalle. La estructura debe complementar la escala de los elementos del entorno y los elementos secundarios deben complementar la estructura. Trabajando la escala de detalle

veremos si una determinada textura o si el refinamiento de la forma de un pilar, por ejemplo, se van a percibir. Por ejemplo en la siguiente figura, el diseño puede parecer simple a poca distancia, pero será vista a centenares de metros. El detalle es más importante en zonas donde transita el peatón y para ello hay soluciones de color y textura para pavimentos y paramentos.



Fig. 4.71. Pila de puente en Francia

Un muro de sillería o de mampostería consta de dos o tres escalas. La primera es el paramento por completo, la segunda la que forman las juntas entre piezas, y la tercera, si es el caso, la textura más o menos rugosa de cada una de las piezas. Por este motivo y por el color son mejor aceptados que los muros de hormigón.



Fig. 4.72. Un muro grande se integra mejor con la textura de los bloques.



Fig. 4.73. Este muro es menor que el anterior, pero el patronaje a base de piezas grandes aumenta su escala aparente

## **4.9 Principios ordenadores, conformadores o estructurantes**

El proceso de estructuración del espacio se lleva a cabo en un plano material, mediante principios formales y principios basados en el orden, y en un plano más conceptual, mediante principios estructurantes o semánticos.

En ingeniería civil muchos de estos principios no van a tener la misma relevancia que en otros campos. Se pueden utilizar intencionadamente, o quizás por la propia naturaleza del elemento a proyectar ya estén incorporados.

La sistemática de la visión se puede dividir en tres ámbitos:

- Elemental: tamaño de una forma, su situación en el campo visual, el color, la luminosidad, la intensidad cromática, etc.
- Estructural: el orden, la complejidad, la riqueza y el movimiento.
- Semántico: expresión y comunicación.

### **4.9.1 Orden: Ley del buen orden**

El orden se logra limitando el número de líneas y aristas en el espacio; implica continuidad. Un número excesivo de direcciones de aristas, barras, etc, crea en el observador sensaciones desagradables. El motivo es que al observador tiende a gustarle lo que entiende a simple golpe de vista. Tanto en un paisaje, como en una construcción. Es aplicable a objetos, construcciones, paisajes, etc. Es una regla de aplicación universal.

De todos modos, el orden carente de diversidad puede desembocar en monotonía y hastío; la diversidad sin orden puede producir el caos.

El orden puede forzarse de varias maneras:

1. Eliminar: por ejemplo evitando travesaños o rigidizadores entre pilonos o entre arcos.

En celosías, cuando las barras presentan muy diferentes direcciones dan lugar a un embrollo inquietante que no puede considerarse bello, a pesar de satisfacer otras consideraciones funcionales. Pueden tener un aspecto satisfactorio si se limita al mínimo el número de direcciones de las barras en el espacio, no basta con el orden en el alzado geométrico, pues en una vista oblicua se producen cruzamientos con barras en otros planos. Lo mismo pasa en estructuras espaciales como las cubiertas.

2. Ocultar: estribos y cimentaciones en el terreno, anclajes de cables en el tablero y en el pilón un puente atirantado, apoyo de losa en estribo, drenaje dentro de la sección del tablero y de las pilas, rigidizadores y diafragmas en una sección cajón metálica, etc.



Fig. 4.74. Puente en la República Checa. Estribos enrasados al talud.

3. Conjuntar, agrupar:

a) Empotrar en lugar de superponer. Ejemplos:

1. Los elementos auxiliares contribuyen en el acabado general.



Fig. 4.75. Izquierda: pletina superpuesta. Derecha pletina embebida.

2. Dinteles de viaductos de vías segregadas, donde el problema de los gálibos ha llevado a integrarlos en el tablero y con ello se contribuye al orden. Es otro ejemplo de solución técnica que introduce mejoras estéticas.



Fig. 4.76. La solución de vigas simplemente apoyadas en dinteles sobre pilares es económica pero inaceptable estéticamente.

- b) Alinear o disponer paralelamente:
    1. En una disposición en arpa de cables, éstos permanecen paralelos en una vista oblicua, con lo que en este sentido, es una disposición más ordenada que en abanico.
    2. Vista de un puente desde abajo, alinear los postes de iluminación con las pilas.
    3. En el caso de un puente sobre otra vía, río o valle: todas las líneas y superficies de los elementos transversales al puente deben ser paralelas al río o valle, y esto comprende pilas, estribos, diafragmas y similares [5]. En cualquier caso las pilas y estribos, en un río, deben ser paralelas a la corriente por hidrodinámica.
  - c) Juntar, confluir o hacer coincidir:
    1. En una dirección: si hay que disponer demasiadas (4 ó más) pilas en una sección transversal, es mejor disponer una pila continua.
    2. En un punto: En puentes de arco con tímpanos aligerados se suele hacer coincidir el arranque del arco con el apoyo de uno de los tabiques.
  - d) Agrupar por medio de atributos como color, textura.
4. Suavizar o dar continuidad.
- a) Pilares redondos.
  - b) Evitar cambios bruscos de curvatura.
  - c) Tipologías que se adapten a las curvas, en lugar de lograrlas con poligonales (ver Fig. 4.14 y 4.15.). La sección cajón con el método de voladizos sucesivos ha contribuido al orden pues todas las líneas y aristas longitudinales del tablero discurren paralelas al eje curvado.

Des de muchos aspectos, pero desde el orden fundamentalmente, las barreras de las carreteras son un problema estético, a pesar de ser óptimas funcionalmente. Debido a ello, hasta el momento, solamente se permiten variantes en pocos casos, generalmente en los tramos de viaducto.

#### 4.9.2 Eje

La alineación tiene la capacidad de organizar los elementos y sus relaciones entre sí y con la totalidad. Permite que una conexión visual de los elementos incluso si no están cerca en proximidad. Ayuda a crear unidad y balance.

Tiene las siguientes características:

- Poder dominante.
- Regulador.
- Implica simetría, demanda equilibrio.

- Diferentes perspectivas a lo largo del recorrido.

La organización axial puede ser:

- Sutil o dominante.
- Estructurada o formal.
- Variada o monótona.

Hay múltiples maneras de definir un eje:

- Dos puntos.
- Sucesión de puntos.

#### 4.9.3 Simetría / asimetría

La simetría es un elemento de orden suficientemente acreditado. En muchas ocasiones la simetría o asimetría viene dada por el propio elemento. En este apartado, no obstante, se trata intencionalmente como elemento organizador en una composición.

Puede ser:

- Central.
- Axial. Paralelismo, reflejos en el agua.

En arquitectura la regularidad y la simetría se suelen reservar a espacios que destaquen en la organización total por su significación o relevancia.

Por oposición a simetría tenemos asimetría. La asimetría tiene atractivo. En proyectos de ingeniería se puede considerar en el ámbito de la composición arquitectónica (para distribuir una planta, y en “lo conceptual” en general) o en las formas estructurales. Por ejemplo un pilono con tirantes en un lado o una sección transversal asimétrica o un arco inclinado. Significa salir del marco de las formas lógicas y avaladas por la naturaleza (equilibrio) para introducir una variación que puede resultar bien por aportar *variedad*. Ahora bien, si se generaliza su aplicación, y se trivializa como recurso, puede resultar artificioso<sup>6</sup>

En ingeniería civil, una vez más, en el caso de los puentes, podemos ver ejemplos en los que se tiene en cuenta la *asimetría*<sup>7</sup> de la zona del proyecto para reflejarlo y destacarlo en el diseño del puente, en tanto que infraestructura que une A con B. Esta consideración puede contribuir a la integración en el entorno. Ejemplos de asimetría:

- Puente del Alamillo. Santiago Calatrava. Fig. 1.3. El concepto de asimetría es lo más evidente en este diseño. La función de *landmark* fue más importante que la eficiencia en este caso. El diseño es sencillo

<sup>6</sup> [6] Javier Manterola, en *Javier Manterota. Pensamiento y obra*.

<sup>7</sup> La simetría es, en general, no intencional.

en su concepto. Pero en este caso una idea, en principio sencilla, tuvo ciertas implicaciones para su construcción:

- El gran momento flector en la base del pilono que causa esta disposición de pilono-viga en voladizo.
- Para evitarlo, se dimensiona la torre con un peso suficiente (relleno de hormigón armado) que compense la fuerza de los cables, de modo que la resultante coincida con los 32 grados de inclinación vertical. El peso es entonces siete veces el inicial, hace falta un pie en la base y redimensionar la cimentación.
- El gran peso de la torre exigió una determinación exhaustiva de las acciones (viento, térmicas) y las variaciones de carga condujeron a un intenso control y monitorización durante construcción.

Como estructura es perversa, como *landmark* muy eficaz. ¿Hubiera resultado igual el mismo diseño pero con cables dorsales? El diseño pierde toda la gracia con un sólo cable dorsal.

- Puente de la Ronda Norte sobre el río Vinalopó, Elche.



Fig. 4.77. Refleja la asimetría urbanística entre márgenes del río Vinalopó.

- Pasarelle de la Rocade. Marc Mimram, 1989. Este puente metálico tiene una longitud de 75 metros y es una estructura asimétrica en consonancia con el paisaje del anillo de autovía en el que se encuentra. Por el lado donde se extiende el campo abierto el puente descansa directamente sobre el terreno en el que queda encastado mientras que por el extremo opuesto y encarando a la ciudad la pasarela se sostiene gracias a una articulación artificial en forma de trípode que actúa como contrapeso y apoyo. Es por ello un diseño que se integra en el paisaje debido a que lo considera.



Fig. 4.78. Pasarelle de la Rocade.

La simetría, sin embargo, es algo más natural. Siguiendo las leyes físicas, se obtiene generalmente simetría. En algunos casos se puede buscar intencionadamente un juego con la simetría que aporte gracia a un diseño. Por ejemplo el reflejo de las pilas en el agua de un puente sobre una masa de agua.

#### 4.9.4 Orientación

La orientación puede ser hacia un punto o en una dirección.

La finalidad de la orientación es permitir la movilidad para hallar un fin. Pero en sentido más amplio, constituye un organizador de hechos y posibilidades. Es un esquema referencial que ordena la situación relativa de los objetos.

Puede tratarse de un sistema de referencia abstracto como el de coordenadas, o de un sistema de focos de actividad que organizan lo demás en torno a él, como por ejemplo el sol, la línea de costa o un río.

A la hora de proyectar hay que tener en cuenta las alineaciones naturales que ordenan el territorio: alineaciones montañosas, dirección general de los ríos, pendiente del terreno, orientación respecto al sol. Son direcciones principales del territorio y constituyen referencias primarias de orientación.

#### 4.9.5 Balance

Se trata de lograr un equilibrio del peso visual de los objetos del paisaje. Es la combinación de elementos opuestos en una composición, de la que resulta un equilibrio visual. Se percibe una composición estéticamente placentera si esta está balanceada. El balance necesita una simetría:

- Central: el centro es una posición con poder de balance.
- Axial: Muchas composiciones de éxito logran el balance utilizándolo simétrica o asimétricamente.
  - Simétrico: formal, reduce el nivel de complejidad.
  - Asimétrico: dinámico.

La topografía y el carácter del lugar pueden dar la pauta de simetría.

El balance es un equilibrio en sentido abstracto (masa, peso visual, textura) más que en sentido físico.

#### 4.9.6 Pauta

La pauta organiza un modelo arbitrario de elementos a través de su continuidad y presencia permanente. El orden se logra mediante línea, plano o volumen de referencia que puede vincularse con los demás elementos de una composición.

La pauta lineal es fácilmente perceptible. La pauta mediante plano o volumen de referencia requiere una regularidad claramente visible.

- Línea. Forma campo neutro y unificador.
- Plano. Reunir elementos bajo de sí, actuar como fondo, marco de elementos.
- Volumen. Contener (nave, edificio), organizar a lo largo de su perímetro (plaza, patio).

#### 4.9.7 Repetición

La repetición de elementos puede utilizarse para realzar y clarificar la información. La repetición agrega interés visual y ayuda a identificar los elementos que forman grupo. Puede aportar consistencia.

La repetición constante de elementos contribuye a crear unidad visual. Los elementos repetidos no tienen por que ser idénticos en aspecto, de modo que su conexión es clara debido a su similitud.

#### 4.9.8 Movimiento

Disposición de elementos visuales tal que sugieren movimiento o dirección. El uso de la dinámica puede dar un sentido de acción o movimiento (frente a la calma o sosiego).

Crear una composición dinámica implica el uso de patrones o de repetición de elementos.

La dinámica puede existir en tres formas:

##### **Ritmo.**

La repetición de elementos iguales o similares, produce un ritmo que puede proporcionar orden, aunque si es excesivo, da lugar a monotonía por lo predecible que es. Por el mismo motivo da *unidad*.

Hay infinitos elementos en obra civil que, por su naturaleza, constituyen ritmo. A continuación se presentan unos ejemplos:

1. En puentes de series de arco, la sucesión de los arcos es un ritmo; que puede ser constante o no. Al igual que la sucesión de tabiques de un puente en arco con tímpanos aligerados. En este caso, la separación entre tabiques sobre el arco podría ser diferente de la que hay más allá del arco. Pero estéticamente hay más orden si el ritmo es constante.



Fig. 4.79

2. Por el mismo motivo se ha dejado de hacer pilas más gruesas en los arranques y juntas en el tablero a la altura de éstos para hacer tablero continuo y pilas iguales, manteniendo el mismo ritmo en toda la ladera.
3. Cualquier combinación en plantaciones ( simple, paralelo, tresbolillo, en grupo, etc) aporta un ritmo que ayuda a percibir la alineación del trazado en una carretera. Combinando esquemas se puede lograr continuidad, transición, fluctuación, etc. Así se puede asociar un determinado ritmo a subida o bajada, vacíos y sólidos, espaciado y denso, debilidad y fuerza.
4. Costillas de la sección transversal de un tablero. Este elemento se ha popularizado junto con la atención que, desde hace tiempo, se le presta al aspecto de la sección transversal vista desde abajo. Autores como Javier Manterola proponen nuevas formas en muchos de sus puentes.



Fig. 4.80

### ***Arritmia.***

Ritmo sin orden o estructura, azaroso. Puede aportar espontaneidad o interés visual en una composición.

### ***Secuencia, direccionalidad.***

Un cambio gradual en forma, textura, color o tamaño induce al movimiento y dirige el ojo poco a poco hacia el foco de interés (acceso, una dirección particular, etc).

Desde este punto de vista un caso particular de secuencia puede ser la homotecia.

#### 4.9.9 Transformación

La transformación comporta el estudio del pasado (experiencias, realizaciones anteriores, cultura) y el intento de emularlo, de imitarlo o de incorporar su esencia.

El proceso de transformación no se basa en una copia de lo anterior o de lo existente [13]:

- Hay que captar y comprender perfectamente el sistema ordenador del modelo original y prototipo.
- Introducir cambios y permutaciones apenas perceptibles.
- Nuevo diseño, manteniendo el concepto inicial.

En el contexto de la obra pública, la transformación tiene más sentido que en la edificación privada, pues lo público puede sentirse más obligado a reconocer e incorporar lo anterior que lo privado. La tendencia hacia una mayor implicación ciudadana (*public involvement meeting*) da a entender un cierto abuso del concepto *transformación* dado que suele ser del agrado del público.

No quiere decir esto que siempre se tenga que condicionar un diseño al pasado. En lugares históricos, incluso, puede estar justificado utilizar estructuras modernas con cánones estéticos actuales, pues se está haciendo lo mismo que hacían los constructores de la época. Por ejemplo la Pasarela de la Cartuja.



Fig. 4.81. Pasarela de la Cartuja de Sevilla.

Otro ejemplo es el nuevo puente sobre el río Besòs, que apenas a cinco metros de distancia del antiguo, no tienen ninguna relación.



Fig. 4.82. Puentes contiguos sobre el Besòs en calle Eduard Maristany.

En el caso del puente Lusitania de Santiago Calatrava en Mérida:

- Pasarela peatonal atraviesa los estribos de los arcos de hormigón con un pórtico romano.
- La imagen arquetípica del puente romano encuentra su reflejo en la configuración del intradós del tablero, que al igual que aquél, dispone de tornapuntas en arco a lo largo del mismo.
- El gran arco central contrasta con el carácter mural de la obra romana.

La transformación es un juego, en el que lo nuevo se comunica con lo anterior.  
Ejemplos:



Fig. 4.83. Patrones de flor de loto en la barandilla del Rama VIII Bridge de Bangkok.



Fig. 4.84. El mirador en el punto más alto de la torre simboliza una flor de loto cerrada.

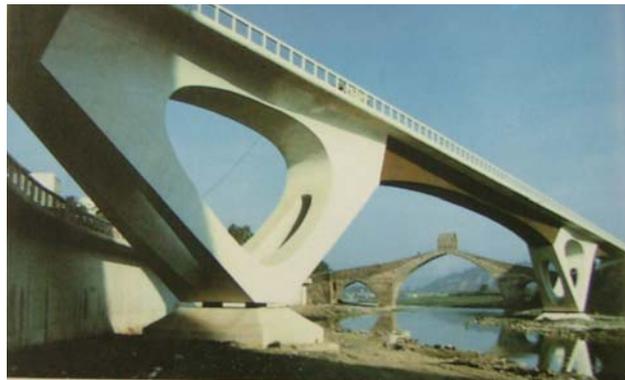


Fig. 4.85. Las pilas del puente de J. A. Fernández Ordóñez en Martorell, doblemente agujereadas, son una transformación de la silueta del emblemático Pont del Diable.

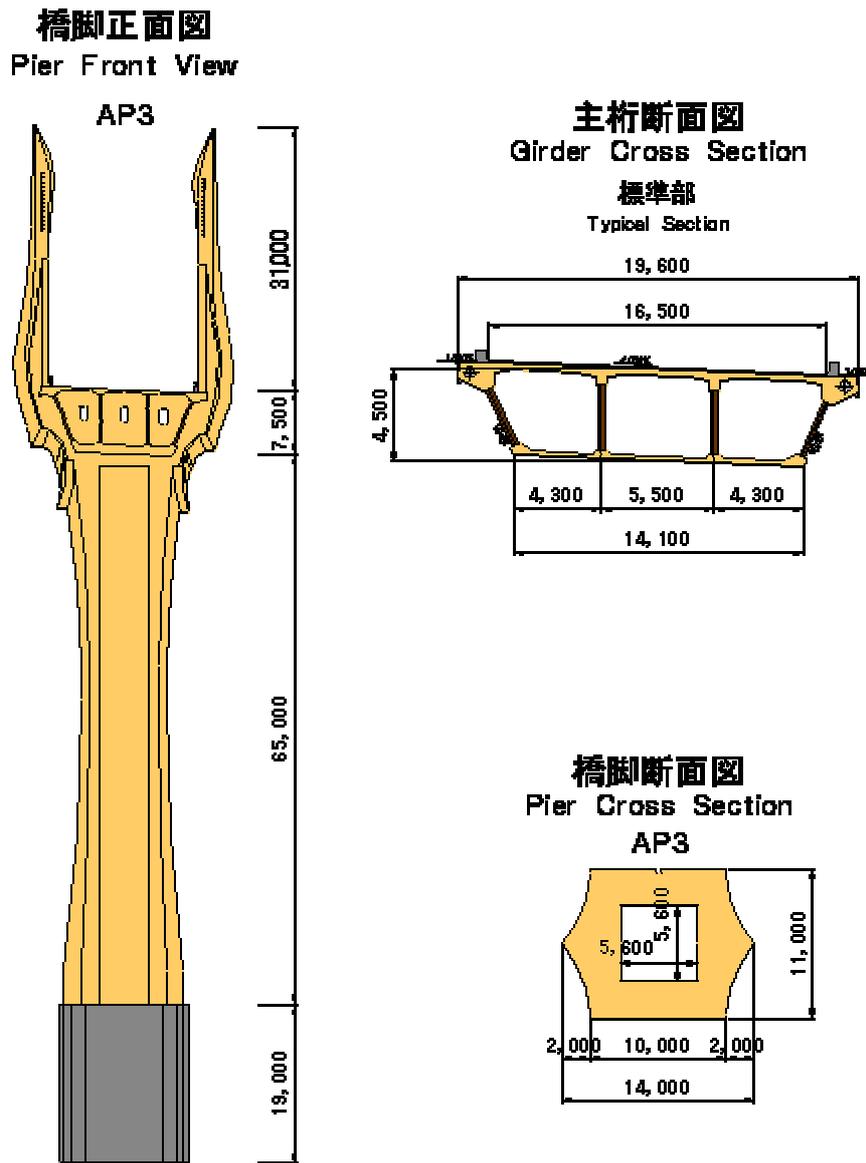


Fig. 4.86. Ritto Bridge en Shiga Prefecture, Japón. Los pilonos con bisel curvo tienen reminiscencias samurai.

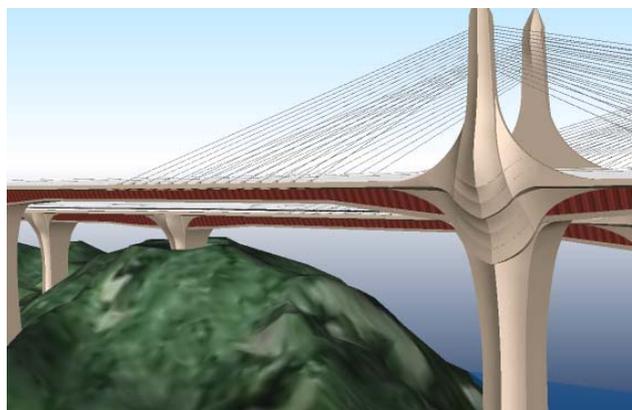


Fig. 4.87



Fig. 4.88. Es un puente de hormigón atirantado de pretensado extradadosado.

#### 4.9.10 Jerarquía. Dominio por valor

Grado de importancia y cometido funcional que un elemento juega dentro de una organización espacial.

Dotar una forma o un espacio de una mayor significación mediante la creación de una excepción, anomalía, contraste en la composición:

- Color.
- Escala: dimensión excepcional.
- Forma: única, singular.
- Localización estratégica: punto de mayor frecuencia de observación. Suelen ser ubicaciones elevadas.

Los puntos jerárquicamente importantes pueden comportar:

- La conclusión de una secuencia lineal o de una organización axial.
- El foco de una organización radial o central.
- La oposición, en la parte superior, inferior o en el primer término de una composición.

La jerarquía visual dispone elementos para crear puntos focales colocando su prioridad dentro de un concepto en su totalidad.

El peso visual refiere al tamaño y a la escala relativos de los varios elementos en un diseño. Esto da el significado a la relación entre los objetos, o partes, de un conjunto. La escala se utiliza para crear la relación que pone en contraste del tamaño entre los elementos en una composición.

#### 4.9.11 Integración en el entorno

La integración en el entorno es un objetivo siempre, además de un criterio de ordenación, natural en este caso.

El proceso de ajuste de la obra al entorno es un mecanismo complejo. Se estudia a través de cuatro propiedades Aguiló [14]:

- Ubicación: dónde se ubica la obra.
- Configuración espacial: cómo se dispone.
- Fronteras y vínculos: hasta donde llega.

- Articulación: cómo se expresa su relación

La sucesión de arcos de tablero inferior no encaja tan bien con el entorno como lo hace un único arco. El tablero inferior se dispone cuando la rasante ha de ir a poca distancia del terreno, esto suele ser en terrenos horizontales. Si bien un arco de tablero inferior es una anomalía con gracia en un entorno horizontal, la sucesión de arcos de tablero inferior es una sucesión de anomalías que no es bien percibida.



Fig. 4.89

La siguiente figura es una celosía de tablero inferior en un paisaje de montaña. Es una estructura con un carácter horizontal y recto, buena solución cuando hace falta respetar un mínimo gálibo existente; nada tiene que ver con el paisaje montañoso, en el que no hay limitaciones de gálibo, en el que no hay nada horizontal ni recto. Un arco se integra mejor en este entorno.



Fig. 4.90

A pesar de lo complejo, hay metodologías publicadas [15]. El procedimiento consta de dos fases:

- Análisis del paisaje previo.
- Efecto paisajístico de la obra pública.

Como resultado se obtienen unas recomendaciones:

- Localización de las actuaciones: ubicación de los elementos de la actuación a partir de los resultados de la evaluación del efecto paisajístico, dirigiendo la actuación hacia aquellas unidades de paisaje de menor calidad.

- Diseño, disposición, detalles, materiales o acabados (textura, color, formas) de los elementos de la actuación a partir de las conclusiones del análisis del efecto del paisaje.

Como ya se ha dicho anteriormente, en espacios tridimensionales, la altura influye sobre la escala en mucho mayor grado que la anchura y la longitud; más cuando se sobrepasa la línea del horizonte.

Las infraestructuras no se pueden integrar completamente nunca, es obvio. De hecho son términos casi opuestos. Por ello, cada vez más, se opta por enterrar. De este modo se consigue la total mitigación de los impactos de su presencia y de su uso. En el entorno rural se restaura la superficie sobre un falso túnel y en el entorno urbano se gana espacio para la ciudad.



Fig. 4.91. Puente Verde en Alemania, *amphibian crossing*.

En túneles, la ejecución de los emboquilles genera un gran desmonte, con un consecuente impacto visual. El menor impacto posible sería el de ejecutar el túnel respetando finalmente la orografía existente. Es decir que el acceso al túnel se dé a través de la intersección del terreno con la proyección longitudinal al eje de la vía de la sección de túnel. Para ello hay que ejecutar un falso túnel en cada emboquille a modo de restauración de la orografía y acabar el contorno visto del túnel respetando también la orografía (no con un plano vertical o inclinado hacia la vía).

La vegetación sirve para integrar la obra. Es un elemento fundamental en el paisaje y en las obras públicas resulta muy práctico para mitigar los impactos que genera una nueva actuación.

Otro elemento fundamental del paisaje es el propio terreno. Como hemos visto en el apartado de muros y paramentos verticales, hay ya técnicas que intentan restaurar el acabado de la roca tras un corte en talud, emboquille de túnel, etc. Tras una actuación de excavación en roca, ésta queda expuesta. Dependiendo del tipo de excavación lo que se ve va a ser diferente del aspecto normal de la roca en cuanto a discontinuidades, textura. Una manera de integrar es intentar "restaurar" el aspecto normal de la roca con limpieza, destacar discontinuidades naturales, ocultar discontinuidades provocadas por la excavación, envejecimiento artificial de la superficie simulando erosión con chorro de arena. Hay métodos patentados como *Talus Royal* (Francia).

### ***El factor tiempo en el proceso de integración***

La integración es un proceso, y como tal el factor tiempo es importante. Con el tiempo, se favorece la integración de un objeto en el paisaje. Esto pasa cuando las gentes han aceptado el objeto que un día les fue impuesto en el territorio: lo identifican como propio. Un ejemplo es la instalación de generación de energía eléctrica de la figura:



Fig. 4.92. Sant Adrià de Besòs.

Se construyeron en 1972. Treinta años han sido suficiente para que hayan pasado a ser parte de “lo vernacular” del municipio. Cuando cese la actividad de la central, las torres permanecerán por voluntad de los propios ciudadanos. Lo paradójico es que si la ejecución de estas chimeneas se intentara realizar hoy en día, con total certeza, la oposición ciudadana sería unánime.

#### **4.9.12 Armonía**

La armonía es la cualidad de aquella composición (de un paisaje, lugar, espacio, construcción, objeto) que favorece su disfrute y contemplación basándose en la organización equilibrada de las diferentes partes que lo componen. Es un tipo de pauta. Allá donde haya armonía habrá:

- Variedad: diversidad, contraste, complejidad.
- Equilibrio: entre las partes componentes, relaciones de complementariedad.
- Orden.
- Integridad: lo truncado, como ya hemos dicho, hace sufrir al entendimiento.
- Similitud: si las partes (líneas, planos, formas) tienen más diferencias que parecidos, no se percibirá una armonía.

En viaductos sobre valles anchos se consigue una distribución armónica cuando se van reduciendo las luces en las laderas, de tal forma que las diagonales de los huecos de los vanos tengan la misma inclinación (repetición de las mismas proporciones).

De este modo se corresponden luces menores con alturas libres menores, destacando el tránsito hacia los estribos y el final del puente.

La relación de luces  $A + B + A$  es armónica (también es simétrica).

### 4.9.13 Unidad

La unidad es el principio por el cual los elementos trabajan juntos logrando un sentido de armonía. Se logra mediante la consistencia de los elementos, usando la repetición o el patrón. Implica continuidad, simplicidad:

- similitud, semejanza: unas partes están relacionadas con otras, unas partes te recuerdan a otras.
- excesiva unidad es monotonía
- se logra mediante temas de color, forma, textura, sin usar exactamente las mismas.
- sirve para evitar la confusión, implica simplicidad.

El concepto de unidad va asociado a la escala considerada. Se puede hablar de unidad en un puente o en un tramo de vía por ejemplo.

Dado que las actuaciones en infraestructuras se dan en diferentes décadas, suele pasar que, dentro de la escala que se considere, hay una falta de unidad en la apariencia de elementos como estructuras, señales, cercados, iluminación, etc.

En el alzado de un puente la imposta se prolonga más allá de los estribos para dar unidad al puente siguiendo el mismo recorrido que la barandilla; también se consigue así evitar la caída de agua sucia sobre los paramentos laterales de los estribos.

El puente Sancho el Mayor, sobre el río Ebro en Navarra, es de trazado recto en planta y las costillas o ménsulas transversales son de perfil linealmente decreciente (rectas) hacia la imposta.

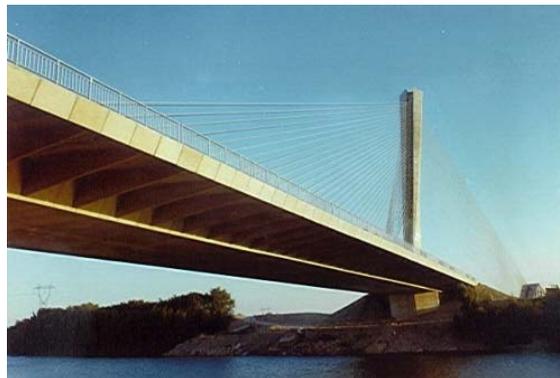


Fig. 4.93. Puente Sancho el Mayor.

Si la planta es curva, las costillas pueden ser de perfil decreciente curvo.

Si el alzado es curvo, no queda bien un puente de viga de canto variable con variación brusca (con cartabones). Si la rasante es curva, el puente se sitúa bajo un acuerdo entre accesos en rampa, entonces la variación de canto debe ser gradual en correspondencia con el trazado curvo de la imposta[5]:

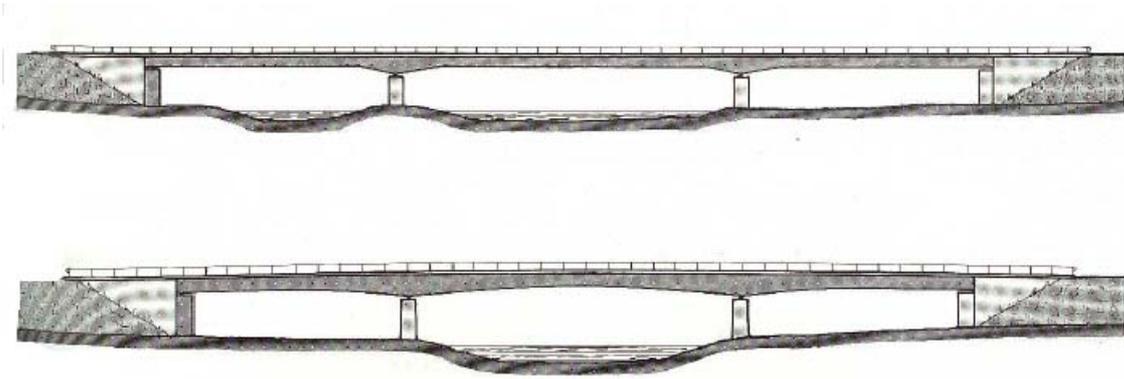


Fig. 4.94.

#### 4.9.14 Singularidad formal. Contraste y énfasis

Singular no necesariamente significa descontextualizar. Si sirve para cualquier sitio, es que no sirve para ninguno [3]. Así como en arquitectura existe el debate entre contextualizar o salirse de contexto, en ingeniería civil salirse de contexto está fuera de los límites de la responsabilidad social y cultural.

##### **Contraste.**

Un uso eficaz del contraste le permite agregar interés a la composición destacando elementos específicos. Esto dará lugar a una composición visualmente más llamativa. El contraste será oposición de elementos contrarios: grande-pequeño, claro-oscuro, liso-rugoso, etc.

El contraste es más eficaz cuando es fuerte; el punto focal de un diseño es generalmente el resultado del contraste donde los ojos serán conducidos naturalmente. Aquí el contraste se puede utilizar para dirigir el foco de una composición. Es importante recordar que un uso ineficaz del contraste puede dar lugar a la confusión.

El contraste puede aportar orden por medio del balance.

Contraste entre el arco de central del Puente de la Plata y la obra romana de Mérida [16].

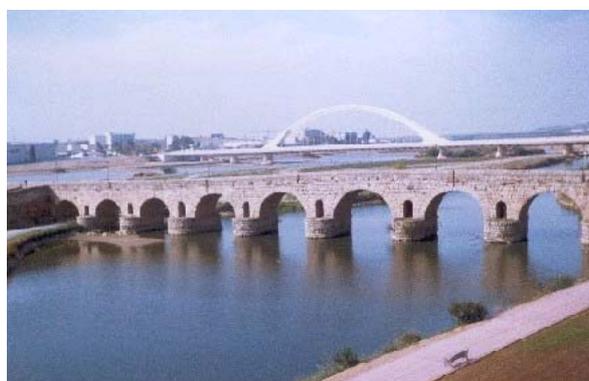


Fig. 4.95

### **Énfasis.**

El énfasis dirige al punto focal o al centro del interés de una composición. Ésta es un área visualmente dominante.

Utilizado eficazmente con la jerarquía visual puede ayudar a establecer un foco primario y alternativos énfasis secundarios en otra área de la composición. si hay demasiados puntos de énfasis, se confunde al observador.

El énfasis se puede alcanzar por medio de la repetición. Así se destaca y se conduce la vista hacia el elemento repetido. Cuando se usa junto con la repetición, el énfasis es generalmente una rotura en la estructura básica o ritmo visual de un patrón que hace al ojo detenerse brevemente o centrarse en un elemento particular.

También puede lograrse por medio del contraste, acentuando un área para separar visualmente un elemento de otro. La singularidad formal de un puente atirantado en una zona de gran horizontalidad viene dada por el contraste de la verticalidad de las pilas o pila.

#### **4.9.15 La visión agregada**

La visión conjunta de colores, texturas, líneas, formas y escalas no se limita a considerar simultáneamente todas las condiciones con los que aparecen en la escena sino que, al mismo tiempo, los interpreta selectivamente, destacando unos elementos visuales sobre otros.

En el apartado de ejemplos se reconocen los elementos de composición enumerados arriba y, mediante esos ejemplos, realizamos un ejercicio práctico de composición reconociendo los elementos y conceptos descritos en apartados anteriores.

## 5 Las obras públicas en el paisaje

### 5.1 introducción

El paisaje natural se compone de geología, orografía, climatología, latitud, vegetación, masas de agua.

Las pautas de paisaje son las relaciones entre los elementos del paisaje.

La fragilidad del paisaje es la capacidad del mismo a verse transformado por una determinada actuación. Es decir una actuación puede transformar radicalmente el paisaje si éste es frágil o puede ser incorporada en las pautas propias antes de la actuación si es duro.

Los paisajes se encuentran salpicados de numerosas construcciones que influyen en la visualización que se tiene de ellos. Las infraestructuras son un tipo de construcciones que, por sus dimensiones y localización, influyen notablemente en la apreciación estética de la escena. Es notoria la importancia creciente del paisaje como recurso natural y, por tanto, de las infraestructuras como factor que afecta a la belleza paisajística. Conviene preguntarse:

- ¿Es la infraestructura visible para el viajero?
- ¿Es una parte significativa de la escena?
- ¿Hay vecinos con vistas significantes a la infraestructura?.

Las respuestas serán casi siempre sí.

La necesidad de conservación y mejora del paisaje radica en la apreciación que de él tiene el ser humano. Esta apreciación de valor del entorno, se está incorporando como un factor ambiental determinante para el diseño y localización de construcciones.

Para estudiar la construcción como elemento modificador del entorno y, por tanto, como atributo estético de la escena, se debe conocer en qué aspectos influye en el paisaje visual. Los recursos físicos del paisaje serán, normalmente, muy parecidos antes y después de la inclusión de una construcción (calidad de contenido). Por lo tanto, serán principalmente la nueva composición de los elementos (calidad comunicativa) y los recursos estéticos (calidad estética) sobre los que incidirá la inclusión de las edificaciones [15].

Para el estudio de una escena, es necesario que en la apreciación de la misma, sobre la que se van a analizar la edificación y su entorno, se incorporen:

- Variables ambientales (objeto observado).
- Procesos físicos de comunicación (visibilidad).
- Procesos psicológicos de percepción (interpretación).

La combinación de estos factores permite el análisis de la escena.

Las ciencias ambientales aportan el conocimiento de lo observado, se puede realizar un inventario ambiental, de sus elementos y relaciones y de su posible

evolución. Las herramientas físicas permiten estimar el alcance de la visibilidad y encontrar medios de representación que muestran la escena a distancia (simulación). Por último, las aportaciones de la psicología de la percepción, y en particular de la psicología cognitiva, nos permiten conocer los procesos de percepción e interpretación.

## **5.2 Visibilidad en el paisaje**

### **5.2.1 Estudio de Visibilidad**

El estudio de visibilidad se utiliza como instrumento sistemático caracterizar el territorio por sus propiedades visuales, para identificar puntos o itinerarios panorámicos, para determinar la visibilidad de un determinado objeto, normalmente una actuación cuyo efecto paisajístico se pretende valorar o corregir y para poder componer futuras escenas paisajísticas tras la actuación.

### **5.2.2 Cuenca Visual**

La definición de la cuenca visual constituye el primer paso de los estudios de visibilidad. La cuenca visual se define en función de un punto central que puede ser un determinado objeto y comprende todos aquellos puntos desde los que se puede contemplar el objeto considerado. Para la definición geométrica de la cuenca visual se asume la visibilidad en todas las direcciones posibles (360°) y un dominio nítido (alcance visual) de la vista humana de alrededor de 3.500 m [15]. Esta distancia es variable en cada estudio y se refiere estrictamente a las condiciones necesarias para identificar lo observado con nitidez. En realidad, el dominio visual puede llegar a alcanzar los 12.000 m con facilidad, siendo función de las condiciones atmosféricas y de la iluminación.

La operación básica para un análisis de visibilidad es la determinación de la cuenca visual. Existen varios métodos básicos para la obtención de la cuenca visual [14]. El estudio de la alteración paisajística producida por una actuación queda delimitada por su cuenca visual, que se asume como área receptora de la alteración pues el observador divisará la actuación desde cualquiera de sus puntos, con mayor o menor nitidez según la longitud de la visual. El efecto de la nitidez puede estudiarse para completar el diagnóstico de la cuenca señalando las zonas de 500, 1.500 y 3.500 m, como umbrales de nitidez.

La elección final tendrá en cuenta aquellos puntos que, perteneciendo a la cuenca, poseen mayor cantidad de observadores (frecuencia de observación). Normalmente, se definen, además, las áreas de mayor frecuencia de observadores señalando dentro de la cuenca las edificaciones residenciales, las vías de comunicación y zonas de ocio o trabajo en las que se asume una mayor presencia de observadores, permanente, diaria, semanal, estacional u ocasional. El indicador de frecuencia de observación se incorpora al estudio paisajístico como un factor cuantitativo para la valoración junto con el efecto de la nitidez.

### 5.2.3 Intrusión Visual

Superficie que ocupa un objeto en el plano de visión del observador. Se refiere a la pérdida de información que resulta de la opacidad de los determinados elementos intermedios.

Se puede entender también en sentido contrario, llamándola dominio del campo visual: superficie del campo visual del observador que ocupa la representación de ese objeto. Con la mirada en el horizonte en alta mar, el dominio visual del cielo es del 50% y el dominio visual del mar es del 50%.

Para la estimación de la intrusión visual se utilizan varios métodos:

- Perspectiva cónica: se construye el ángulo sólido con el vértice en el observador y trasladando los objetos de la escena al plano del cuadro.
- Fotografía: porcentaje de superficie ocupada en la fotografía por el objeto.

En los puentes y viaductos hay un concepto consecuencia de la intrusión visual, es la *transparencia*. La transparencia depende de:

- Separación entre los soportes o pilas.
- Ancho de los soportes o pilas.
- Número de soportes o pilas por sección transversal.
- Retranqueo de los estribos.
- Canto del tablero y su altura respecto al suelo.
- Pretil: si es macizo o aligerado.
- Barandillas.
- Iluminación: es un artificio, realmente no aporta transparencia.



Fig. 5.1. Puente esbelto y transparente.

La visibilidad condiciona el trazado en alzado de un puente. Por ejemplo la Pasarela de la Cartuja. Por tal de respetar la visibilidad del entorno ha de tener las dimensiones mínimas en alzado. Esto es limitar los apoyos y el canto del tablero, diseño de barandillas. Y ha de ser compatible con el gálibo. Estos condicionantes, llevan a un diseño muy esbelto, en su momento récord de esbeltez.



Fig. 5.2. Pasarela de la Cartuja.

Por ejemplo, el Puente Lusitania de Santiago Calatrava. La iluminación y los detalles constructivos (barandillas, medianas, intradós tablero) buscan transparencia. Desde el puente, los conductores tienen vistas al conjunto urbano de Mérida a través de las barandillas, cuya parte macizada es baja. Y en alzado, mediante la iluminación de la parte central del tablero, que consta de doble sección, se da transparencia ficticia al intradós.



Fig. 5.3

#### 5.2.4 Límites y modificaciones de la visión

Las condiciones de visibilidad pueden modificar las características visuales básicas.

Influye la curvatura de la Tierra ya que en un territorio totalmente llano, un objeto o estructura cualquiera se ve claramente hasta que el observador se aleja de él a una distancia en que las correcciones por curvatura de la Tierra y refracción de la luz igualasen la altura del objeto. Existen otras variables que influyen notablemente en las características visuales básicas [14].

a) *Distancia*. A medida que los objetos se alejan del observador sus detalles van dejando de percibirse, hasta que llega un momento en el que el objeto completo no se ve. Esto tiene dos consecuencias inmediatas:

1. La calidad de la percepción visual disminuye a medida que aumenta la distancia.

2. Es posible fijar una distancia, en función de las peculiaridades de la zona de estudio, a partir de la cual no interesa continuar los análisis de visibilidad.

Algunas de las modificaciones que se producen al aumentar la distancia son:

- Los colores se vuelven más pálidos, menos brillantes, tendiendo hacia los tonos azulados.
- Los colores claros destacan más que los oscuros.
- La fuerza o intensidad de las líneas se debilita.
- La textura pierde contraste y el grano es más fino.

Esta variación de la nitidez producida por la distancia se puede ponderar (dependiendo de la claridad del día y de la ligereza de la atmósfera) aunque en España se considera de 2.000 a 3.000 metros como límite de distancia visual.

b) El *ángulo de incidencia visual*. Este factor interpreta la diferente percepción que se tiene de las superficies observadas (de objetos o relieve) si se ve frontal u oblicuamente. Al emplear el ángulo sólido para medir la intrusión visual se suelen proponer dos modificaciones de la calidad visual que son los ángulos que forma el eje de visión con el terreno en un plano vertical y en uno horizontal.

- La visión frontal permite una composición más amplia, completa y clara de lo observado. Se ve mejor cuando el eje de visión es perpendicular a la superficie que se contempla.
- Con un mayor ángulo de incidencia horizontal (ángulo entre el eje visual y la normal a la orientación) hay superposición en la composición, disminuyendo la calidad visual. Por ello no es recomendable el uso de arcos y pórticos en pasos superiores esviados o en curva (a pesar de que se pueden orientar con el eje de la carretera) ya que desde el punto de vista del conductor aparecerán deformados.
- Un mayor ángulo de incidencia vertical (que se obtiene de los inventarios de pendiente) sólo tiene sentido en zonas muy accidentadas.

La posición del observador respecto del objeto (posición inferior, a nivel, o superior) condiciona la apreciación de su forma y tamaño, e incluso puede modificar el tipo de composición escénica del conjunto.

- Las posiciones inferiores hacen que las formas parezcan mayores y tienden a incrementar el grado de cerramiento escénico y la dominancia de los objetos.
- Las posiciones superiores suelen ampliar el campo de visión y dan una idea general sobre cómo se disponen los elementos en el paisaje.

c) *Condiciones atmosféricas*. Las condiciones atmosféricas y metodológicas modifican las propiedades visuales de los elementos en las unidades de paisaje, su grado de visibilidad y la nitidez de la visión:

- La nubosidad reduce la intensidad de los tintes, y hace que predominen las tonalidades oscuras y las superficies pierdan brillo; estas alteraciones en los colores difuminan las líneas y reducen el contraste interno de la textura.
- La presencia de nieve o hielo aumenta la geometría de las formas, la luminosidad, la fuerza de las líneas.

d) *Iluminación*. Las condiciones de iluminación de una escena sufren modificaciones periódicas estacionales y diarias; entre estas últimas destacan por su importancia las que se refieren a la posición de la fuente de luz:

- Luz frontal (detrás del observador y frente al objeto observado): reduce las sombras al mínimo, lo que produce un achatamiento aparente de las superficies y pérdida de perspectiva, pero permite apreciar bien los colores que aparecen más claros y brillantes.

Un paramento en talud va a ser más luminoso que otro completamente vertical, ya que recibe durante más tiempo una luz cercana a la frontal.

- Luz lateral: favorece los contrastes de luz y sombra, realzando las líneas, la textura y la sensación de visión en relieve.
- Luz posterior (detrás del objeto): deja generalmente la cara del objeto en sombra, con lo que su superficie pierde contraste interno y su silueta se acentúa.

### 5.2.5 Técnica de análisis de los elementos visuales del paisaje

El proceso de percepción visual por parte de un observador es:

- El observador obtiene colores y texturas según la intensidad, frecuencia y dispersión de la radiación luminosa reflejada.
- Basándose en el aprendizaje de la profundidad, discierne un conjunto de formas volumétricas o bidimensionales reconocibles como objetos asimilables o no a *formas* básicas y complementadas por familias de *líneas* divisorias de zonas, siluetas o insinuadas. Por ejemplo, en la observación del paisaje, el observador se fija en las divisorias y en los valles. En la siguiente figura, además, se asume la preferencia por el sentido, fijando un sentido visual descendente en las divisorias y uno ascendente en los fondos de valle:

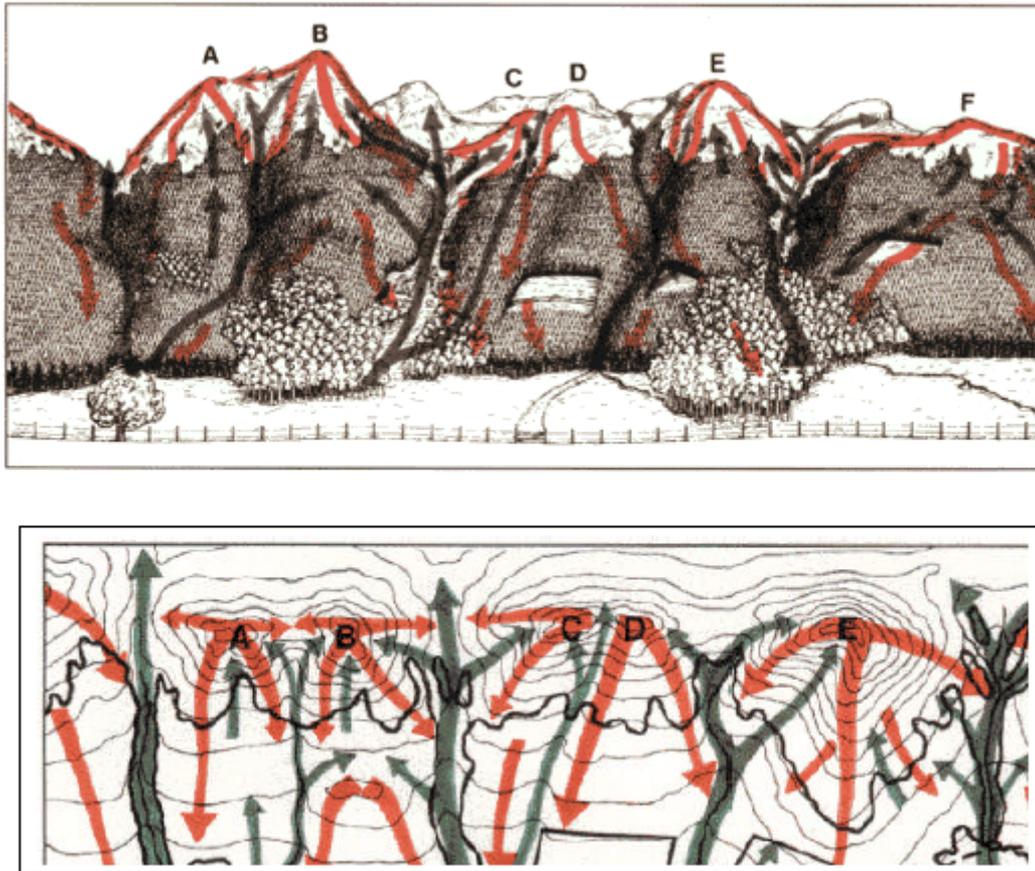


Fig. 5.4

- Toda la información visual se organiza en función de dos elementos básicos:
  - *Espacio*: organización espacial de la escena, a partir del aprendizaje del individuo.
  - *Escalas*: familia de dimensiones, distancias y proporciones.

La experiencia visual acumulada por el observador da origen a unas “preferencias”, es decir, unas determinadas atenciones respecto a a la escena. Algunos colores se imponen a otros (reciben más atención). Igualmente pasa con el resto de elementos.

La técnica de elementos visuales intenta reproducir el proceso. Es una técnica de análisis del paisaje basada en la descomposición de la escena paisajística en seis características básicas de su aspecto: color, textura, línea, forma, espacio y escala. El observador combina la información visual obtenida mediante seis elementos básicos que le permiten deducir el aspecto de los objetos y escenas y organizar su proceso de selección. Tabla 5.1.

Elementos Visuales	Propiedades de las superficies	Color
		Textura
	Elementos formales	Forma
		Línea
	Elementos compositivos	Escala
		Espacio

Tabla 5.1

Cada *elemento* visual se compone de *tipos* y aparece con una determinada *pauta*.

El tipo de un elemento visual es el aspecto con el que aparece un determinado elemento visual en el paisaje. Los tipos del color son los tintes: rojo, verde, etc.

La pauta de un elemento visual es el conjunto de tipos con los que aparece un elemento. En alta mar la pauta de color es azul cielo y azul marino.

La técnica asume una preferencia de atención por aquellos elementos que aparecen distribuidos con:

- Dominio por extensión: los elementos aparecen distribuidos consistentemente entorno a un tipo exclusivo. Es un tipo de pauta caracterizada por la consistencia, homogeneidad y regularidad de aspecto.
- Dominio por contraste: se dan grandes diferencias entre los tipos de ese elemento en contraste, dando lugar a grandes diferencias de aspecto entre las partes del paisaje. Es un tipo de pauta caracterizada por la heterogeneidad y la irregularidad. Ejemplos: objetos muy pequeños y muy grandes (escala), líneas verticales y horizontales (línea), formas regulares e irregulares (forma), etc.

#### Técnica de análisis de elementos visuales, tabla 5.1:

1.-Revisar los tipos, extensión y distribución de los elementos visuales.

2.-Considerar la presencia o ausencia de los tipos dominantes de cada elemento visual. Resumen de tipos dominantes:

- Colores cálidos, claros y brillantes.
- Texturas de color y de grano lisas.
- Líneas nítidas y verticales.
- Formas puras, regulares y verticales.
- Escalas grandes.

- Espacio: ubicaciones elevadas y/o estratégicas.

Las infraestructuras suponen principalmente una introducción de líneas, formas y escalas dominantes en un paisaje; en menor grado se introducen colores y texturas aunque en general neutros (gris) y rugosos.

3.-Determinar las pautas de dominancia de los elementos, es decir, determinar cuál de los elementos define en mayor medida la escena del paisaje en base a su dominancia por extensión o por contraste.

- Dominancias por extensión o regularidad.
- Dominancias por contraste.
- Composiciones armónicas.
- Otras composiciones.

Es una técnica que se aplica para caracterizar la fragilidad de un paisaje y para determinar los efectos de una actuación sobre él.

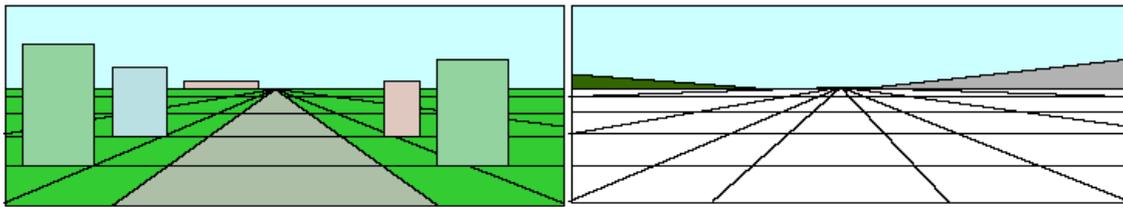
Como ejemplo en el caso de una obra lineal. La carretera es más o menos igual a lo largo del trazado mientras que los paisajes que atraviesa son diferentes. La carretera impone sus líneas nítidas, bien definidas y continuas sobre el paisaje pre-existente, ordenando la escena con su linealidad de plataforma continua suavemente tendida:

- Terraplén: proporciona vistas al usuario y limita vistas al resto de la vaguada.
- Desmonte: a mayor desmonte, mayor afectación. Si es una trinchera abre profundos canales contra la forma previa, la visión es limitada desde ellos.

### **5.2.6 Tráfico, seguridad y estética**

En este apartado se destaca la relación entre la seguridad de circulación y la estética de la carretera o calle y su entorno. Lo más importante relativo a la seguridad en España ya se contempla en las diferentes normativas. No obstante hay otras consideraciones que pueden contribuir positivamente.

La relación del conductor con el entorno se realiza a través de la visión. El conductor percibe mejor un entorno estéticamente placentero y ello tiene incidencia en la seguridad; es más importante a más velocidad y en intersecciones, donde hay menor tiempo para decidir.



Beautiful traffic environments

Ugly traffic environments



Fig. 5.5



Fig. 5.6

En la figura 5.6, a la derecha, el contraste entre las partes es más marcado. Se debe a la diferencia de color y textura. Así los límites entre una y otra zona están más marcados reduciendo la ambigüedad. Cada vez hay más soluciones constructivas que permiten emplear diferentes colores y texturas en pavimentos y paramentos.

### 5.3 Vegetación

Se realizará el diseño de las plantaciones seleccionando las especies vegetales cuyo desarrollo se ajuste más a las características climáticas y edafológicas de la zona del proyecto, para lo cual se tendrán en cuenta:

- a) factores climáticos: se obtendrán del estudio climatológico e hidrológico realizado con anterioridad.
- b) factores edafológicos:
  - tipo de suelo.
  - humedad y contenido en sales.
  - situación del nivel freático.
- c) factores ecológicos:
  - existencia de especies autóctonas de la región;
  - afinidad con otras especies de la zona;

## d) factores estéticos y paisajísticos:

- Especies cuyos valores ornamentales armonicen con el paisaje existente.

## Funciones de la vegetación:

- Mejorar el paisaje.
- Destacar la alineación y mejorar la percepción del espacio de la carretera.
- Identificar estructuras.
- Proteger contra deslumbramientos.
- Barrera sónica.
- Plantaciones para el control de la erosión.
- Romper la monotonía.
- La vegetación es el mobiliario verde, ideal para ocupar zonas marrones, las cuales, no suelen agradar.
- Contribuir mediante la irregularidad a dar un acabado no ingenieril.
- Ocultar algo tras ella:

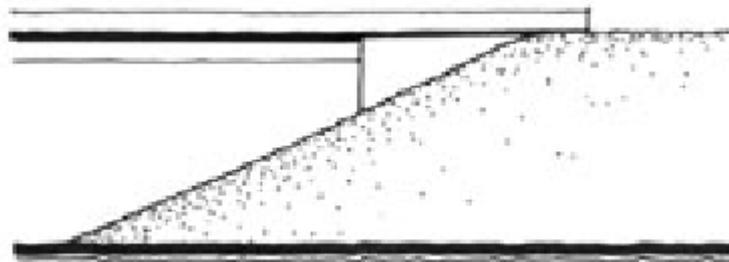


Fig. 5.7. Típico paso superior.

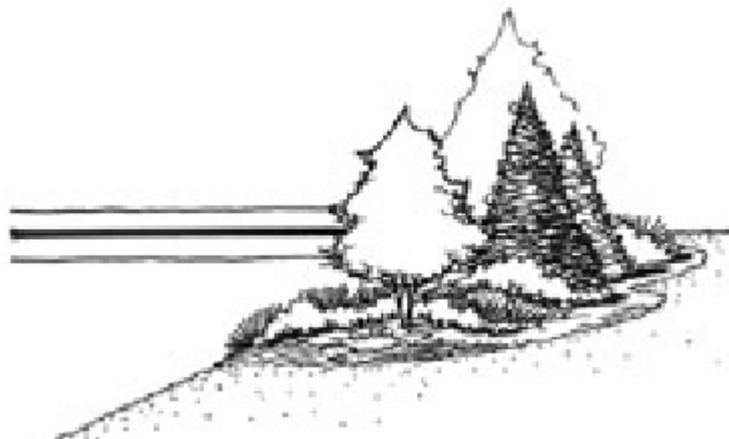


Fig. 5.8 La plantación puede ayudar a integrar la obra en el entorno.



Fig. 5.9. La vegetación es efectiva para minimizar la altura de los muros o barreras sónicas.

Hay lugares menos adecuados para el uso de vegetación:



Fig. 5.10

Por ejemplo, bajo las estructuras, la sombra no permite el crecimiento.

Las zonas de tráfico peatonal son buenos lugares para la vegetación ornamental:



Fig. 5.11

En las funciones de complementar el trazado, la plantación se realiza en coordinación con el trazado en planta y secciones. Se consideran condiciones

de plantación, tiempo de crecimiento, tallas, intervalos, etc. Los árboles suelen ser los elementos de mayor altura en los laterales de la carretera proporcionando tridimensionalidad al espacio mediante altura, intervalo, densidad. En las carreteras se tiene en cuenta el factor velocidad: la velocidad determina el ángulo de visión del centro de atención. Con ello se puede determinar un espaciamiento tal que no haya deslumbramiento:

$$S = d / \sin(a)$$

Donde:

- S= espaciamiento longitudinal.
- d = diámetro de tronco de árbol
- a = mitad del ángulo visual.

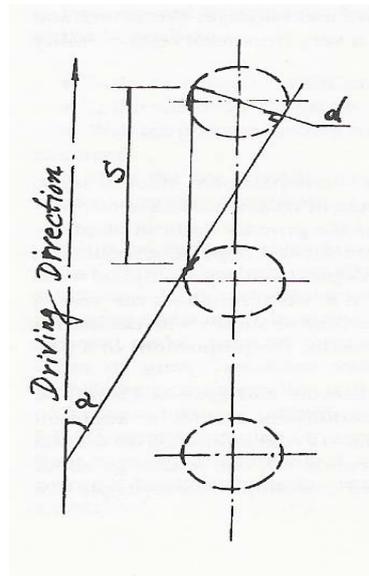
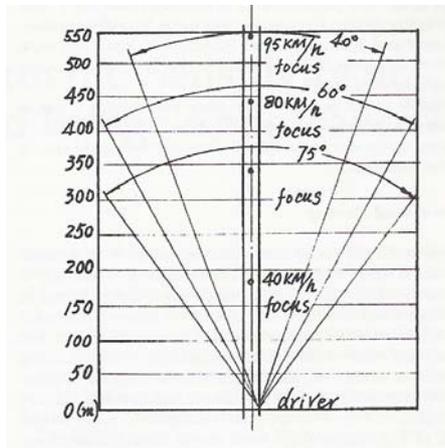


Fig. 5.12 Relación entre la velocidad y el campo visual en movimiento. Espaciamiento longitudinal en función del diámetro del tronco y de la mitad del ángulo visual.

### 5.4 Iluminación

Según la posición de la fuente de luz respecto al objeto iluminado:

3. Luz frontal (detrás del observador y frente al objeto observado): reduce las sombras al mínimo, lo que produce un achatamiento aparente de las superficies y pérdida de perspectiva, pero permite apreciar bien los colores que aparecen más claros y brillantes.
4. Luz lateral: favorece los contrastes de luz y sombra, realzando las líneas, la textura y la sensación de visión en relieve.
5. Luz posterior (detrás del objeto): deja generalmente la cara del objeto en sombra, con lo que su superficie pierde contraste interno y su silueta se acentúa.

Según las condiciones de iluminación:

1. Luz directa: modelos de luz y sombra. Delumbramiento ☹.

2. Luz difusa: constancia, suavidad, luminosidad equilibrada☺.

### 5.4.1 Iluminación artificial

La iluminación puede utilizarse:

- Funcionalmente: proporcionar claridad a un lugar, marcar una alineación, definir los límites de un lugar o espacio. Es lo habitual.



Fig. 5.13. Iluminación contribuye a la percepción espacial.

- Simbólicamente: aprovechando sus intrínsecas posibilidades de sugestión para transmitir mensajes o estados de ánimo determinados, crear escenografías, contribuir a una mejor apreciación espacial y a orientación. En casos especiales, empleo del color.



Fig. 5.14. Ting Kau Bridge, Hong Kong, China.



Fig. 5.15. Tsing Ma Bridge, Hong Kong, China.



Fig. 5.16. Parece que el pilar no soporta el dintel.

En la iluminación de carreteras se estudia la conveniencia de proyectar la iluminación de todo o parte de un tramo, de forma que la circulación nocturna se realice con la seguridad y comodidad adecuada. Ello ha de estar justificado por la alta intensidad de circulación o la peligrosidad de la zona.

Además de garantizar la luminosidad adecuada, se disponen los focos de manera que sirvan de guiado visual y atendiendo necesidades en puntos espaciales.

Por tanto se usa la tecnología que tenemos al alcance, la de luz focal, para iluminar y guiar visualmente un espacio totalmente lineal como es un tramo de carretera. Lo ideal sería disponer de una tecnología de iluminación con fuente también lineal:

- Reparto más homogéneo de la luz en todo el trazado (ahora hay zonas de penumbra y zonas sobre dimensionadas).
- Guiado más efectivo.
- Mayor homogeneidad, mayor comfort visual.

Hoy por hoy no existe la luz de foco lineal, se encuentra en desarrollo. Lo que sí existe es la tecnología focal con modificaciones para ofrecer luz a lo largo de una línea. Se consigue de diferentes formas según la firma comercial, aunque en definitiva se trata de una luz focal y un tubo con alta eficiencia en el transporte de la luz (así como con propiedades de difusión). En cualquier caso, es más caro que los focos en instalación y mantenimiento. Por ahora se utiliza en puntos singulares del recorrido como puentes o pasarelas.

Ejemplos:

1. Optical lighting film, OLF:
  - a) Tecnología de películas electro-luminiscentes y micro-replicación.
  - b) Transmisión uniforme a lo largo de 20 metros.
  - c) Ejemplos: Tunnel de Banzole, Italia.



Fig. 5.17. 3M Company.

## 2. Tunnel light pipe:

- a) Tubo acrílico.
- b) Transmisión uniforme a lo largo de 12 metros.
- c) Ejemplos: George Washington Tunnel de New York, Callahan Tunnel de Boston.

Cada vez más proyectos consideran:

- a) Empotrar el foco en el elemento de soporte: muro, pila, paramento inferior del tablero de un puente.
- b) Lineal: aplicaciones en muros, túneles, etc.

### 5.4.2 Iluminación natural

La luz natural aporta un considerable confort a los usuarios de infraestructuras subterráneas, sobretodo a quienes hacen un uso diario y continuado. Dotar de luz natural una obra subterránea requiere poder disponer de la captación de la misma en superficie. No siempre es posible por ello se prioriza en las zonas donde los usuarios pasan más tiempo: Estaciones, intercambiadores, enlaces, aparcamientos. Ejemplos:

- Metro Madrid (estación de mar de cristal, Moncloa, Príncipe del Río).
- Intercambiador Metrolén Gijón.
- Barcelona: semi-cubrimiento de la Gran Vía, Barcelona.

## 6 Ejemplos.

En este apartado se realiza una selección de obras que ilustran los conceptos desarrollados anteriormente.

### 6.1 *Puente de la Ronda Norte sobre el río Vinalopó, Elche*

Asimetría, singularidad formal, integración en el entorno, transparencia.

El cauce del río no se encuentra en el centro del valle. El puente une dos márgenes de carácter diferente: urbana e histórica. La pila se sitúa en una zona urbana contribuyendo a su mejora y dignificación. En la margen histórica, el sistema de cables se pierde en el anclaje minimizándose su presencia. El diseño se ha realizado teniendo en cuenta la necesidad de situar una glorieta en la margen derecha del río, para conectar la Ronda Norte con el viario de Elche. La única pila que se sitúa sobre la rasante de la carretera, está integrada en la glorieta, su existencia no interfiere con las edificaciones próximas, por el contrario, este elemento mejora y dignifica esta parte de la ciudad. En la otra ribera, para no quitar protagonismo al entorno (palmeral de Elche), los cables se anclan en un contrapeso que se sitúa bajo la rasante.



Fig. 6.1



Fig. 6.2

Circulación, visibilidad-vistas, cuidado de detalles, iluminación.

El peatón ha jugado un papel importante para la elección de muchas de las decisiones adoptadas. La glorieta dispone de rampas que permiten acceder a

una plataforma situada debajo del tablero en las inmediaciones de la pila que sirve de mirador de contemplación del río y su entorno. Asimismo, la pila se ha planteado con una escalera interna que permite acceder a un mirador privilegiado que permitirá a los usuarios descubrir nuevas vistas inéditas de la margen histórica de la ciudad. El puente en sí mismo constituye un paseo peatonal, ya que está dotado de grandes aceras peatonales. En su diseño se han cuidado especialmente los detalles: barandillas, aceras, barreras, sistema artístico de iluminación, que permitirán el recreo del peatón. Se desecharon soluciones en arco, ya que rompían la continuidad visual del río. Se estudiaron soluciones atirantadas o colgadas que permitían salvar el cauce con un vano único, lo que eliminaba los problemas de interferencia visual.

### Transparencia

Se descartaron las soluciones con pilas múltiples en el río, ya que eran poco transparentes.

Es un puente con un tablero muy esbelto (0.735 metros en apoyos y 0.965 metros en centro de vano) que salva sin ningún apoyo intermedio el cauce excavado por el Vinalopó de 208 metros (esbeltez  $h:l = 1:280$  a  $1:215$ ). El sistema de cables es muy transparente, ya que resultan imperceptibles a distancia.

### Multifunción.

La pila son dos pantallas laterales arriostradas con espaciado regular. El hueco interior formado por las pantallas y su arriostramiento se aprovecha para instalar una escalera metálica de acceso a un mirador situado en la zona alta de la pila que proporciona una perspectiva privilegiada e inédita de la ciudad.

### Unidad formal.

Se establece en este caso entre los bulones y de la pila. Los bulones poseen unas aberturas similares a las de la pila.

### Orden.

El sistema de cables principales, en octeto, y la unión con las péndolas mediante bulones y abrazaderas es demasiado numeroso, y se echa en falta más simplicidad.

## **6.2 Puente de Bac de Roda, Barcelona**

### Singularidad formal.

Pareja de arcos gemelos, de 55 metros de luz, a cada lado del tablero, uno vertical y el otro inclinado. En planta, hay dos salientes en el centro del tablero con función de mirador y lugar refugio. Separación de peatón vehículo.

### Unidad.

La unidad de esta obra llega por medio de las líneas curvas, que han sido las más utilizadas en el conjunto, y del color blanco del hormigón y de la pintura del acero.



Fig. 6.3. Es un puente de vigas, los arcos sostienen el mirador.

### Multifunción.

Las aceras conectan el puente con el parque inferior al reseguir (*transformación, orden, unidad*) el trazado de los arcos. Los estribos se sitúan en el mismo plano que los arcos inclinados.

El tablero tiene la función de soporte a la circulación y la de mirador y lugar refugio para el peatón en su zona central.

### Iluminación.

La iluminación principal se compone de fluorescentes alineados buscando una iluminación de fuente lo más lineal posible, como lineal es un trazado. Se encuentran los fluorescentes integrados en las medianas, para la calzada, y en las barandillas para los peatones.

## **6.3 Puente sobre el río Escudo, Cantabria**

Se trata de una estructura mixta de acero-hormigón (losa), compuesta por un tablero metálico de vigas comerciales atornilladas entre sí de una longitud de 229 metros, que descansa sobre dos parejas de arcos de sección cilíndrica.

El tablero apoya sobre 14 pilas tubulares equiespaciadas de 0.80 metros de diámetro y espesores variables entre 25 mm. y 16 mm., que entroncan en nudos rígidos en dos arcos dobles formados por tubos curvados de 1.2 metros. de diámetro y espesores entre 50 mm. y 16 mm.

Los arcos se anclan mediante bridas de repartos rigidizadas con cartelas de 2.200 mm.



Fig. 6.4. Javier Manterola, 1999.

### Escala y proporción.

Los arcos tienen una flecha de 15 metros y una cuerda de 125 metros. El tamaño de los arcos en relación con el resto de la estructura es uno de los aspectos más destacables del puente, en el sentido de que lo habitual es ver arcos con importantes grosores respecto a los pilares o al canto. Con la disminución del grosor del arco se logra que los demás elementos no queden tanto en segundo plano. Se logra mediante varios recursos estructurales:

- Empleo de tubo metálico frente al de sección cajón, que proporciona una sección visualmente más ligera a igualdad de canto desde cualquier punto de vista.
- Sección del arco rellena de hormigón.
- *Dividiendo (ver escala)*, es decir, en lugar de disponer un arco de mayor canto se disponen dos arcos de 1.2 metros de diámetro ariostrados entre sí, que dan un aspecto bastante similar al de los pilares de 0.80 metros, o al canto de las vigas del tablero de 1.1 metros.



Fig. 6.5

### Orden, integridad en el contorno

Las columnas tubulares se apoyan en el eje de cada pareja de arcos mediante bridas de reparto rigidizadas con cartelas. De esta forma las columnas no perturban la limpieza del trazado del arco, cuya unidad visual refuerza la percepción de su dimensión longitudinal.

En alzado los arcos se separan del tablero en la clave.

### Circulación

Se emplea un número impar de vanos entre pilares evitando una fila de columnas en el centro del arco.

## **6.4 Puente Móvil Puerto de Barcelona**

### Función y forma



Fig. 6.6

El cumplimiento de la función define que ha de ser un puente ser móvil. El ganador fue este puente basculante en 1997.

### Refinamiento de la forma

- Pila dársena:

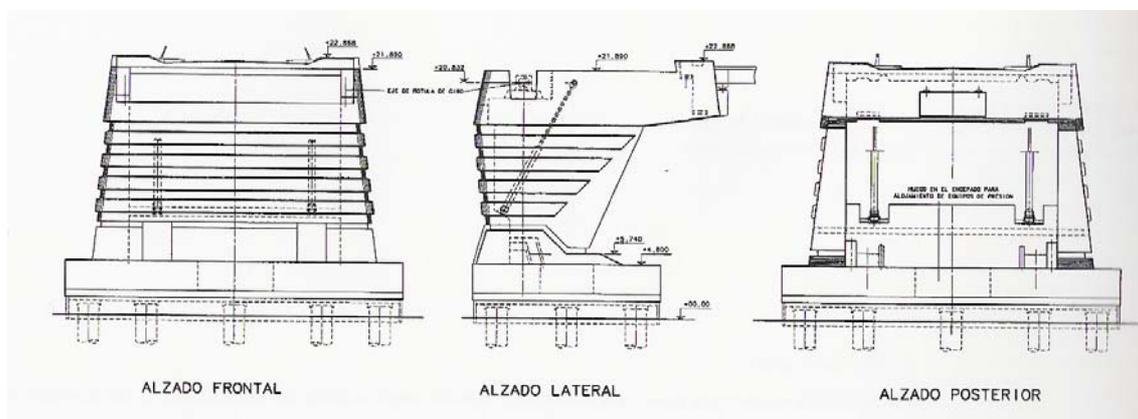


Fig. 6.7

- Los paramentos exteriores se les da un talud para integrar mejor los volúmenes.

- Las bandas horizontales en resalto dan vida a unas superficies que por su enorme tamaño resultarían aburridas. Aportan estabilidad.
- Anchura variable de los muros aletas dan vigor.
- Rehundido de encaje entre los 3 muros que constituyen la pila dársena y el encepado de cimentación. Destaca el contacto (contorno) entre los muros y el encepado de cimentación.
- Huevo trasero para poder ver el giro y entender todo el conjunto (huevo porque la traviesa lo respeta) del funcionamiento mecánico del puente móvil.
- Viaducto de acceso: ubicación: se sitúan directamente sobre los muelles. Son contemplados muy de cerca por sus usuarios, con lo que el diseño ha de ser más cuidadoso.
  - Pilas: rehundido para destacar la junta pila-capitel. El capitel consta de un par de apoyos de empotramiento torsional; lo destaca el rehundido vertical a lo largo de la pila.



Fig. 6.8. Pila

- Recreido de canto de tablero sobre pila a modo de superficie de transición.

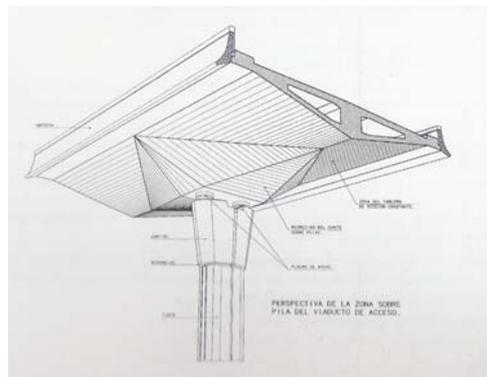


Fig. 6.9

- Orden: en el replanteo de las pilas en planta se las hace coincidir con los ejes de las naves cada 30 m.

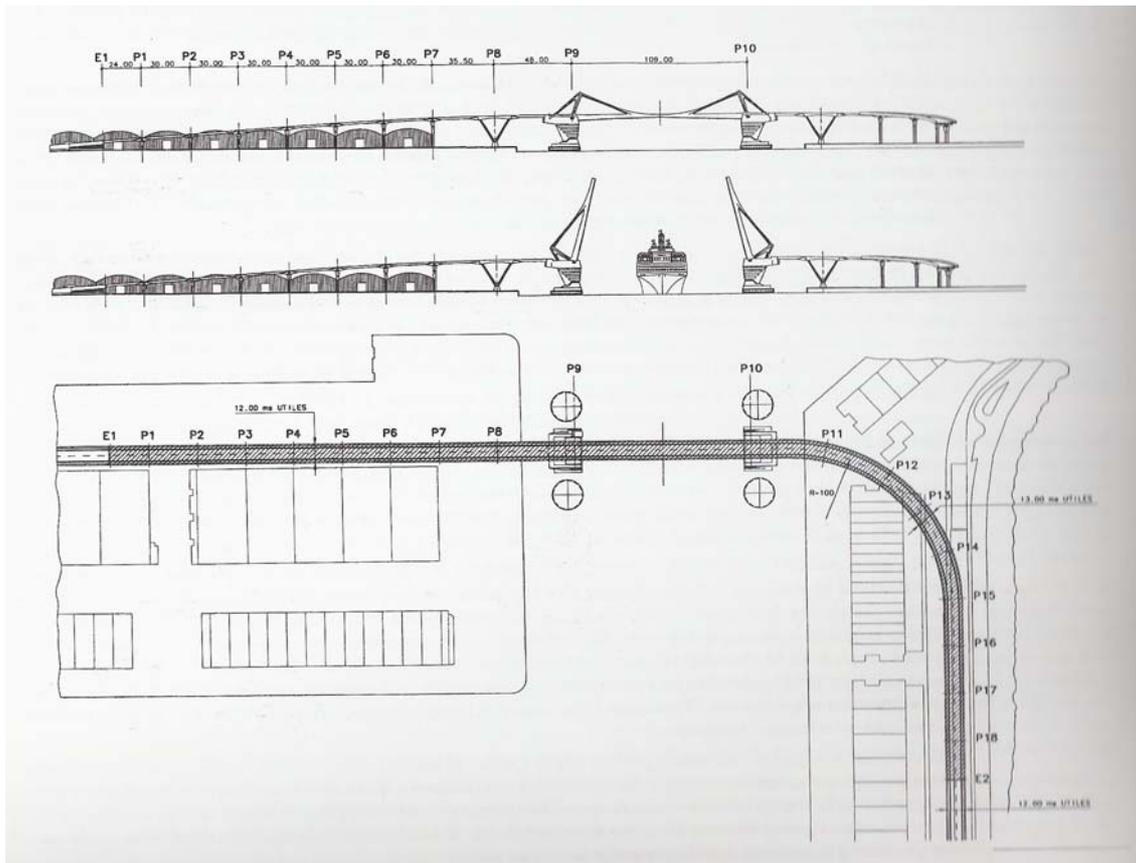


Fig. 6.10

- Pilas anteriores al puente móvil, son en **V**. Solución al último vano, demasiado grande, pasa de 48 a 22 metros. Siendo una solución puramente técnica, ha resultado también una integración formal entre viaducto de acceso y puente móvil. Demuestra la lógica entre la estética y las estructuras.
- Tirantes pórticos laterales:
  - La inclinación transversal que se le da a los tirantes hace que las cabezas de los pórticos se aproximen entre sí hacia el centro del tablero, destacando el eje longitudinal del trazado (unidad) y logrando unos pórticos más luminosos (reflejan más luz que si fueran verticales). Además es más rígido, por el hecho de tener una viga de atado más corta.

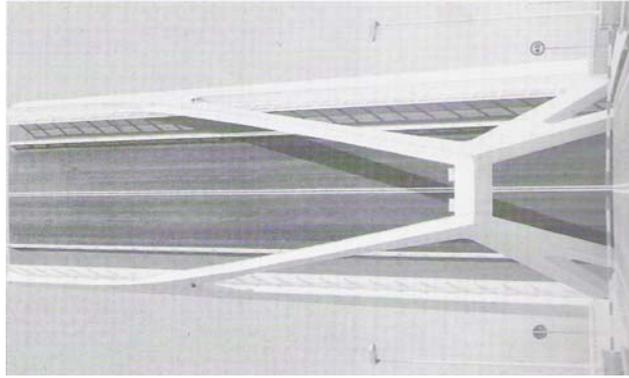


Fig. 6.11

### Contraste

El contraste entre la robustez de la pila de hormigón y la ligereza de las formas blancas de acero da seguridad.



Fig. 6.12

## 7 Situación actual. Proyectos y Administración

### 7.1 Introducción

El problema de la calidad estética no es asociable a una zona, es con algunas diferencias, el mismo problema en todo el mundo. Esta relacionado con la madurez de la sociedad y por ello en algunos países hoy tienen el problema que otros tuvieron hace años. Por ello nos centramos en zonas desarrolladas económica y socialmente.

En tiempos en los que la mano de obra es tan cara, hay un conflicto entre la calidad estética y el coste: es más barato malgastar material y ahorrar mano de obra. Esto lleva a la uniformidad (prefabricación, estandarización) que dificulta lograr atributos indispensables para la belleza.

En este apartado tratamos de presentar una selección de zonas o países en los que sus administraciones hayan publicado guías o recomendaciones sobre estética de la obra pública.

### 7.2 Norte América. Estados Unidos. Canadá

En 1920 había 8.000.000 automóviles, 1 automóvil / 4 familias, 600.000 km de carreteras. Por aquel entonces se pensaba en la estética de la carretera desde el punto de vista del usuario, por ejemplo “parkways”. En el diseño de un parkway se intenta proporcionar una experiencia placentera al conductor que por él circula:

- Minimizan el uso de elementos artificiales: hierba en laterales (shoulders).
- Clear Zones (laterales): de 3 a 4.5 metros. Menos en zonas urbanas.
- Tratamiento del drenaje para integrar el borde con el entorno: enterrarlo, no zanjas ni cunetas.

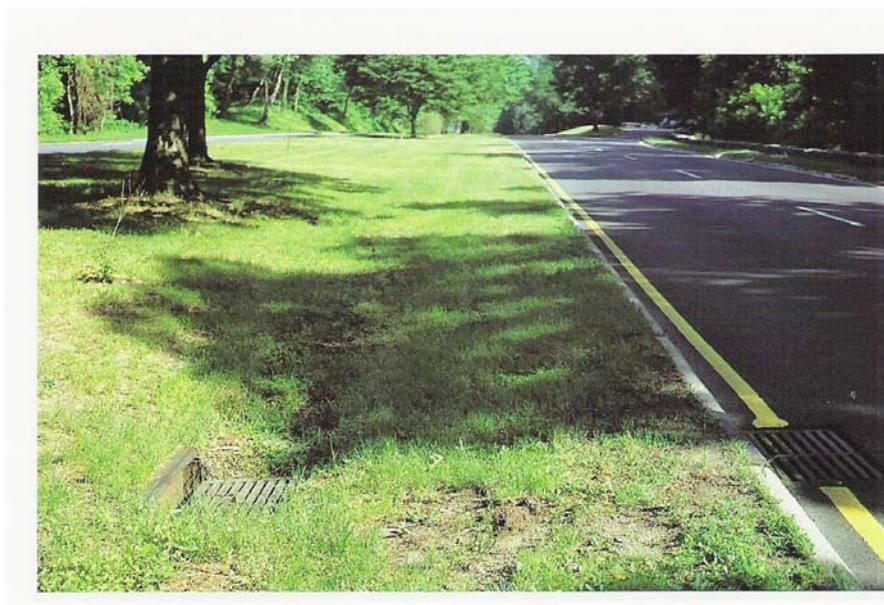


Fig. 7.1

- Amplitud de carriles donde sea posible, uso de bermas que protegen a los vecinos (en lugar de barreras sónicas).
- Mediana de anchura variable para la separación de sentidos de tráfico. Esta separación permite independizar los sentidos entre sí y encajar mejor las plataformas en el paisaje.
- Limitación a cuatro carriles.



Fig. 7.2

Introdujeron señales de color marrón con postes de madera rústica, postes de iluminación más ligeros que los existentes entonces, las edificaciones a lo largo de la carretera como estaciones de servicio y los edificios del mantenimiento debían ser construidos en piedra y los tejados acabados en pizarra y cobre, los puentes y pasos superiores se remataron con diversos patrones de granito, replantaciones a lo largo de la carretera. Por los mediados de los años veinte, sin embargo, el aumento de velocidades y de un uso cada vez mayor convirtió los parkways en carreteras más anchas.

La *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO), creada en 1914 se lleva encargando de la economía, tráfico, mantenimiento y materiales desde el 1919, cuando después de la Iª Guerra Mundial, las carreteras estaban dañadas por la guerra y por el paso de los vehículos militares.

El primer comité para el embellecimiento de la carretera se crea en la AASTHO en 1930, cuya resolución trató la conservación del crecimiento natural, de las entradas *beautifying* de la ciudad, de las plantaciones del borde de la carretera, del establecimiento parques y áreas de servicio y de la "integración armoniosa de la ingeniería, de la arquitectura, y del diseño del paisaje" (*Guidelines for aesthetic design in highway corridors: tools and treatments for Texas highways*, 2001).

El desarrollo de carreteras interestatales se dio en los años 50. La llegada de vías rápidas a las ciudades hizo aumentar la importancia de los aspectos visuales en el planeamiento de la carretera. Lo importante era el coste y el plazo. A principios de los años 60 algunas comunidades, alarmadas en el impacto algunas de las carreteras nuevas tenían en sus centros urbanos, particularmente áreas de importancia histórica, forzaron cambios significativos

a algunos proyectos propuestos. Se publica mucho acerca del impacto de la carretera en áreas urbanas.

El énfasis en las relaciones del diseño entre las ciudades y los sistemas de transporte fue promovido más a fondo en 1977 por la creación del Task Force on Design, Art, and Architecture in Transportation. Se proponen maneras de incorporar trabajos de arte (pinturas, esculturas y murales) y mejorar el diseño en infraestructuras de transporte con la investigación, procedimientos de financiamiento y uso de gráficos.

Actualmente la sociedad vive otra realidad, una mayor comprensión de la estética en diseño de la carretera por parte de la AASHTO y de la FHWA han llevado a incluir una referencia específica al diseño estético con respecto a alineación, enlaces, ajardinamientos y medianas en el *Green Book*<sup>8</sup>. Además hay otras publicaciones que de manera central abarcan el diseño estético, destacamos:

- Guide for Highway Landscape and Environmental. AASHTO 1970. Estética en el trazado y el paisaje. Substituida por:
- A Guide for Transportation Landscape and Environmental Design (AASHTO 1991), recomendaciones de diseño estético para cada tipo de carretera y de estructuras.
- Flexibility in Highway Design (FHWA 1997). En este manual cubre aspectos de consideración estética: trazado, diseño de la sección transversal, uso innovador de materiales y las alternativas del diseño para peatones y ciclistas.

El *Intermodal Surface Transportation Act* y el posterior *Transportation Equity Act for the 21st Century* (TEA-21), June 9, 1998, aumentaron considerablemente la atención prestada a la estética de la carretera. Conceptos más recientes tales como Context Sensitive Design (CSD) han reforzado este énfasis.

### 7.2.1 Administración Central: FHWA

La FHWA ha elaborado informes de lo que se realizaba en otros países con más tradición en la consideración del entorno:

---

<sup>8</sup> Ha sido norma desde los años 50. Desde principios de los 90 se ha cuestionado en diferentes estados que han editado sus propias normativas más flexibles con el contexto, incorporando criterios adicionales a los propios de la seguridad y la economía.

Technical Report Documentation Page			
1. Report No. FHWA-PL-01-026	2. Government Accession No.	3. Recipient's Catalog No.	
4. Title and Subtitle Geometric Design Practices for European Roads		5. Report Date June 2001	6. Performing Organization Code
		8. Performing Organization Report No.	
7. Author(s) Jim Brewer, John German, Ray Krammes, Kam Movassaghi, John Okamoto, Sandra Otto, Wendell Ruff, Seppo Sillan, Nikiforos Stamatiadis, Robert Walters		10. Work Unit No.(TRAVIS)	
9. Performing Organization Name and Address American Trade Initiatives P.O. Box 8228 Alexandria, VA 22306-8228		11. Contract or Grant No. DTFH61-99-C-0005	
		13. Type of Report and Period Covered	
12. Sponsoring Agency Name and Address Office of International Programs Office of Policy Federal Highway Administration U.S. Department of Transportation		14. Sponsoring Agency Code	
		15. Supplementary Notes FHWA COTR: Donald W. Symmes, Office of International Programs	
16. Abstract The objective of the scanning tour was to review and document European procedures and practices in roadway geometric design and context-sensitive design, in which a balance is sought between safety and mobility needs and community interests. The U.S. group visited sites in Sweden, Denmark, the Netherlands, England, and Germany, and met with numerous representatives from transportation and highway ministries, research organizations, and consultants.  In the European countries, the general philosophy for highway design and project development is to develop a transportation program and system that enhances community values and integrates roadways into communities and the environment. This philosophy is supported by very high safety goals.  The U.S. delegation found potentially transferable practices regarding public involvement in project planning; self-explaining, self-enforcing rural roads; design flexibility; area-wide traffic calming measures; intersection control through roundabouts; and integration of bicyclists and pedestrians.			
17. Key Words Context-sensitive design, traffic calming, roundabout, self-explaining, self-enforcing roads		18. Distribution Statement No restrictions. This document is available to the public from the Office of International Programs FHWA-HPIP, Room 3325 U.S. Dept. of Transportation Washington, DC 20590  international@fhwa.dot.gov www.international.fhwa.dot.gov	
19. Security Classif. (of this report) Unclassified	20. Security Classif. (of this page) Unclassified	21. No. of Pages 60	22. Price Free

Form DOT F 1700.7 (8-72)

Reproduction of completed page authorized

Fig. 7.3

### 7.2.2 Context Sensitive Design (CSD)

La mayor parte de la red de vías rápidas de EEUU se ha hecho bajo las directrices de la AASHTO considerando requisitos funcionales de capacidad, seguridad y economía. Esto fue desde finales de los 50. Últimamente, 90's en

adelante, se cambia la estrategia añadiendo conceptos como *Context Sensitive Design (CSD)*.

Los criterios los expresan ahora así:



Fig. 7.4

Es un concepto que se basa en la participación de todos los grupos interesados (público) en la concepción de las infraestructuras con el objetivo de preservar los valores del área como recursos escénicos, estéticos, históricos y ambientales manteniendo la seguridad y la movilidad.

El objetivo se consigue mediante un procedimiento basado en acuerdos entre promotores e interesados al inicio del proyecto, modificables tras comunicaciones continuadas a lo largo del mismo. Para ello se organizan **Public Involvement Meetings** en los que el público opina y contribuye al proyecto en aras de lograr un consenso entre todos los grupos implicados. La idea de los encuentros públicos es bienintencionada, pero los resultados pueden ser discutibles. Estas cuatro fotografías pertenecen al Broadway bridge, Florida:





Fig. 7.5. Como se puede ver lo estético es entendido como actuaciones superficiales con motivos al estilo de un “parque temático”.

En cuanto a las actuaciones con carácter estético destacan:

- *Transformación*: que lo nuevo incorpora y reconoce lo antiguo.
- Conservación de elementos históricos y pintorescos (torre de agua, chimenea...).
- Eliminación de carteleras publicitarias (hay las suficientes como para ser un problema visual).



Fig. 7.6

En los planes de mejora de infraestructura, se desarrollan proyectos de *enhancement* de corredores. Puentes, carreteras, muros de contención y otros forman una composición global. Consideran que estos elementos están relacionados entre ellos y deben integrarse de manera coherente dentro del marco particular de una obra o de un sitio. En estos corredores se suceden estructuras basadas en un mismo tema (*tematización*) mediante grafismo en paramentos y pavimentos así como de creación de signos y esculturas:

- Highway planting: plantaciones con funciones propias de vegetación (seguridad, erosión, ambientales) y de integración estética.

- Transportation art: promoción del patrimonio cultural, histórico a través de trabajos gráficos o escultóricos en puentes, muros, barreras sónicas y bordes de la carretera.



Fig. 7.7



Fig. 7.8

En España este tipo de actuaciones se reserva para lugares pintorescos:



Fig. 7.9. Cremallera de Montserrat.

Las actuaciones deben cumplir unos requisitos para realizar la función que de ellas se espera:

**Design Guidelines for Transportation Art**

Proposed transportation art shall:

1. Be appropriate to its proposed setting.
2. Be in proper scale with its surroundings.
3. Not create a distraction to the motoring public, e.g.: The proposed art shall be large enough to interpret at highway speed, but not be so large that it demands attention from the motorist.
4. Be composed of materials that are durable for the projected life span of the project.
5. Be located where the permittee can safely perform required maintenance as specified in the encroachment permit and in conformance with Caltrans departmental procedures.
6. Be fully funded for design, installation, maintenance and removal by others for its projected life span.
7. Conform to provisions of the Outdoor Advertising Act.
8. Not be placed in median areas of controlled-access highways (freeways and expressways).
9. Not imitate, obscure or interfere with traffic control devices.
10. Not interfere with airspace above the roadway.
11. Not be placed within state right-of-way upon trees, rocks or other natural features.
12. Not adversely affect existing structures, drainage patterns or storm water runoff quality, landscaping, natural vegetation, or other planting.
13. Be located outside of the clear recovery zone (as defined in the Highway Design Manual). Transportation art shall be placed as far from the traveled way or edge of roadway as is practical, with consideration of the visibility of the art.
14. Not make predominate use of or simulate the design, colors or combinations of colors usually reserved for traffic control devices.
15. Not include reflective or glaring surface finishes.
16. Not include illumination that impairs or distracts the vision of transportation system users. Other lighting may be permitted. Lighting may be allowed on structures only when approved by Caltrans Structures, in accordance with current requirements.
17. Not include blinking or intermittent lights.
18. Not include moving elements (kinetic art) or simulate movement.

19. Not restrict sight distance.
20. Not include any form of advertising that would be in conflict with the outdoor advertising act.
21. Not display text, flags, or religious, political or commercial symbols.
22. Not include commercial symbols, except as allowed in "Artist and Sponsor Recognition."
23. Be designed to minimize ongoing maintenance needs. Department-approved protective graffiti coatings may be required by the Department.
24. Be consistent with Structures maintenance and inspection requirements, including:
  - Paint used on structures should not fill or obscure cracks. Latex or other flexible type paints may not be used on concrete structures.
  - Painting of steel structures may be prohibited.
  - Painted art on concrete structures should avoid load-carrying, stress-bearing structural members such as bridge girders, soffits, columns and piers. Wing walls and abutments are preferred locations for painted art.
  - Artwork shall not impair the necessary inspection of bridges, retaining walls and other structures.
  - To facilitate the Department's inspection access to structures, mural art may be placed on removable panels.

Fig. 7.10. Extracto de un memorando de la *Bussines, Transportation and Housing Agency*, del estado de California.

- Community identification: imágenes o texto que dan información de la región o comunidad.



Fig. 7.11



Fig. 7.12. High Five en Dallas, construcción 2003. La tipología de puente de elementos lineales prefabricados resuelve todos los problemas con eficacia menos el estético, la pintura y textura en los pilares identifican la región.

- Gateway monuments. Son signos de entrada o bienvenida, concebidos independientes a otras estructuras, que contienen logo, grafico o slogan de la comunidad.



Fig. 7.13

En el tratamiento estético de un corredor la *escala* se referencia a la velocidad de la vía.

- Vías rápidas: la escena es más extensa con vistas de cientos de metros a kilómetros:
  - Las áreas de color deben ser vistas a mayor distancia, por lo tanto deben ser mayores y con más saturación.
  - Colores claros o pastel vistos con el cielo como fondo, tienden a desaparecer o a ser menos visibles.
  - El contraste entre elementos y su fondo es un factor clave en la elección del color.
  - Detalles de la textura deben ser mayores, más rugosos o más profundos. La textura va a destacar más si tiene más relieve y genera más sombras. Afinamiento en el detalle no se va apercibir en altas velocidades y distancias.
  - Los límites de la estructura son muy importantes, particularmente si atraviesan la línea del horizonte. Como hemos dicho cualquier elemento que atraviesa la línea del horizonte se convierte en dominante en la escena.
  - La conexión entre estructuras y el terreno, la tierra vegetal, es un punto crítico. Si el contorno es uniforme es perceptible desde lejos.
- Carreteras convencionales: menor velocidad, más intersecciones, más señalización, interferencia con tráfico peatonal. Los elementos se ven a menor distancia, a veces a unos pocos metros:

- La atención a textura y color es más crítica a velocidades bajas.
- Es más importante la complejidad visual (número y valor de los elementos en la escena), y por sí hay más elementos: peatones, bus, bicicletas, etc.
- Necesita mejores detalles.
- Limpieza.
- La actividad peatonal puede ser dirigida a través de color y textura en pavimentos.
- *Amenities* como bancos, papeleras, sistema de iluminación pueden aportar variedad y carácter a un lugar.
- Uso de acabados especiales y materiales para vincular la carretera al sitio: polígono industrial, zona residencial, distrito histórico.

### 7.2.3 Traffic Calming

Es la combinación de, principalmente medidas físicas, que reducen los efectos negativos del uso del vehículo de motor, alterando el comportamiento del conductor y mejorando las condiciones de los usuarios de la calle no motorizados.

Son mejoras que persiguen mejorar la calidad de vida de los usuarios de la zona mediante:

- Lograr reducir la velocidad de vehículos de motor.
- Reducir la frecuencia y la severidad de las colisiones.
- Incrementando la seguridad y la percepción de seguridad de los usuarios no motorizados.
- Favoreciendo la infiltración de agua al subsuelo.
- Realzar el entorno de la calle (las consideración estética como contribución a la calidad de vida).
- Potenciar el uso del transporte público.

Las medidas correspondientes no dejan de ser sino una introducción de elementos nuevos en una calle, elementos que se oponen al tráfico y señales. Se pueden llegar a percibir como obstáculos visuales. El buen diseño debe hacer compatible la función de *traffic calming* sin representar un estorbo visual o un añadido percibido negativamente por usuarios peatones y motorizados. En este sentido, las medidas provisionales (móviles) tienen menor aceptación que las definitivas. También se perciben negativamente el exceso de señales.

### 7.2.4 Departamentos de Transporte: DOT'S

Los departamentos de transporte, han editado guías o recomendaciones. A continuación se muestran, para el caso de algunos estados, los contenidos de esos documentos.

#### **OHAIO**

En 2000 ODOT comienza a centrar la atención en mejorar el aspecto del sistema de la carretera del estado. Lo hace en coordinación con los agentes locales públicos y privados. La línea de estas actuaciones es la de incorporar

características estéticas usando diseños simples, baratos que implican color, textura y patrón.

Índice de: *Aesthetic Design Guidelines*, del Ohio Department of Transportation, Septiembre del 2000.

## **Table of Contents**

<b>Foreword</b>	
<b>Acknowledgments</b>	3
<b>Introduction</b>	7
<b>The Basics</b>	9
Aesthetic Design Process	9
Corridor Types	11
Gateway Corridor	12
Urban High Density Corridor	13
Urban Low Density Corridor	14
Suburban Corridor	15
Rural Corridor	16
Scenic Corridor	18
<b>Corridor Vision</b>	19
Establish the Vision	20
Potential Design Strategies	20
<b>Community Participation</b>	21
Principles	21
Community Participation Plan	21
Community Participation Techniques	21
Results	22
Checklist	23
<b>Building Blocks</b>	25
Pattern, Color, Texture, Relief	26
Landscape	27
Retaining and Noise Walls	32
Bridges	35
Lighting	51
Signing	52
<b>Aesthetic Principles</b>	55
Visual Design Elements	55
Aesthetic Design Qualities	56
Aesthetic Corridor Design Objectives	59
Aesthetic Perception on the Highway	61
Aesthetic Design Hierarchy	61
<b>Summary</b>	63
<b>References</b>	65

Fig. 7.14

## Minesota

El Departamento de Transporte de Minesota, en su manual de diseño de puentes establece un coste máximo, en valor relativo y absoluto, para el capítulo de tratamiento estético:

### 2.2 Bridge Aesthetics

The aesthetic design process is initiated early in a bridge project's life. The Preliminary Bridge Plans Engineer will determine which of three levels of aesthetic attention is appropriate for the bridge.

- Level A is intended for bridges with major cultural or aesthetic significance.
- Level B is used for mid-level structures, including highway corridors.
- Level C is used for routine bridges.

Maximum levels of Mn/DOT participation in aesthetic costs are given in the *Mn/DOT Policy Manual*, Chapter 6, 6-41. For Level A the maximum is 15% but not to exceed \$3 million per bridge; for Level B the maximum is 7% but not to exceed \$300,000 per bridge; for Level C the maximum is 5% but not to exceed \$200,000 per bridge.

The Preliminary Bridge Plans Engineer along with the District Project Manager coordinates the implementation of the aesthetic design process as it relates to bridges. Other people, offices, agencies, etc. may also be involved. The extent of this involvement may vary depending on the individual project and its aesthetics level. This process leads to the development of an Aesthetic Plan for the bridge. Once the project reaches the final stage, the Bridge Design Unit Leader directs the implementation of the Aesthetic Plan to completion with assistance from the Preliminary Bridge Architectural Specialist as needed.

Section 3 of the *Aesthetic Guidelines for Bridge Design Manual* describes the process of aesthetic design in more detail.

Fig. 7.15

## Texas

### Landscape and Aesthetics Design Manual



Fig. 7.16

El manual, de 200 páginas, contiene los siguientes capítulos:

1. Introducción al diseño paisajístico y estético.
2. Pautas paisajísticas y estéticas para elementos estructurales comunes.
3. Pautas paisajísticas y estéticas para las características comunes de la red de transporte.

La estética aquí tiene el propósito, mas allá de crear una visión agradable, de facilitar la función de la infraestructura de transporte mediante un diseño que

visualmente posea una mejor definición. Proporcionar un entorno claro y reducir la tensión de sus usuarios.

### **California**

Como ejemplo tomamos el *Plan maestro del corredor Ruta 99*. Este plan es una guía para potenciar el corredor y la identidad de las comunidades, así como promover la unidad en el paisaje y la estética estructural en todo el corredor de la Ruta 99, desde Bakersfield hasta Lodi. Además de coordinarse con proyectos de mejora de la seguridad, movilidad y necesidades de capacidad. Se está llevando a cabo en el año 2005.

El aspecto de la Ruta 99 cambia de un condado a otro, con diferentes tratamientos estéticos, desde pavimentos en talud y muros de contención hasta muros aislantes de ruidos, y jardinería ornamental. Los esfuerzos de embellecimiento han sido una de las principales prioridades de las comunidades a lo largo de esta carretera. Un objetivo será unificar la estética de las mejoras a lo largo del corredor de la Ruta 99. Se tendrán en cuenta varios factores cuando se finalice el Plan Maestro. Las mejoras estéticas recomendadas podrán incluir:

- Signo de identificación del corredor.
- Monumentos a la vía de acceso.
- Plantas a lo largo de la autopista.
- Signo de identificación de la comunidad.
- Decoración artística en los medios de transporte.
- Mejoras de las zonas de descanso.
- Tratamientos estéticos al lado de la carretera.

Por tanto, el tratamiento estético beneficia a:

- Los territorios que atraviesa el corredor, aportando una identidad, vinculándolos.
- Los usuarios de la carretera, proporcionando un viaje más placentero.

Para lograr el máximo consenso, se organizan encuentros con el público en los que se reciben "inputs" del mismo. Se les pide ordenar de mayor a menor importancia siete elementos estéticos e indicar como están de satisfechos con de qué manera son logrados comúnmente.

1. Paisajismo entorno a la carretera.
2. Escombros y malas hierbas.
3. Consistencia del pavimento y apariencia.
4. Apariencia de los puentes y estructuras.
5. Apariencia de los carteles y señales.
6. Uso de los terrenos adyacentes a la vía.
7. Vistas panorámicas.

Los tres elementos estéticos de mayor importancia en las cinco ciudades fueron:

1. Escombros y malas hierbas.
2. Paisajismo entorno a la carretera.
3. Apariencia de los puentes y estructuras.

### **7.3 Europa.**

En Europa, a diferencia de Estados Unidos, no hay demasiados recursos específicos de estética en ingeniería. Los buenos diseños son obras de buenos diseñadores, que poseen cierta sensibilidad para crear, más allá de guías y manuales. La estética tiene una concepción más cercana a la belleza, a diferencia de los Estados Unidos, donde la visión es más de complementar a la función principal de la infraestructura.

Estos autores, por mencionar algunos: Leonhardt, Schlaich, Maillart, Nervi, Torroja, Manterola, Calatrava.

#### **7.3.1 España.**

En España la estética de la obra pública se trata según la circunstancia de la obra: urbanismo-espacio ciudad, infraestructuras en la ciudad, resto del territorio.

En general los proyectos de urbanismo que requieren “creación” tienen por autor al arquitecto, mientras que aquellos proyectos con componente técnica (servicios, pavimentos, aparcamientos, etc) tienen por autor al ingeniero.

Las infraestructuras en ciudad (autovías urbanas, estaciones metro, etc) necesitan de la colaboración ingeniero – arquitecto, ocupándose éste de la estética.

Las infraestructuras en el resto del territorio las proyectan ingenieros. La estética se reduce a unas mínimas pautas generales.

Los ingenieros notables españoles, excelentes a nivel mundial, tienen dominio de todas las habilidades necesarias para el proyecto, también de la estética. Lo que indica un aprendizaje basado en la observación de otras obras y de la naturaleza, consulta de publicaciones (necesariamente de arquitectura en su mayoría) y en el propio ejercicio de la profesión (colaboración con arquitectos, participación en proyectos de edificación). Estos ingenieros disponen de mayor libertad de creación de formas y detalles, mayor habilidad en el diseño conceptual; conocen el idioma y se pueden expresar en él.

#### **A. Ministerio de Fomento**

En los pliegos de prescripciones técnicas existe un apartado llamado “ordenación ecológica, estética y paisajística”, basado en el estudio de impacto ambiental y en la declaración de impacto ambiental.

##### **A.1. Mitigación de impactos genéricos**

Se tendrán en cuenta las siguientes recomendaciones:

- se procurará que las propias características del trazado proyectado, con su suavidad y coordinación, produzcan un efecto estético agradable.
- se redondearán las aristas de los bordes de taludes y fondos de cunetas
- se alabeará la superficie de los taludes en las zonas de transición de desmonte a relleno y viceversa, para evitar el efecto antiestético de tajo en el terreno e integrar la explanación en el terreno natural
- se suavizarán al máximo los taludes de desmonte y relleno.

## **A.2. Embellecimiento y protección: plantaciones.**

Se incluirán los proyectos de plantaciones necesarios para contribuir a la mejora estética y funcional de las obras.

En particular, se procurará alcanzar los siguientes objetivos:

- a) conseguir un elemento de enlace entre la carretera y el entorno que atraviesa.
- b) reducir el impacto visual de las obras proyectadas.
- c) suavizar aspectos paisajísticos no gratos para el usuario.
- d) facilitar la circulación ayudando a mejorar la guía óptica, tanto de día como de noche.
- e) contribuir al balizamiento y señalización de la calzada, evitando el deslumbramiento.
- f) proteger a los vehículos contra los efectos del viento y atenuar las consecuencias de algunos accidentes.

## **7.4 Asia**

### **7.4.1 China. Hong Kong**

En este país es donde se están realizando los proyectos más importantes del mundo actualmente. Mediante estos ejemplos explicamos qué se tiene en cuenta a la hora de adjudicar.

En la página del *Highways Department* del Gobierno de Hong Kong, además de manuales técnicos, hay información estética de puentes donde se exponen los siguientes conceptos mediante fotografías:

- Transparencia y esbeltez
- Forma estructural
- Textura, patrón y escala
- Expresión de la Función
- Unidad y armonía
- Ritmo
- Forma y textura aplicada
- Apariencia a largo plazo.
- Diseño cromático
- Luz, iluminación.

Y los siguientes conceptos mediante figuras:

- Conceptos y consideraciones estéticas.
- Dimensiones que gobiernan las proporciones
- El dibujo en 2D es insuficiente para representar volumetrías
- Expresión de la función – Suavidad del flujo
- Expresión de la función – Estabilidad
- Inestabilidad visual debido a una dualidad mal resuelta
- Ilusión de combamiento debido al soporte central
- Ritmo y rima
- Luz y sombra

### **Ejemplo: *Stonecutters Bridge - Hong Kong***

El puente será una característica prominente en el skyline de Hong Kong y el promotor invita a los mejores equipos de diseño de puentes del mundo a participar en el concurso. La forma exacta de la estructura será seleccionada en el concurso. El propósito del concurso es explorar las soluciones técnicas y estéticas que pretendan que Stonecutters sea un puente que destaque respecto al resto de puentes del mundo.

Se considera, por la luz a salvar, un puente soportado por cables. Uno suspendido sería lo habitual, uno atirantado sería el más largo del mundo, aunque en el año de proyecto 1999, la luz era ya factible en atirantados. Finalmente esta opción es la que se promueve.

El concurso tiene por objeto asegurar que se el puente sea un *landmark* que promocióne la imagen de la entrada de Hong Kong como un centro dinámico de comercio internacional. El concurso tiene muy en cuenta esto y su énfasis se va centrar en los aspectos estructurales y de diseño constructivo.

La adjudicación se resuelve en etapas selectivas. En cada una de ellas se evalúan por dos comités independientes elegidos por el promotor:

1. El comité técnico: formado por 5 ingenieros civiles.
2. El comité estético: formado por 2 diseñadores, 3 arquitectos y un ingeniero civil.

No es que se le dé la misma importancia a la estética que al resto de aspectos juntos (economía, servicio, seguridad, durabilidad), sino que una vez se ha comprobado que la solución técnica funciona, se elige por estética el ganador. Éste fue el de la siguiente figura:



Fig. 7.17

## 7.5 Australia

Destacamos la publicación *Bridge Aesthetics*, publicada por la *Roads and Traffic Authority* (RTA). Es una publicación destinada a mejorar la apariencia de los puentes en Nueva Gales del Sur (NSW).

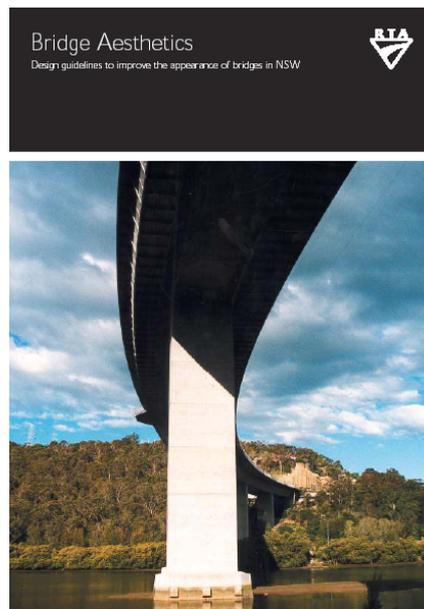


Fig. 7.18

En esta publicación redactada por arquitectos se dan unas recomendaciones sobre estética en puentes. Pretende ayudar a equipos de diseño a producir puentes con valores estéticos y a facilitar esas pautas a los técnicos de las administraciones. Este documento no está pensado para los puentes especiales sino para los ordinarios.

## 8 Conclusiones

1. La formación estética es una carencia en los ingenieros, tanto académicamente como en formación continua y bibliografía. Esta carencia, los proyectistas reconocidos la solventan formándose (y con talento propio, claro) a lo largo de la vida profesional: trabajando con arquitectos, consultando libros de arquitectura, y en general de manera autodidacta. Sus obras, bellas, crean el espejismo de que a los ingenieros no les hace falta saber nada sobre colores, proporciones, escalas, etc.
2. Un proyecto de ingeniería se desarrolla en un contexto multidisciplinar. El autor del proyecto es quien ha desarrollado la parte de creación: diseño conceptual y estético. Viaducto Millau, autor Norman Foster. El autor del proyecto constructivo, el ingeniero Michael Virlogeux, es desconocido para el público. En este caso la propiedad buscó un autor conocido para dar publicidad al proyecto. El caso del viaducto de Millau es el paradigma de la relación entre ingenieros y arquitectos: protagonista y actores de reparto.
3. El dibujo en 2D es insuficiente para representar volumetrías

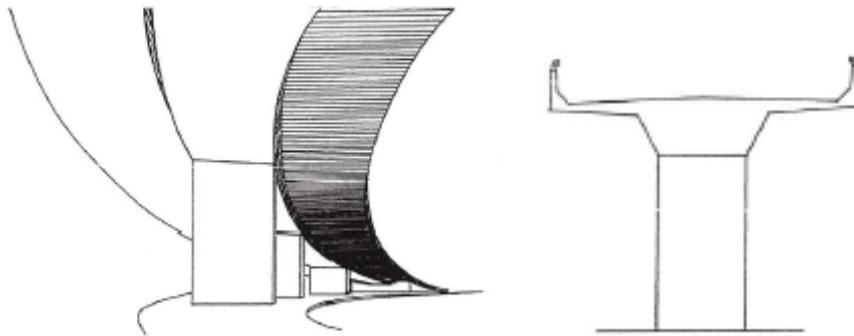


Fig. 8.1

4. La calidad estética es un valor elusivo y difícilmente cuantificable. No se puede objetivar, si adjetivar.
5. La calidad estética ha de ser compatible con el resto de requerimientos: funcionalidad, economía, durabilidad, seguridad y respeto ambiental.
6. Lo bello es atemporal, no pasa de moda.
7. La estética no puede solucionar una estructura mal diseñada<sup>9</sup>.
8. El cliente siempre tiene la razón: participación ciudadana.
9. La belleza y la fealdad no se pueden demostrar con rigor.

<sup>9</sup> [7] Armando Rito, Tendencias en el diseño de puentes. IABSE 2000.

10. A nadie (público) le importa de dónde (ingeniero, arquitecto, método constructivo, diseño conceptual, etc) viene la calidad estética de un proyecto<sup>10</sup>.
11. La estética se ha de considerar desde el principio de un proyecto.
12. El color es el recurso estético más económico y visible. Se proyecta pensando en el color, no se pinta tras proyectar.
13. Un paramento con un ligero talud va a ser más luminoso que otro completamente vertical.
14. Lo correctamente proporcionado es atractivo.
15. La estética en ingeniería civil se ha desarrollado en parte de manera pasiva, a modo de selección natural de soluciones: si la variante (por motivos económicos, estructurales, tecnológicos, etc) mejora estéticamente a la principal (hallazgo casual), aquella se impone a la segunda sustituyéndola completamente. La estética de los puentes se basa bastante en esta selección natural.
16. En la obra bien concebida, nada puede agregarse, quitarse o modificarse sin dañar el conjunto.
17. La *función* incluye la funcionalidad visual de la obra pública y por tanto la estética es parte integral del diseño y no un inútil y frívolo adorno.
18. Proyectar sin intencionalidad estética ni visual no quita que el usuario perciba positivamente o negativamente el efecto de una actuación. El ingeniero tiende a confundir la estética con los tratamientos superficiales de color, materiales, ornamentos. Realmente el impacto estético sobre el observador es el resultado de la impresión de cada una de las partes de una infraestructura, de lo total y de lo parcial. Por tanto cada decisión relativa a las partes visibles del proyecto va tener importancia estética, aunque el autor no lo haya considerado así.
19. Aspectos visuales, como por ejemplo las proporciones entre elementos de una construcción, pueden ser razón de modificación de un diseño que cumpla con los requisitos resistentes (pilas de puentes, etc).
20. La visión estética es el análisis de la forma en términos de su relación con el entorno más inmediato y en el contexto territorial, el refinamiento de la forma y detalles. Además, en estructuras también incluye la expresión clara del flujo de fuerzas.
21. En espacios tridimensionales, la altura influye sobre la escala en mucho mayor grado que la anchura y la longitud.
22. Un paramento en talud va a ser más luminoso que otro completamente vertical, ya que recibe durante más tiempo una luz cercana a la frontal.
23. Complementar el paisaje existente va a tener una mejor relación coste /efectividad que crear un nuevo paisaje.

---

<sup>10</sup> [7] Jörg Schlaig, Tendencias en el diseño de puentes. IABSE 2000.

24. Minimizar las superficies de desmonte y terraplén.
25. Evitar la ubicación de obras lineales a media ladera. El mayor impacto se da en la intersección de la obra lineal con las líneas principales del paisaje (divisoria y fondos de valle); impacto que es mayor cuanto más definidas están.
26. Menor impacto en ubicaciones “de borde”, por ejemplo pie de ladera, límites de bosque u otros contornos naturales.
27. Contornear tanto como sea posible desmontes y terraplenes para imitar las formas circundantes.
28. Menor impacto en ubicaciones de cotas bajas en paisaje.
29. Señales de tráfico, pasos superiores y otras estructuras deben destacar sobre el horizonte lo mínimo para dar el servicio.
30. Considerar las estructuras históricas a la hora de proyectar aporta armonía. Los elementos de refuerzo de estructuras históricas deben armonizar con las características de aquéllas.
31. Diseñar elementos (líneas, formas, colores, texturas, escalas, espacios) compatibles con el entorno.
32. Complementar el paisaje existente va a tener una mejor relación coste/efectividad que crear un nuevo paisaje.
33. Considerar qué vistas van a ser preservadas y que áreas van a ser mostradas.
34. Los pasos inferiores antes se hacían con luces estrictas para la circulación, dejando la sensación en el conductor de atravesar un obstáculo. Para mejorar la visibilidad lateral se ha aumentado la luz, escondido los estribos, disminuido el canto del tablero y evitado en lo posible apoyos intermedios.
35. Carreteras: un aspecto importante es el tratamiento de *bordes*, como los bordes se relacionan con el entorno. También es importante minimizar el área de pavimento.

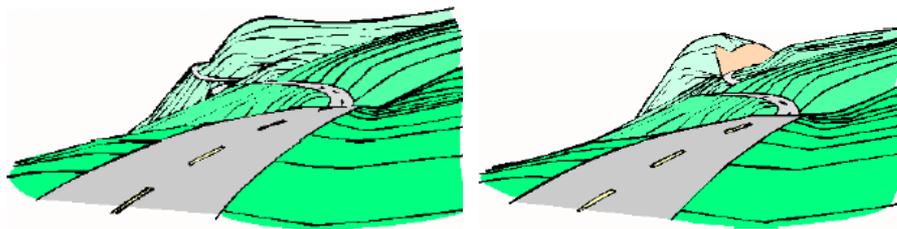


Fig. 8.2

El trazado que minimiza los desmontes ofrece una apariencia más agradable que con grandes cortes que son además *dominantes* en la escena.

36. Debido a su gran visibilidad, un buen diseño de los elementos auxiliares (señales, soportes, luminarias) de una carretera tiene una influencia positiva en conjunto.



Fig. 8.3

37. Considerar las características visuales siguientes en carreteras:

- Viveza: Se asocia a la distinción, a la diversidad y al contraste de elementos visuales. Un paisaje vivo hace una impresión inmediata y duradera en el espectador.
- Integridad (paisaje intacto): la integridad del orden visual en el paisaje y el grado en el cual el paisaje natural está libre de intrusiones visuales.
- Unidad - el grado al cual las intrusiones son sensibles y en armonía visual con el paisaje natural.

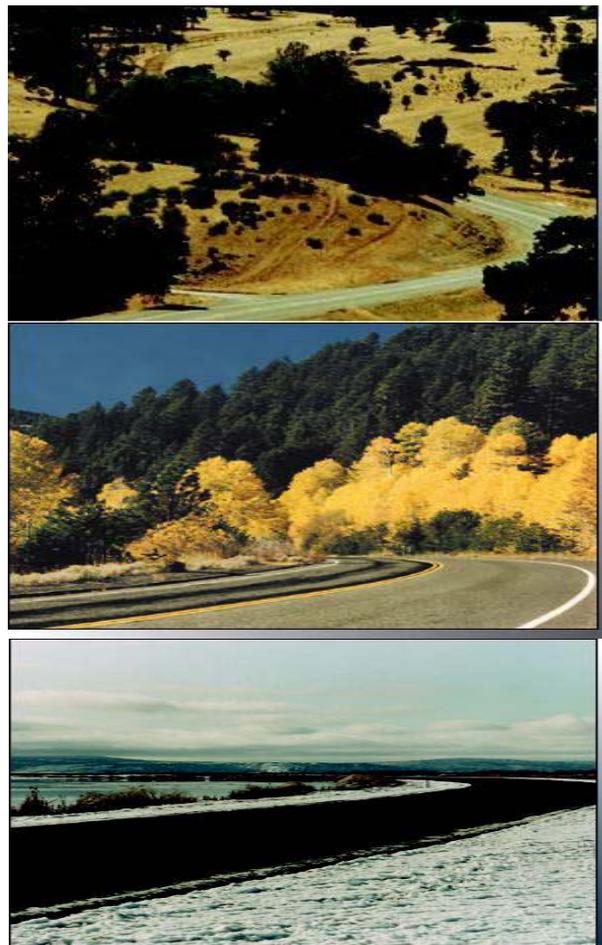


Fig. 8.4

38. La tendencia futura del peso de la estética en ingeniería civil es creciente debido a:
- Madurez de las técnicas constructivas: materiales, tipologías y procedimientos.
  - Creciente sensibilidad ambiental.
  - Inversión privada en infraestructuras y en urbanismo.
  - Participación ciudadana en proyectos.
  - Cultura de la imagen basada en la difusión multimedia.
  - Sofisticación de la sociedad.
39. La administración en España no dispone de manuales o guías de diseño de carácter estético. Entre los primeros países en los que se han publicado este tipo de manuales figuran: EEUU, Australia, La Columbia Británica<sup>11</sup> o China.
40. Como autor de este trabajo destacaría lo positivo que resulta como ingeniero adquirir un sentido estético.

---

<sup>11</sup> *Manual of Aesthetic Design Practice, Province of British Columbia*, Ministry of Transportation and Highways, Highway Engineering Branch, 1991. No ha sido posible consultarlo.

## 9 Recursos

### 9.1 Referencias.

- [1] Alzola, P. *La Estética en las obras públicas Estetika herri-lanetan*. Fundación Esteyco, 1993 (fragmento de Alzola, P. El arte industrial en España, del mismo autor .Imprenta de la Casa de Misericordia Iturride, 1892).
- [2] AA. VV. *Jornadas sobre la vida de los puentes Zubien iraupenari buruzko jardunaldiak* (1997). Donosita – San Sebastián 27 –29 Abril, 2005.
- [3] Batlle, M. *Diseño y funcionalidad visual de las obras públicas*. (En prensa Colegio de Ingenieros de Caminos de Barcelona ). 2005.
- [3] Batlle, M. *Hacia la funcionalidad visual de las obras públicas*. Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, 2002.
- [4] Fernández Troyano, L. *Tierra sobre el agua visión histórica universal de los puentes*. Madrid Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1999.
- [5] Leonhardt, F. *Ponts l'esthétique des ponts Puentes estética y diseño*. Lausanne Presses Polytechniques Romandes, 1986.
- [6] Rui-Wamba, J. (et al). *Javier Manterola, pensamiento y obra*. Fundación Esteyco. 2004.
- [7] Pulido, M. D. G., Sobrino Almunia, J.A. *Tendencias en el diseño de puentes*. Grupo Español de IABSE, 2000.
- [8] Torroja, E. *Razón y ser de los tipos estructurales*. Instituto Eduardo Torroja-Dossat., 1960.
- [9] Finley, R. Craig. *Five fundamentals of bridge design*. CE News 13 (August 2001):48-49.
- [10] AA.VV. *Bridge aesthetics*. Roads and Traffic Authority (RTA) of New South Wales, 2003.
- [11] Calavera Ruiz, J. [et al.]. *Aspectos visuales del hormigón : hormigón visto, hormigón coloreado, hormigón con tratamientos superficiales*. Instituto Técnico de Materiales y Construcciones (Madrid), 2000.
- [12] Jofré, C., [et al.]. *Color y textura en pavimentos y paramentos de hormigón*. Instituto Español de Cemento y sus Aplicaciones (IECA), 2003.
- [13] Ching, F. *Arquitectura forma, espacio y orden*. Gustavo Gili. 1989
- [14] Aguiló, M. *El Paisaje construido : una aproximación a la idea de lugar*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1999.
- [15] Español , I. M. *Las obras públicas en el paisaje: Guía para el análisis y evaluación del impacto ambiental en el paisaje*. CEDEX.1998.
- [16] Asensio, F. *New Architecture, new bridges*. Arco, 1999.

## 9.2 Revistas y publicaciones

AA.VV. *Transportation Aesthetics*. Transportation Research Record. National Academy Press, Washington D.C. Vol. 1549. 1996

OP (antigua Ingeniería y Territorio). *El diseño en ingeniería civil*. Col·legi d'Enginyers de Camins. Vol. 7/8. 1998

Ingeniería Civil. Manterola, J. *Visión histórica, presente y futuro de los puentes*. Vol. 133. 2004.

Revista de Obras Públicas. Aguiló, M. *Invariantes estéticos de la ingeniería civil*. Vol. 3.426 Año 149 Octubre de 2002

Revista del Ministerio de Fomento. 33 Puentes singulares de España. Vol. 531. 2004.

## 9.3 Otros recursos

<http://www.fhwa.dot.gov/>

<http://www.ite.org/traffic/index.html>. *Traffic Calming*

<http://www.tft.lth.se/research/roadaesthetics.htm>. *Road aesthetics and applied aesthetics with focus on space analysis in relation to traffic engineering*.

## 9.4 Bibliografía suplementaria

MacLouhlin, J. B. (1971): *Planificación Urbana y Regional. Un enfoque de sistemas*, Instituto de Estudios de Administración Local, Madrid, p. 115.

Holgate, Alan. 1986. *The art in structural design*. Oxford University Press.

Holgate, Alan. 1992. *Aesthetics of built form*. Oxford University Press.

Lidia, Zakowska. (1997). *Dynamic Road View Research for Road. Safety and Aesthetics Evaluation*. Polonia.

*Road aesthetics and applied aesthetics with focus on space analysis in relation to traffic engineering*

Charles S Whitney. *Bridges of the world, Their Art, Science and Evolution*.

Ortiz, Georgina, 1992. *El significado de los colores*. Trillas. México.

Federal Highway Administration. *Aesthetics and Visual Quality Guidance Information Memorandum*. August 18, 1986.

Ohaio Department of Transportation. *Aesthetic Design Guidelines*. bre 2000.

Texas Department of Transportation. *Landscape and Aesthetics Design Manual*. 2001.

Gauvreau, P. *The three myths of bridge aesthetics*. 2002.