

PUENTE VIAL GIRATORIO SOBRE EL RIACHUELO

Datos de Autor:

Nombre: Martín Eduardo Polimeni

Título Profesional: Ingeniero Civil.

Lugar de residencia: Ciudad de Buenos Aires - Argentina.

Breve descripción de la trayectoria profesional:

Profesor Estructuras Metálicas II de la Escuela Superior Técnica del Ejército.

Docente auxiliar de la asignatura Cimentaciones de la FIUBA.

Resumen del Trabajo

Las pautas de diseño de la Ingeniería/Arquitectura se fundamentan, actualmente, en cuatro conceptos-guía, dos tradicionales: **Resistencia y Durabilidad**, inherentes a la **existencia y permanencia de las obras en sí mismas** y dos más recientes: **Estética** y **Sustentabilidad**, que tratan su **relación con un complejo** (y cambiante) **entorno físico y cultural**, que consideramos indispensable si deseamos revertir el sostenido **deterioro de la calidad de la vida humana**.

Como **Estética**, definimos a la percepción de espacios sagrados. Arquitectura *Archi* (principio, primordial), *tektonia* (construcción). Creado el espacio-forma sagrado, la **belleza** aparecerá naturalmente con el tiempo y, también, una **profunda relación** (Yo - Tú) con la gente. Por **Sustentabilidad**, entendemos la cualidad del diseño que evita que futuras generaciones hereden una gravosa carga.

En el Anteproyecto mecánico-estructural del puente consideramos ambos conceptos-guía, **Estética**: mediante la propuesta de la composición estructural a través de una superestructura (formada por tres arcos con diversa función resistente relacionados según una proporción áurea) que aporta la materia que permita crear el espacio sagrado y la **sustentabilidad** como **ahorro de energía** al adoptar como fuente la **Energía Solar**.

Abstract

*Design guidelines of Engineering / Architecture are based currently on four concepts-guide, two traditional: **Strength and Durability** inherent in the existence and remained of the constructions themselves and two most recent: **Aesthetics** and **Sustainability**, which deal their **relationship with a very complex** (and changing) **physical and cultural environment**, which we consider indispensable if we want to reverse the **continues deterioration in the human life quality**. As **Aesthetic**, we defined the perception of sacred spaces. Architecture: *Archi* (principle, primordial), *tektonia* (construction). Created the sacred space-form, the **beauty** will naturally appear over time and, also, a **deep relationship** (I - You) with people. By **Sustainability** we mean the quality of design that prevents future generations will inherit a heavy burden.*

*The Bridge Project considers both concepts-guides, **Aesthetics**: proposing a structural composition by a superstructure (consisted in three arches with different strength function related by an aurea proportion), which provides the matter allowing the creation of the sacred space and **Sustainability** as **energy saving** by adopting **Solar Energy** source.*

1. INTRODUCCIÓN.
 2. ALTERNATIVAS PRESENTADAS.
 3. CONCEPCIÓN DEL ANTEPROYECTO SELECCIONADO.
 4. FUNDAMENTOS DE LAS PAUTAS DE DISEÑO.
 5. BIBLIOGRAFÍA.
-

1. INTRODUCCIÓN.

Cada vez y en mayor medida se le da importancia a la BELLEZA en el diseño de Puentes Viales o Ferroviarios.

En el enciclopédico libro de CHEN² se le dedican dos capítulos (sobre 67) a esta cuestión. Estos son los escritos por:

- LEONHARDT, F.: “Aesthetics – Basic” (19 páginas).
- BILLINGTON, D. P. y GOTTEMUELLER, F.: “Bridge Aesthetics Structural Art” (19 páginas).

En el texto antes mencionado de LEONHARDT, se incluyen los dos modos en los que, habitualmente, se interpreta el **fenómeno estético**:

1. “la belleza **no es una cualidad del objeto** en sí mismo, sino que existe solamente en la imaginación del observador”⁽¹⁾.
2. “la segunda corriente de interpretaciones opina que los objetos poseen cualidades de Belleza. KANT en su “Critica de la Razón Pura” dice: “Belleza es lo que, de modo general y sin definición, produce placer”.

En el presente Trabajo, se presenta el diseño de un puente vial sobre el Riachuelo de Buenos Aries, diseñado de forma tal de lograr encontrar una solución estructural óptima, encuadrada dentro de un marco estético que le genere impronta de símbolo o emblema a la Obra.

2. ALTERNATIVAS PRESENTADAS.

Dado que se ha incluido, en el presente Trabajo, a la Sacralidad (Belleza, Estética – ver más adelante) como una de las **Pautas de Diseño**, es casi imposible que el Proyectista se conforme con solo un diseño, aunque éste fuera óptimo desde el punto de vista ingenieril (Resistencia + Durabilidad + Sustentabilidad). Por este motivo, se han presentado, en el Concurso de Diseños Conceptuales del puente, tres alternativas cuyas imágenes difieren, sensiblemente, entre sí:

- La primera (LÁMINA 1 (Figura 3) y LÁMINA 3 (Figura 6)), consta de un **puente con dos tramos basculantes**.
- La segunda (LÁMINA 2 (Figura 4) y LÁMINA 4 (Figura 7)) (luego elegida por el Comitente para la ejecución del Anteproyecto), corresponde a un **puente de arcos giratorio**.
- La tercera (LÁMINA 3 (Figura 5) y LÁMINA 4 (Figura 8)), corresponde a un **puente atirantado giratorio**.

Estas tres alternativas poseían ventajas y desventajas relativas desde el punto de vista, puramente, ingenieril, por lo que sus costos y, por lo tanto sus cotizaciones esperables, eran muy similares, dado que las tres alternativas constaban de:

¹ Tal como lo expresara Ramón de CAMPOAMOR en la célebre copla: “... todo es según el color del cristal con que se mira”. Ley de CAMPOAMOR.

- una superestructura centrada (ubicadas en el eje longitudinal del tablero).
- un tablero conformado por una estereo estructura metálica.
- acero estructural como material principal.

La mayor diferencia residía en que la Alternativa 1 (basculante) no admitía, por el alto requerimiento energético, la posibilidad de accionamiento de sus mecanismos de movimiento mediante el suministro de energía solar. Las otras dos alternativas (giratorias), permitían dicha posibilidad.

3. CONCEPCIÓN DE ANTEPROYECTO SELECCIONADO.

El Comitente seleccionó el Anteproyecto mostrado en la LÁMINA 2, un Puente Vial Giratorio con Superestructura de Arcos.

En el presente punto, se analiza la metodología y los motivos que condujeron a la obtención de este diseño.

La condición fundamental de la cual se partió, fue la de aplicar las **cuatro Pautas de Diseño**. Las dos primeras, **Resistencia y Durabilidad** son obvias dentro de la Ingeniería Estructural y, por lo tanto, no serán tratadas en este Trabajo. La tercera, la **Sustentabilidad**, se ha resuelto de un modo tal, en que no se condiciona la Metodología del Diseño (concepción, proceso, evolución de ideas). Por lo tanto, nos limitaremos en este punto, únicamente a la cuarta pauta, la **Sacralidad - Belleza - Estética**. Esta Pauta de Diseño será, a su vez, comentada junto con la Sustentabilidad, con mayor detalle en el punto 4 dentro de un marco filosófico.

Para mostrar la **evolución de las ideas o configuración mental** ("prefiguración"), recurrimos a los gráficos mostrados en las LÁMINA 5. Nos limitaremos a tratar solo el Puente Metálico Giratorio y no, los puentes de hormigón de acceso a éste.

Se muestra el problema estructural que debe solucionarse. En un análisis previo a la concepción final del puente móvil, se consideraron los requerimientos viales de los puentes de acceso de H^oP^o, la posición de la línea de talweg y el gálibo horizontal requerido para la navegación. Con esos valores o datos limitativos, se pudo fijar la posición del eje de giro (pivot). Se ha logrado que la relación aurea entre los semivoladizos (corto y largo), $b/a \approx 1.618$, cumpliera con las exigencias para el servicio a la navegación (gálibo horizontal exigido por la Subsecretaría de Puertos y Vías Navegables).

De acuerdo al gálibo horizontal exigido, cabían dos posibilidades de esquema estructural, que podríamos denominar extremas (u opuestas).

El primero a través de una estructura que consistiría en un sistema plano de vigas longitudinales y transversales sin superestructura superior (similar a los 5 puentes giratorios instalados en Puerto Madero).

Desde el punto de vista de la Arquitectura, lo podríamos denominar como "minimalista" o, siguiendo a Bruno ZEVI, "un diseño que cumple con el **grado cero de la Arquitectura**"⁽²⁾.

Es evidente que este diseño (minimalista), no posee "**materia**" perceptible con la cual se pueda obtener y delimitar **espacios** y **crear formas** que, finalmente, nos desarrollen el sentimiento de Belleza. Por otra parte, este esquema

² En evidente alusión a: "El grado cero de la Escritura" de Roland Barthes. Sin embargo, cabría preguntar: El grado cero de la Escritura ¿es Literatura? y, análogamente, el grado cero de la Arquitectura ¿es Arquitectura?

estructural presenta un problema técnico dado que, en situación de giro, sólo es posible su materialización mediante la utilización de una cantidad desproporcionada de acero para lograr una rigidez flexional longitudinal conveniente. Se trata de la indispensable limitación de las deformaciones extremas de los semivoladizos en situación de giro ($f_{VC} + f_{VL}$) (ver LÁMINA 5) para poder diseñar sistemas mecánicos de giro “razonables”.

Para lograr incrementar el momento de inercia de las vigas longitudinales de un puente sin superestructura, se debería adoptar (para limitar las deformaciones extremas) secciones altamente sobredimensionadas desde el punto de vista tensional.

En la LÁMINA 5, (Figuras 4 y 5), se muestra el modo de resolver simultáneamente:

- el problema técnico descrito, o sea, lograr un momento de inercia que límite las flechas extremas sin sobredimensionamientos innecesarios.
- **cumplir** con la Pauta Estética, mediante la adopción de una **superestructura perceptible** e importante (altura del arco mayor ~ 22.5 m).

Para demostrar que el diseño con propiedades arquitectónicas no es una complicación, recurrimos a la máxima de OSCAR NIEMEYER: “La Arquitectura nace con **un trazo**”

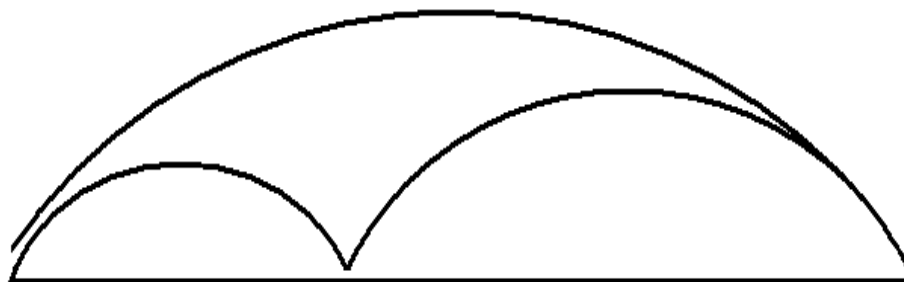


Figura 1

Adoptado el diseño a través de superestructura de arcos, el cual ofrece la “materia” perceptible⁽³⁾ necesaria para incluir la Pauta de Diseño (Estética), correspondía decidir el modo de repartir transversalmente las cargas.

En la Figura siguiente (Figura 2) se muestra la **evolución de ideas**⁽⁴⁾ en la resolución de la “superestructura” para repartición transversal de cargas.

Ténganse en cuenta que el puente posee:

- Cuatro trochas (dos por cada sentido de circulación).
- Dos veredas de 2.80 m c/u.
- Ancho total del tablero: 28.70 m

En principio, habría tres posibles soluciones del esquema (armado) estructural para la repartición transversal de cargas:

³ El término Estética proviene del griego: *aisthetika* (sensación, percepción), *aisthesis* (sensación), *ika* (relativo a). Sin materia no es posible ninguna percepción o sensación de Belleza (ni siquiera con la Belleza matemática). Con palabras simples, podríamos resumirlo en: sin mármol no podríamos percibir la belleza del DAVID.

⁴ Definimos **Diseño** como un proceso que, indistintamente, incluye una evolución de ideas y una prefiguración.

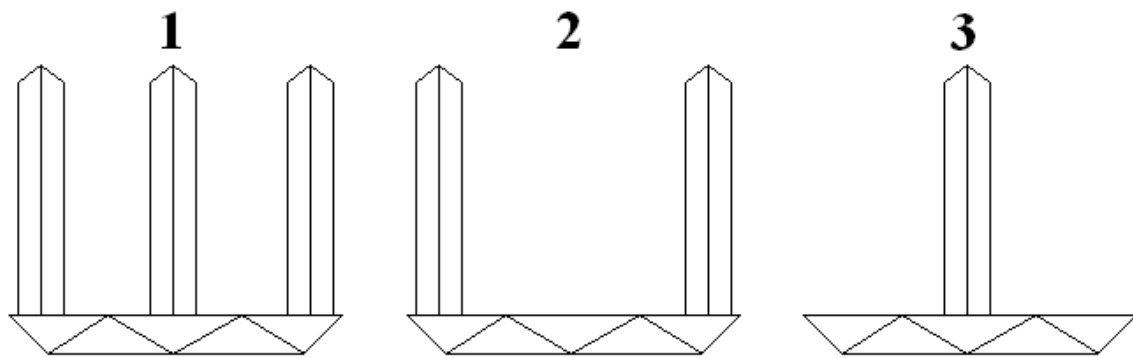


Figura 2

En el Esquema 1 (tres arcos), es evidente la necesidad de un tablero armado transversalmente. Lo mismo ocurre en el Esquema 2. Por el contrario, en el Esquema 3, para absorber **cargas asimétricas** (ver LÁMINA 7 - Figura 18), es conveniente adoptar un tablero de gran rigidez a torsión, lo cual se logra mediante la adopción de una **estéreoestructura**. Si quisiéramos resumir en lenguaje simple la estructura adoptada, podríamos definirla como un tablero formado por una **ESTÉREOESTRUCTURA** con elevada rigidez a torsión y relativamente baja rigidez a flexión, **RIGIDIZADA** a flexión, mediante una **SUPERESTRUCTURA de ARCOS y PÉNDOLAS**.

Finalmente se resolvió adoptar una configuración estructural con un solo sistema de arcos sobre el eje longitudinal del tablero. No obstante la mayor complejidad ingenieril y constructiva de esta solución, con esta decisión (la incorporación de una superestructura), el esquema estructural pasó, de un sistema plano (como el minimalista) a un sistema espacial con tablero formado por una sola placa estéreo, logrando, simultáneamente:

- una reducción significativa de la necesidad de acero a elaborar.
- diseñar sistemas mecánicos para la operación del puente, “acotados y razonables”.
- brindar una impronta estética a la Obra.

En la LÁMINA 6 se muestra gráficamente y de modo sencillo e inmediato, la razón de ser de los arcos.

Sin el aporte de la superestructura formada por los arcos y las péndolas, la estructura del tablero sería sometida a **un incremento de esfuerzos** en variación lineal con la relación de la deformación de sus extremos (111 cm / 15 cm > **7 veces**) y por ende, el incremento, en dicha proporción, de la necesidad de material a elaborar.

Con las **mismas secciones de los componentes estructurales** que conforman la estructura del tablero y **sin superestructura**, la deformación máxima sería mayor a siete veces que la máxima admitida y adoptada de acuerdo a los mecanismos de giro diseñados, lo que equivaldría a una **factibilidad técnica de ejecución prácticamente nula**. Esto último demuestra que la utilización de la superestructura no solo le brinda impronta estética a la estructura en general, sino que, además, permite reducir sensiblemente los requerimientos estructurales y mecánicos de la Obra.

En las LÁMINAS sucesivas (8, 9 y 10), se muestran las estructuras y mecanismos principales componentes del puente:

- Planta y cortes generales (LÁMINA 8).
- Superestructura de arcos y péndolas (LÁMINA 9).
- Tablero de estéreo estructura (LÁMINA 10).
- Mecanismos principales de giro (LÁMINA 10).

4. FUNDAMENTO DE LAS PAUTAS DE DISEÑO.

Las obras no se construyen para que resistan. Se construyen para alguna finalidad o función que lleva, como consecuencia esencial, el que la construcción mantenga su forma y condiciones a lo largo del tiempo. Su resistencia es una condición fundamental; pero, no es la finalidad única, ni siquiera la finalidad primaria.

Eduardo Torroja

La finalidad principal de este Trabajo podría ser interpretada, indistintamente, como:

- **Explicar el criterio de diseño** aplicado al Anteproyecto del Puente Roca - Patricios en el cual se aplicaron **cuatro Pautas de Diseño**.
- **Proponer**, fundamentar y justificar la inclusión de los valores propios de la **Estética** y de la **Sustentabilidad** como **Pautas de Diseño** dando como ejemplo de aplicación, al Anteproyecto del puente.

No debe interpretarse tal propuesta como el intento de establecer una escala de valores comparativos entre las cuatro pautas sino, más bien, la de proponer una especie de Matriz de Pautas de Diseño en la cual todos sus componentes posean un mismo valor. Podemos sí, establecer una categorización, únicamente, de acuerdo a cada situación dentro de un ambiente sociocultural determinado⁽⁵⁾.

El epígrafe de E. Torroja nos puede orientar sobre lo que deseamos proponer en este Trabajo. Analizando el referido párrafo:

- “las obras no se construyen para que resistan”.
- “... el que la construcción mantenga su forma y condiciones a lo largo del tiempo” (Resistencia y Durabilidad).
- “... pero, **no es la finalidad única ni siquiera la finalidad primaria**”.

Torroja nos deja abierta la posibilidad de incluir otras condiciones, impracticables en su época⁽⁶⁾.

Es evidente que Torroja consideraba, ya en su época (su Obra lo demuestra), que para el caso como el que nos ocupa, un puente vial, dicha construcción podría, además de vincular físicamente dos lugares, satisfacer (o ayudar a hacerlo) otras necesidades que resultaran del ambiente sociocultural⁽⁷⁾.

⁵ No sería el mismo diseño de un puente, aquel destinado a un ambiente ciudadano, que aquel destinado a un páramo desolado e inhabitable.

⁶ Se debe tener en cuenta el prodigioso progreso de los métodos de cálculo y diseño estructural que, en cierto modo, hace innecesario el poco creativo “Puente tipo para...”

⁷ Las mismas necesidades físicas se resuelvan de un modo, esencialmente, diferente, en una ciudad y en una llanura deshabitada.

De acuerdo a lo anterior, en el presente Trabajo se proponen cuatro **Pautas de Diseño**, dos de ellas **tradicionales**:

- **Resistencia.**
- **Durabilidad.**

y **otras dos**, que no nacen del **ambiente** físico, sino que son consecuencia del correspondiente al **económico y sociocultural**:

- **Sustentabilidad**: la definimos como la necesidad de no comprometer las necesidades de futuras generaciones.
- **Sacralidad**: esta pauta, que parece tan extraña, exige un extenso y profundo análisis. Tratar este Tema, es parte de la **razón de ser** del presente Trabajo.

Tercer Pauta: SUSTENTABILIDAD

Para tratar las Pautas de Diseño adoptaremos, como definición de Sustentabilidad, la correspondiente al Informe BRUNDTLAND: “**Sustentabilidad es lo que permite satisfacer las necesidades del presente, sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones**”.

Contrariamente a la Sacralidad, que trataremos luego, creemos totalmente innecesario justificar la adopción de un Diseño que, para no comprometer a las futuras generaciones, exija que durante la vida útil del puente, reduzca, lo máximo posible, los costos de:

- **Conservación.**
- **Operación.**

El primer aspecto (reducción de los costos de conservación), lo encaramos mediante un **adecuado esquema de protección por pinturas** considerando, sobre todo, el agresivo medio ambiente en el que se encontrarán las estructuras de acero y, también considerando, que los dos fenómenos principales que deterioran este tipo de estructuras son la CORROSIÓN y la FATIGA, se le dio gran importancia al **diseño de detalles**. Por lo tanto, se realizó un diseño de éstos, especialmente cuidadoso:

- **Anticorrosivo**: evitando zonas de acumulación de suciedad, goteos por lluvia, superficies de transición suaves (sin aristas agudas), soldaduras continuas, etc.
- **Antifatiga**: evitando la formación de concentradores de tensiones y exigiendo, en las Especificaciones Técnicas, el control de calidad de los cordones soldados mediante ensayos no destructivos (END), que prevenga, dentro de lo técnicamente posible, la existencia de pre fisuras o la iniciación de éstas.

Por otra parte, nos hemos concentrado, particularmente, en la reducción de los **costos de operación** adoptando como posible fuente de poder a la **energía solar**.

Por esta razón hemos diseñado un sistema mecánico de mínima exigencia de potencia.

Cuarta Pauta: SACRALIDAD o BELLEZA

Lo sagrado precede y funda lo bello

Roberto Masiero “Estética de la Arquitectura”³

En adelante adoptaremos:

- la palabra BELLEZA (sentimiento), en lugar de la polisémica palabra ESTÉTICA, para determinar la **Pauta de Diseño**.
- de modo indiferenciado, Ingeniería Estructural o Arquitectura Estructural. Preferimos, solo, el término ARQUITECTURA.

Es de hacer notar que prácticamente la totalidad de los textos, los incluidos en la Bibliografía de este Trabajo y muchísimos otros, se caracterizan por afirmar que la BELLEZA se encuentra **en** el objeto o **en** el sujeto⁽⁸⁾.

En el presente Trabajo y tal como lo hemos hecho en otras oportunidades: (POLIMENI¹⁰), definiremos a la BELLEZA según la filosofía de Martín BUBER, expuesta en su Obra Yo y Tú que, para el presente caso, podríamos resumir (su definición) de la siguiente manera:

La BELLEZA no se encuentra ni en el Objeto ni en el Sujeto sino entre éste (Yo) y aquel (Tú). Se trata, por lo tanto, de una RELACIÓN entre un Yo y un Tú. Creemos que es necesario explicar, aunque sea muy brevemente, lo que BUBER denomina Relación Yo-Tú. Para ello transcribimos partes de su texto y tratamos de desarrollarlas y comentarlas⁽⁹⁾. **“El mundo de relación se construye en tres esferas”**, comenta BUBER.

“La primera, es nuestra vida con la Naturaleza. En ella, la **relación** llega hasta el **umbral del lenguaje**”.

“En la segunda, la de nuestra vida con el Hombre, la **relación** adquiere la **forma del lenguaje**”.

“La tercera, es nuestra vida con las formas inteligibles. La **relación** se produce, en ella, **sin lenguaje pero engendra un lenguaje**”.

Se comprueba que en las tres relaciones (con la naturaleza, con el Hombre y con las formas inteligibles) **se dialoga**, en el umbral de un lenguaje, con la forma de un lenguaje y con un lenguaje que se engendra durante la relación⁽¹⁰⁾.

Para comprender el modo en que se aplicaría lo anterior a la BELLEZA, adoptaremos el modo en que BUBER vincula la relación Yo – Tú con el **amor**.

“El acto esencial que crea aquí la **inmediatez** es lo frecuentemente interpretado, erróneamente, en términos de sentimiento. **Los sentimientos acompañan al hecho metafísico y metapsíquico del amor, pero no lo constituyen**”.

Nosotros hemos extendido lo afirmado por BUBER sobre el sentimiento (sensible) del AMOR a otros sentimientos: BELLEZA (lo bello), JUSTICIA (lo justo), VERDAD (lo verdadero), como sentimientos sensibles que acompañan la relación Yo – Tú (suprasensible) con las tres esferas que componen el mundo.

Los dos últimos nos interesan aquí, excepto quizá, en una de las esferas de las formas inteligibles. Nos referimos a la matemática⁽¹¹⁾.

⁸ Quizá no sea posible pretender, que las definiciones sobre temas en los que se involucra al Hombre con todo su Ser, posean la precisión y la capacidad de orientar que tienen las definiciones técnicas y científicas.

⁹ Los resaltados son nuestros.

¹⁰ Es el caso de un artista con su **propia** Obra. Esta misma Obra, percibida por otros, corresponde al diálogo con la Naturaleza.

¹¹ En la que parecen coincidir BELLEZA y VERDAD ¿Que sentimientos desarrollan las afortunadas personas que realizan su Tú-Innato, fundamentalmente, con la esfera de las formas inteligibles, cuando analizan y comprenden, por ejemplo, la ecuación $e^{i\pi} + 1 = 0$, la Teoría de Grupos de Galois, el Teorema de NOETHER, el Teorema de GÖDEL, la solución de algunos de los problemas propuestos por HILBERT.

Todos los sentimientos o sentir la relación inmediata del Yo con el Tú coinciden en uno solo: la SACRALIDAD (lo sagrado). Coincide con lo afirmado en el epígrafe: “Lo sagrado precede a lo bello”

Coincide, asimismo, con la etimología de la palabra Arquitecto: *Archi* (lo primero, lo principal, lo sagrado) y *Tectonia* (construcción). El Arquitecto fue en otros tiempos, casi como un Sacerdote, el encargado de construir lugares sagrados, por los cuales se pudiera separar lo sagrado de lo profano y evitar, de tal modo, el caos; algo muy difícil de lograr en nuestro tiempo⁽¹²⁾.

Debemos destacar otro concepto clave de la filosofía de BUBER: El Tú-Innato. Transcribimos y comentamos (el resaltado es nuestro):

“Al comienzo es la relación⁽¹³⁾, como categoría del Ser, una disposición de acogida, un continente, una pauta para el alma; es el a priori de la relación, el Tú-Innato”.

Quizá sea como una herencia silenciosa (y esto es una especulación nuestra) de lo obtenido y acumulado por nuestros ancestros, por y en todo el Ser, luego de decenas de miles de años sobre la Tierra y de la **relación inmediata** con el mundo.

Agrega BUBER: “El Tú-Innato se realiza con las relaciones vividas, con aquello con que se encuentra”.

Destruir el TÚ-INNATO (no permitiendo que se realice), es el mayor crimen que se puede cometer contra la Humanidad⁽¹⁴⁾.

Lo que principalmente pretendemos en este Trabajo es proponer en toda Obra de Ingeniería/Arquitectura, “esa necesidad pre- religiosa” que por su magnitud, lugar de construcción y medios, ambiente, socioeconómico y cultural, se considere, en su diseño, a la SACRALIDAD (BELLEZA - ESTÉTICA) como pauta del DISEÑO.

Creemos que tal como ocurre en diversas expresiones del ARTE, la ARQUITECTURA (Ingeniería/Arquitectura) debe colaborar a revertir el fenómeno del deterioro de la Calidad de Vida. De este modo, la Arquitectura volvería a cumplir con su finalidad original, crear espacios sagrados.

5. BIBLIOGRAFÍA.

- 1- BUBER, M: “Yo y Tú” Ediciones Nueva Visión. ISBN 950-602-024-8 (2002).
- 2- CHEN, W. F.; DUAN, L.: “Bridge Engineering Handbook”. CRC Press LLC. ISBN 0-8493-7434-0.
- 3- MASIERO, R.: “Estética de la Arquitectura” Edic. A. Machado Libros SA ISBN 84-7774-636-2 (2003).

¹² Dificultad que, a nuestro entender, está produciendo “el sostenido deterioro de la calidad de vida humana” (ver el resumen).

¹³ En el nacimiento de la Humanidad y en el nacimiento de cada uno de nosotros (todos los humanos) como personas.

¹⁴ Algo que ocurre continuamente y cada vez con mayor eficacia: Teorías como la de la Tabla Rasa, los que proclaman, parafraseando erróneamente a NIETZSCHE, “el alma ha muerto” y otros métodos, como los tratados por CHOMSKY: la (des)educación o el Problema de ORWELL y, sobre todo, los más que eficaces métodos que utilizan los medios de comunicación, introduciendo el ELLO (Buberiano) para satisfacer “esa necesidad pre-religiosa de creer” (KRISTEVA). Si ésta (la necesidad pre-religiosa) es satisfecha, en lugar de lo sagrado, por absurdas supersticiones, (en nombre de una “libertad” (no precisamente la que nace de la relación Yo – Tú)), esto solo conduce, tal como lo califica la misma autora, a “**democracias desorientadas**”. Nuevamente el caos.

- 4- OLIVERAS, E.: "Estética. La Cuestión del Arte" EMECE Editores. ISBN 978-950-04-2898-9 (2007).
- 5- EDWARDS, B.: "Guía Básica de la Sostenibilidad" Edit. Gustavo Gili. ISBN 978-84-2522-208-5 (2008).
- 6- CHOMSKY, N.: "La (Des)educación" Edit. CARRIOS. ISBN 978-84-8432-884-1 (2007).
- 7- VENTURI, R.: "Complejidad y Contradicción en la Arquitectura". Edit. Gustavo GILI. ISBN 84-252-0499-2(1978).
- 8- KRISTEVA, J.: "Esa Increíble Necesidad de Creer" Edit. PAIDOS. ISBN: 978-950-12-6574-3 (2009).
- 9- DELPECH, T.: "El Retorno a la Barbarie en el Siglo XXI" Edit. El Ateneo ISBN 978-950-02-5590-1 (2006).
- 10-POLIMENI, M.: "Estática y Estética: Un Camino Buberiano" XX Jornadas de Ingeniería Estructural AIE.
- 11-PINKER, S.: "La Tabla Rasa, El Buen Salvaje y el Fantasma en la Máquina" Edit. PAIDOS. ISBN 84-493-1790-8 (2005).
- 12-TORROJA, E.: "Razón y Ser" Editado por el Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y el Cemento (1960).
- 13-ECO, U.: "Historia de la Belleza" Editorial LUMEU S.A. ISBN 978-84-264-1468-7 (2007).
- 14-ELIADE, M.: "Imágenes y Símbolos" TAURUS EDICIONES. ISBN 84-306-1001-4 (1983).
- 15-CHARLESON, A.: "La Estructura como Arquitectura". Edit. REVERTE. ISBN 13: 978-84-291-2111-7 (2007).
- 16-MACDONALD, A. J.: "Structure & Architecture" Edit. ELSEVIER. ISBN 978-0-7506-4793-9 (2007).
- 17-PELLI, C.: "Observaciones sobre Arquitectura" Edit. Infinito. ISBN 978-987-9393-62-8 (2009).
- 18-PEVNSER, N.: "Los Orígenes de la Arquitectura Moderna y del Diseño" Edit. Gustavo GILI. ISBN 84-252-0620-0 (1976).
- 19-GARCIA, D.: "La Estructura y el Proyecto" Colegio de Arquitectos de Cataluña (2004).
- 20- BURKHARD, F.; SCHULENBURG, S.: "Metal Architecture Design and Construction" Edit. BERTELSMANN SPRINGER. ISBN 3-7643-6978-7 (2003).

LÁMINA 1



Figura 3: Fotomontajes de la Alternativa 1 (basculante).

LÁMINA 2

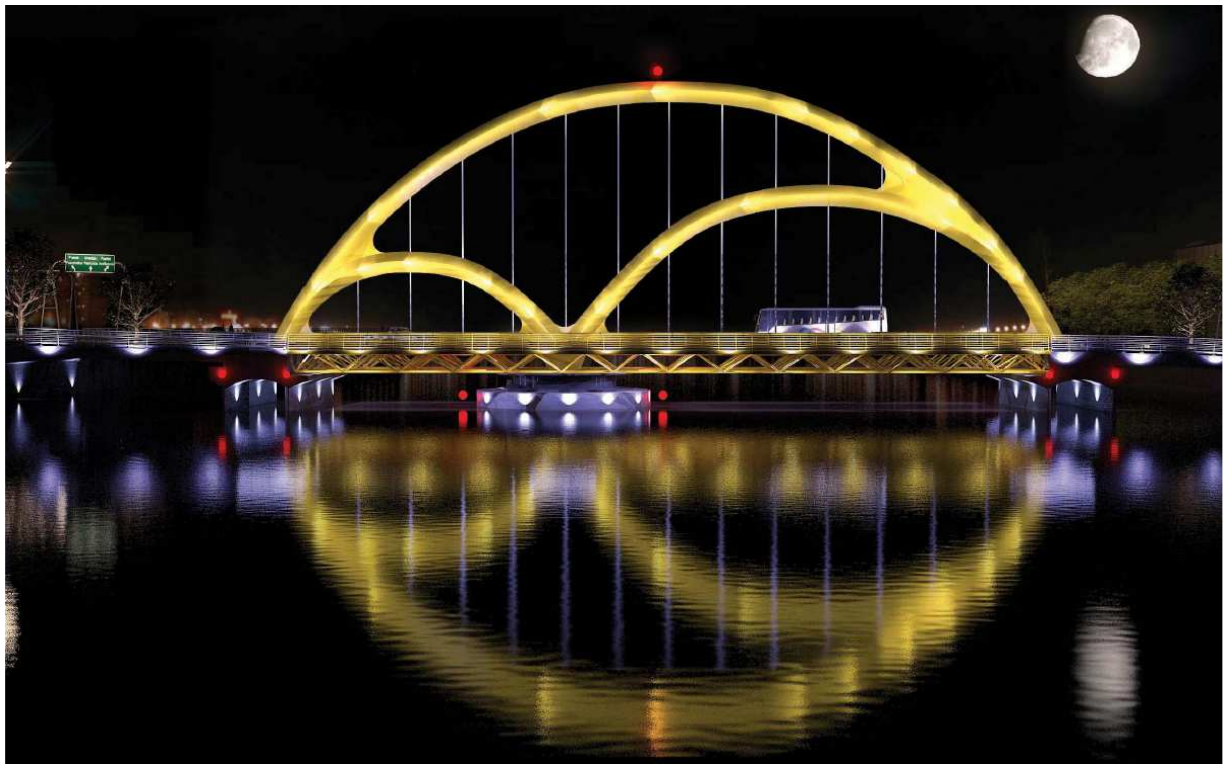


Figura 4: Fotomontajes de la Alternativa 2 (giratorio – arcos y péndolas).

LÁMINA 3



Figura 5: Fotomontaje de la Alternativa 3 (giratorio – atirantado).

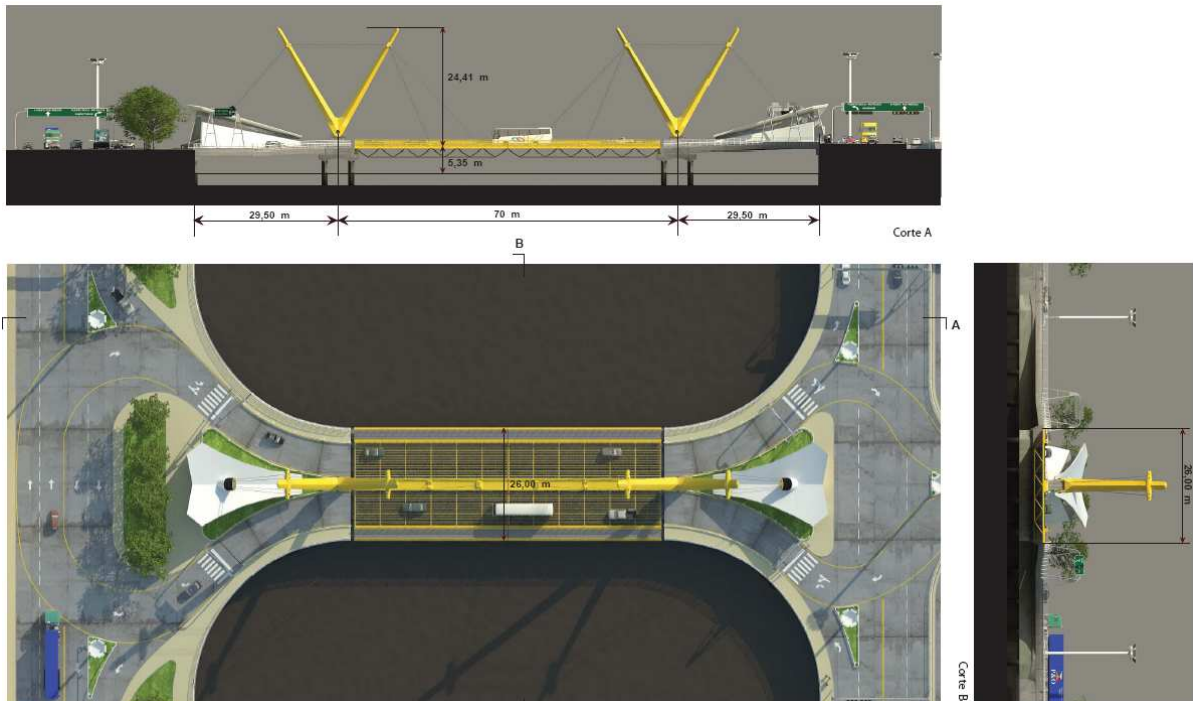


Figura 6: Planta y Vistas de la Alternativa 1

LÁMINA 4

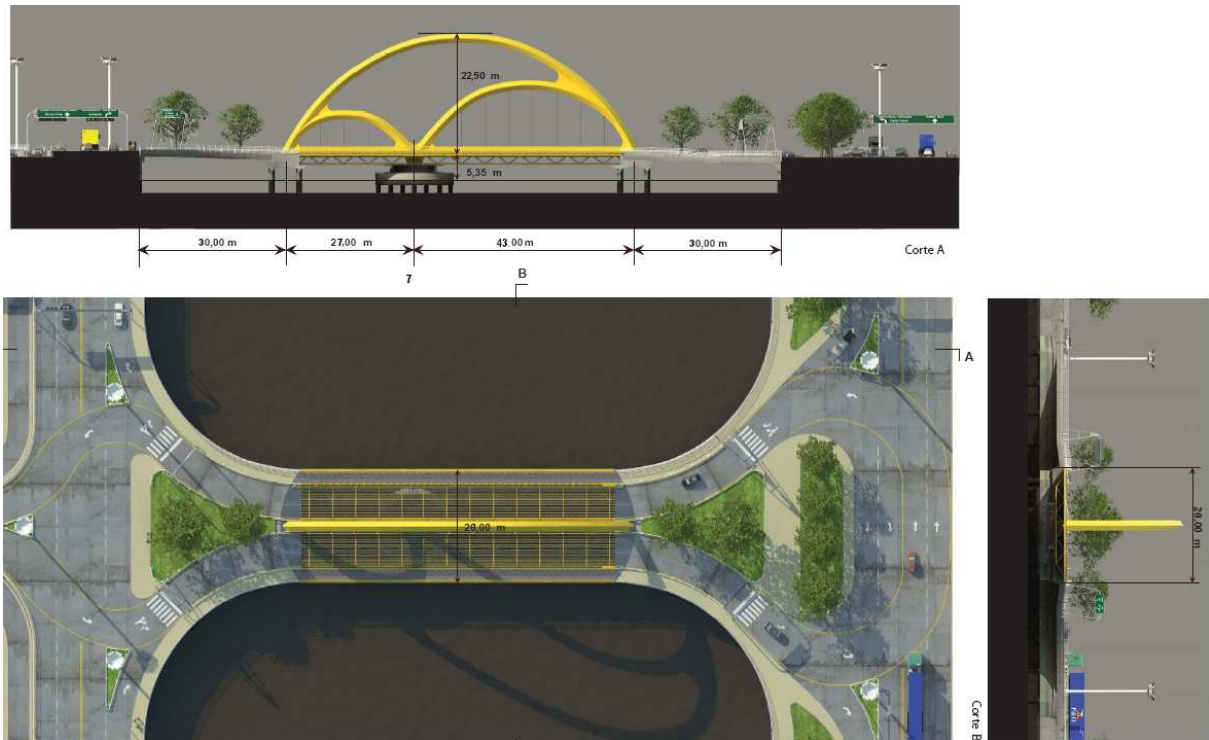


Figura 7: Planta y Vistas de la Alternativa 2

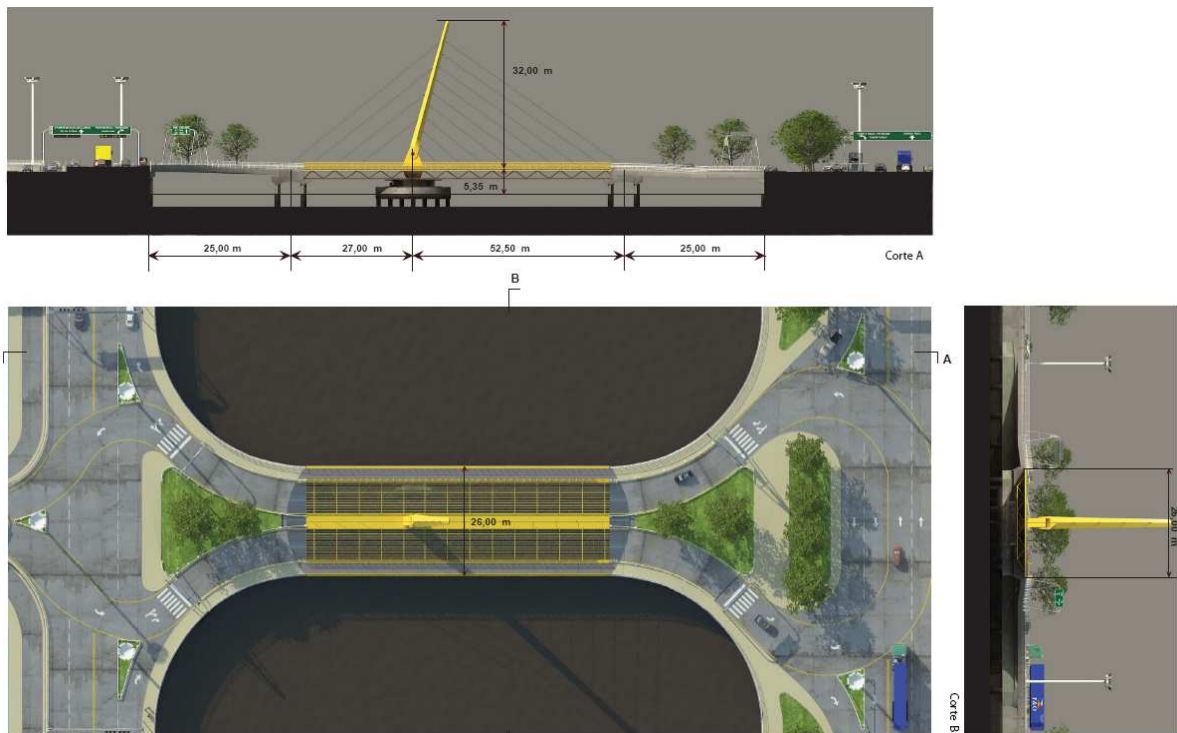


Figura 8: Planta y Vistas de la Alternativa 3

LÁMINA 5

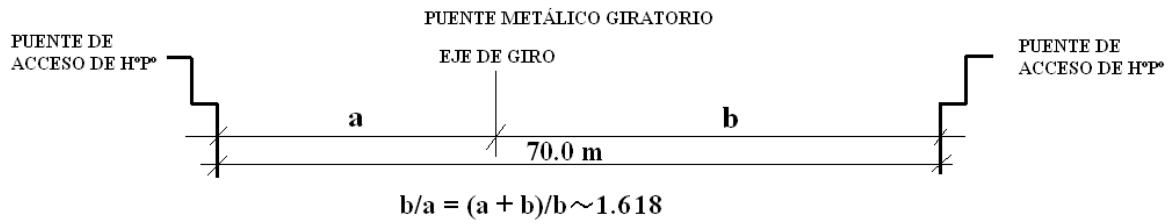


Figura 9: Esquema general de la distancia a salvar (puente móvil).

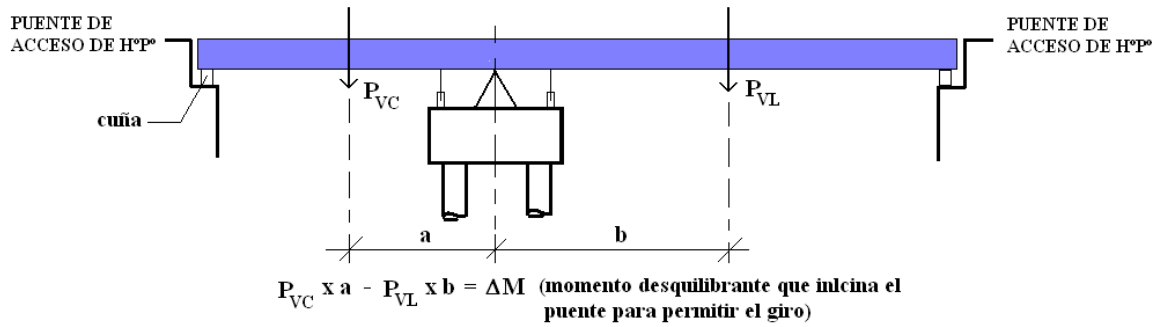


Figura 10: Balanceo de momentos entre los voladizos corto y largo

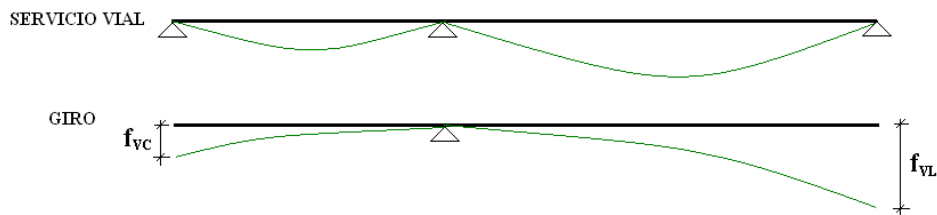


Figura 11. Esquemas de las elásticas durante el servicio vial y giro

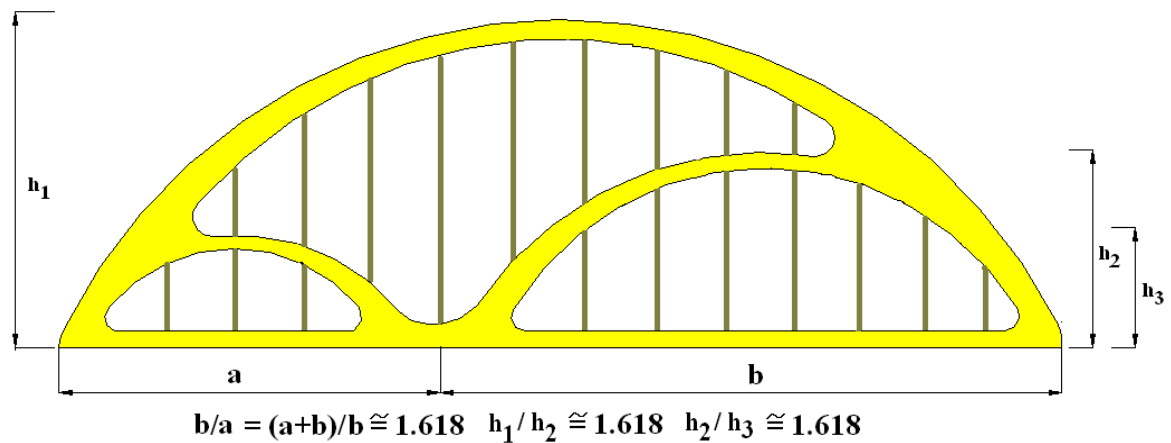


Figura 12: Geometría general de la superestructura. Relación aurea.

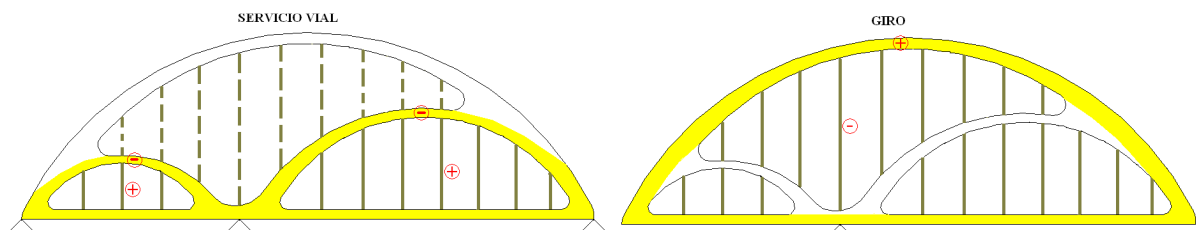


Figura 13:

Izq.: Elementos principales de la superestructura durante el servicio vial.
Der.: Elementos principales de la superestructura durante el giro.

LÁMINA 6

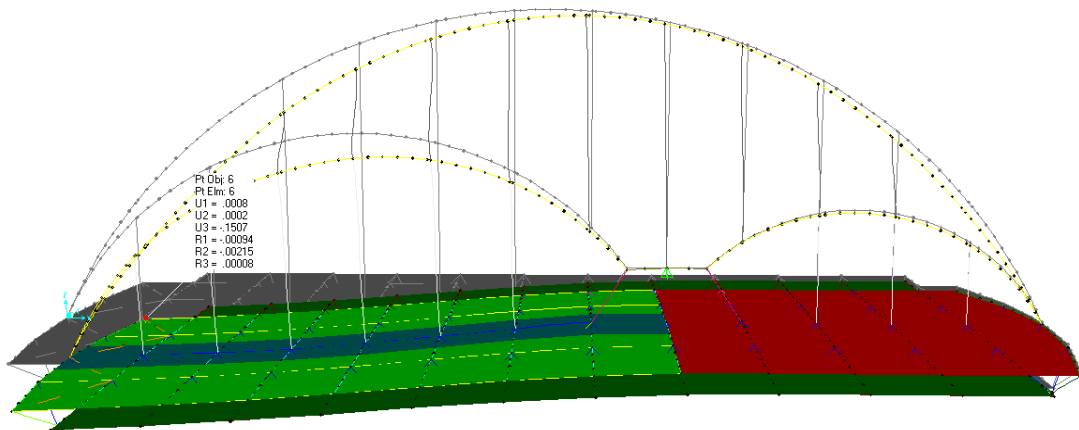


Figura 14: Deformación máxima del extremo del voladizo mayor con superestructura: 15 cm.

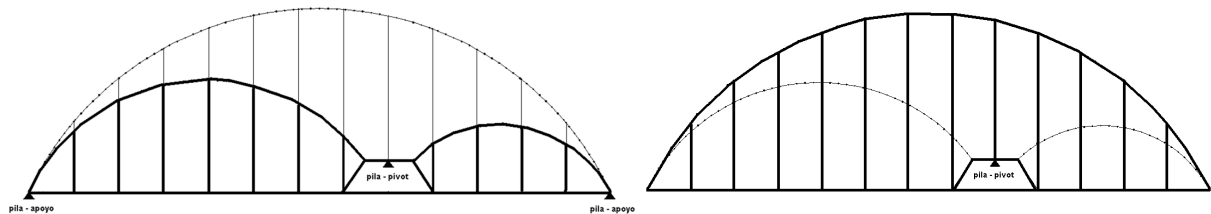


Figura 15: Esfuerzos sobre componentes de la superestructura en estado de servicio vial (izquierda) y giro (derecha).

Izq.: Péndolas a tracción y arcos a compresión (fundam. los internos).
Der.: Péndolas a compresión y arcos a tracción (fundam. los externos).

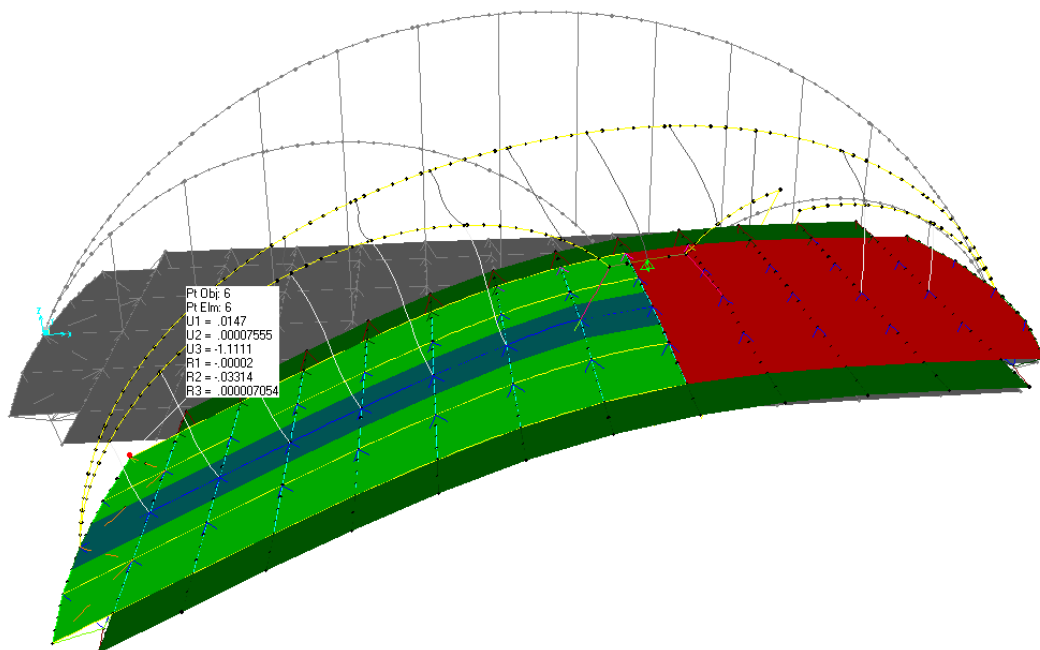


Figura 16
Deformación máxima del extremo del voladizo mayor anulando las rigideces axil y flexional de la superestructura (arcos y péndolas): 111 cm.

LÁMINA 7

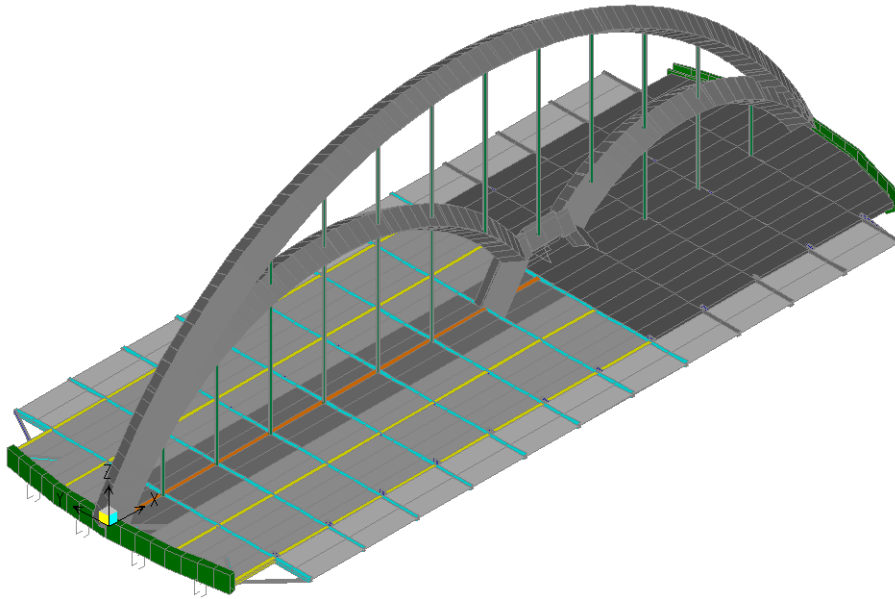
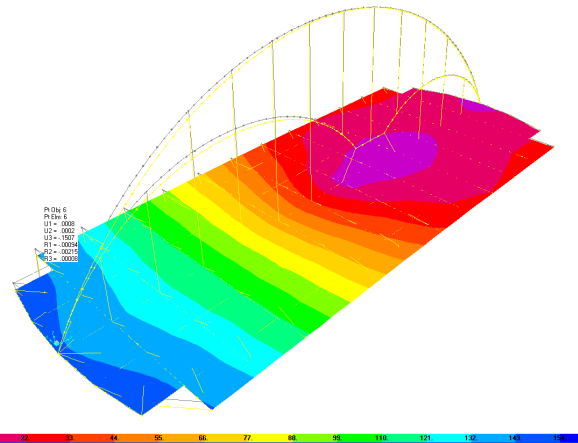
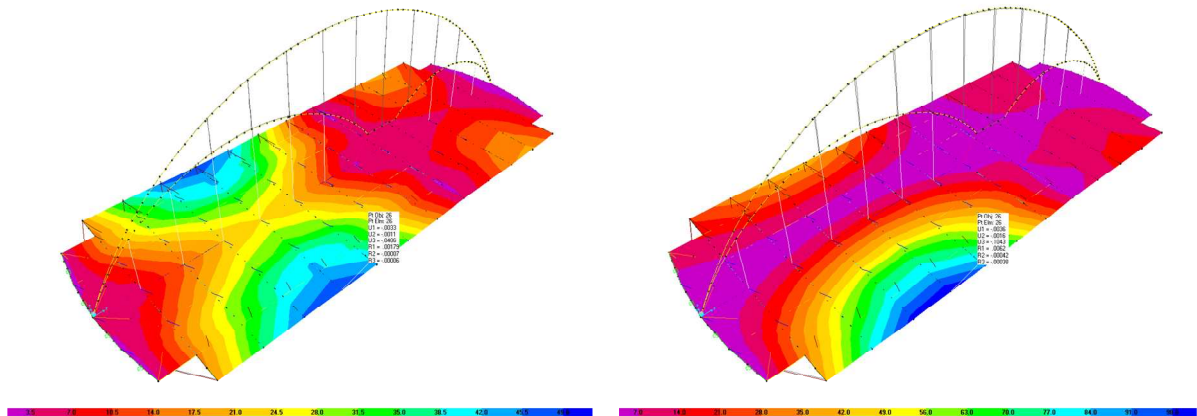


Figura 17: Modelo de elementos finitos.



Giro - Deformación máxima: 15 cm.



Servicio Vial - Cargas simétricas.
Deformación máxima 5 cm

Servicio Vial - Cargas asimétricas.
Deformación máxima 10 cm

Figura 18: Salidas de deformaciones para distintos estados de carga.

LÁMINA 9

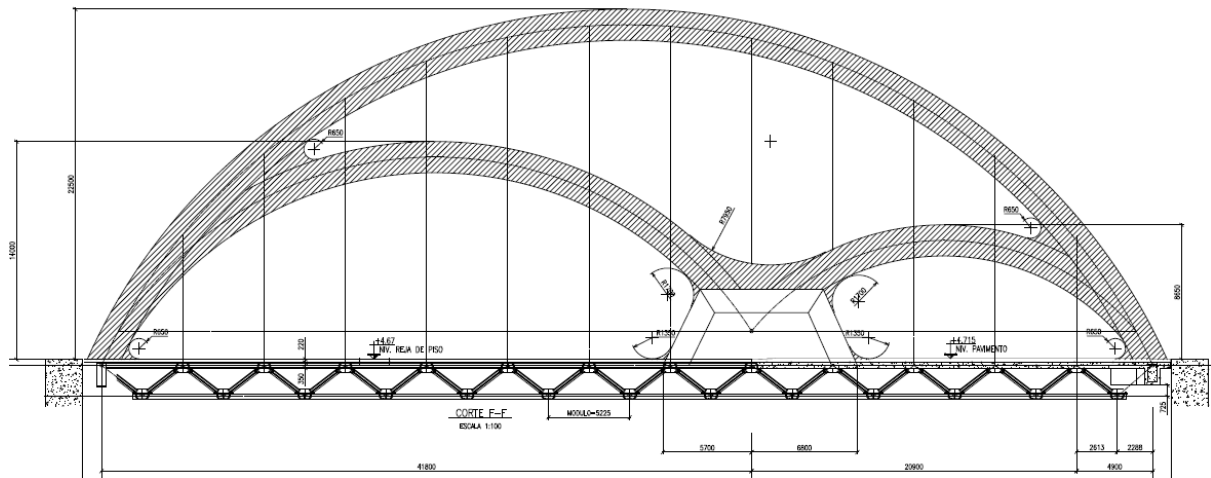


Figura 22: Corte sobre el eje longitudinal de la estructura del puente.

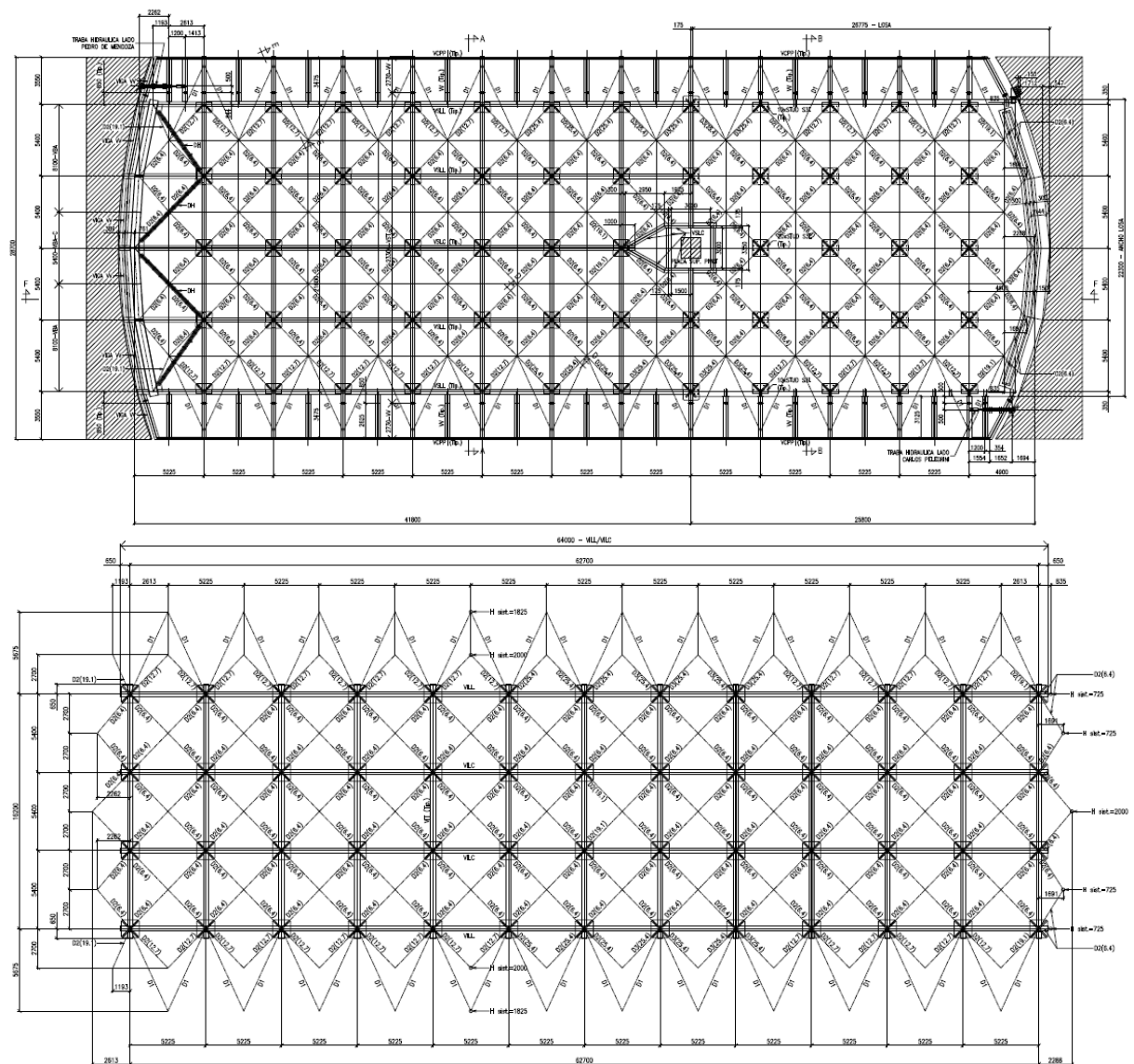


Figura 23: Planta superior e inferior de la estéreo estructura del tablero.

