

*Universidad de Matanzas
Facultad de Ciencias Técnicas*



**Propuesta de solución constructiva para la continuidad
y finalización del Viaducto de Matanzas.**

Trabajo de Diploma en Ingeniería Civil

Autor: Junior Roger Rodríguez Cepero.

Tutor: Lic. Ing. Pedro A. Hernández Delgado.

Cotutor: Beatriz

Matanzas, 2018

PENSAMIENTO

“Solo una cosa vuelve al sueño imposible: el miedo a fracasar.”

Paulo Coelho

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Por medio de la presente declaro que soy el único autor de este trabajo de diploma y, en calidad de tal, autorizo a la Universidad de Matanzas a darle el uso que estime más conveniente.

NOTA DE ACEPTACIÓN

Miembros del Tribunal:

Presidente

Secretario

Vocal

RESUMEN

Los puentes son estructuras que forman parte significativa e indefectible en la vida habitual de la humanidad, constituyendo un elemento muy importante en la infraestructura de un país. En Cuba, específicamente en la ciudad de Matanzas la Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería (EMPAI) tiene la necesidad de realizar una propuesta de solución constructiva para la continuidad del Viaducto de Matanzas, más eficiente que la propuesta definida en la década de los años 90, la cual plantea la comunicación de la ciudad de Matanzas con la Vía Blanca a través de un trazado que supera los 1300m, condición que dificulta su ejecución por ser muy extenso. Para darle solución a este problema se realiza un análisis de los estudios previos existentes del Viaducto de Matanzas y de la carretera Vía Blanca (tramo Habana – Matanzas), para de esta forma definir los criterios de diseño, mediante los cuales se obtiene como resultado final una propuesta de solución constructiva que mejora la comunicación de la Vía Blanca con la vía rápida Matanzas – Varadero, aun cuando el puente General Lacret Morlot sufra una interrupción en su circulación y de esta forma se disminuye la propuesta inicial de más de 1300m de trazado hasta obtener aproximadamente 300m, lo que significa un aspecto positivo para el proyecto.

Palabras claves: puentes; solución constructiva; eficiente; viaducto.

ABSTRACT

Bridges are structures that are a significant and indefectible part of the normal life of humanity, constituting a very important element in the infrastructure of a country. In Cuba, specifically in the city of Matanzas, the Architecture and Engineering Projects Company (EMPAI) has the need to make a proposal for a constructive solution for the continuity of the Matanzas Viaduct, more efficient than the proposal defined in the decade of the 90, which raises the communication of the city of Matanzas with the Via Blanca through a route that exceeds 1300m, a condition that hinders its execution because it is very extensive. To solve this problem, an analysis is made of the previous studies of the Matanzas Viaduct and the Via Blanca road (Havana - Matanzas section), in order to define the design criteria, through which the final result is obtained a proposal of constructive solution that improves the communication of the Via Blanca with the Matanzas - Varadero expressway, even if the General Lactet Morlot bridge suffers an interruption in its circulation and in this way the initial proposal of more than 1300m of layout is diminished get approximately 300m, which means a positive aspect for the project.

Keywords: bridges; constructive solution; efficient; viaduct.

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	1
Capítulo 1 Revisión Bibliográfica	5
1.1 Antecedentes del Viaducto de Matanzas.....	5
1.1.1 Importancia del Viaducto de Matanzas.....	11
1.2 Concepción de las variantes de estructura propuestas para la solución de la continuación del 3er tramo del Viaducto.....	13
Capítulo 2 Criterios de diseño.....	27
2.1 Adecuación del concepto de diseño original de la Vía Blanca a las condiciones actuales.....	27
2.2 Solución a nivel del cruce con el ferrocarril.....	29
2.3 Solución de la intersección con la calle Laborde y Rieche en Versailles.....	30
2.4 Elaboración de una solución estructural que permita desarrollar un trazado curvo y estético minimizando el tramo del puente.....	31
2.5- Análisis de la cimentación.....	33
Capítulo 3 Propuesta de solución constructiva	35
3.1 Adecuación del concepto de diseño original de la Vía Blanca a las condiciones actuales.....	35
3.2 Solución a nivel del cruce con el ferrocarril.....	39
3.3- Solución de la intersección con la calle Laborde y Rieche en Versailles.....	41
3.4- Adoptar una solución constructiva que permita desarrollar un trazado curvo y estético minimizando el tramo del puente.....	43
3.5- Análisis de la cimentación.....	46
Conclusiones	50
Recomendaciones	51
Anexo 1	55

INTRODUCCIÓN

El diseño de cada puente varía dependiendo de su función y la naturaleza del terreno sobre el que se construye. En este aspecto se ha avanzado significativamente en cuanto a la técnica de construcción de los mismos, ya que hasta el día de hoy, ha pasado desde una simple losa hasta grandes puentes colgantes que miden varios kilómetros y que cruzan bahías. La decadencia de los materiales, el paso no controlado de los vehículos pesados, los efectos de la naturaleza, los diseños no ecológicos y la falta de mantenimiento son algunos de los problemas que ocasionan el deterioro de los mismos.

En Cuba existen puentes construidos en la etapa colonial de los cuales muchos perduran hasta nuestros días y son catalogados como centenarios, 4 de los más reconocidos se encuentran en la ciudad de Matanzas, como por ejemplo: Calixto García (Tirry), Sánchez Figueiras (San Luis), Dubrocq y General Lacret Morlot (La Concordia); este último tiene gran importancia estratégica para el país, al ser parte del trazado de la carretera denominada Vía Blanca, la cual une a la ciudad de La Habana con el importante polo turístico de Varadero y además permite la comunicación vial entre la ciudad de Matanzas y las zonas de desarrollo industrial y portuario de la ciudad.

En la década de los 90 del siglo pasado surge el proyecto del Viaducto de Matanzas por la necesidad de comunicar de forma expedita, cómoda y con el confort necesario la vinculación de la carretera Vía Blanca (tramo Habana – Matanzas) con la vía rápida Matanzas – Varadero, todo esto sin incrementar el volumen vehicular en las zonas de conflicto dentro de la ciudad.

Desde sus inicios la propuesta del Viaducto estaba comprendida desde la calzada General Betancourt aproximadamente frente a la vivienda de madera conocida como La Panchita para conectarse con la Vía Blanca mediante una curva sobre el ramal del ferrocarril Dubrocq en la zona conocida como curva de la Thelman en el barrio de Versailles. A pesar de que existe la propuesta de diseño que concibe el tercer tramo del Viaducto que implica la unión del Muelle Real con la Vía Blanca, debido a situaciones presentadas en la época de su construcción, el Viaducto solo se lleva a cabo hasta un extremo del río San

Juan, faltando por construir este tercer tramo antes mencionado, dentro del cual está presente un acceso al barrio de Versailles.

El puente General Lacret Morlot desde sus comienzos ha estado sometido a un tráfico elevado, en los últimos años ha surgido un aumento del mismo provocado por el desarrollo de las zonas de investigación y explotación petrolífera en el litoral norte de las provincias de Mayabeque y Matanzas. Debido a las consecuencias catastróficas que tiene para la ciudad una interrupción de la circulación por dicho puente esta investigación se propone una solución constructiva para la continuidad y finalización del Viaducto de Matanzas para de esta forma asegurar la comunicación de forma expedita, cómoda y con el confort necesario de la carretera Vía Blanca (tramo Habana – Matanzas) con la vía rápida Matanzas – Varadero, aun cuando el puente General Lacret Morlot esté sometido a una interrupción en su circulación.

Situación Problemática: En la unión de Versailles con Matanzas existe la necesidad de una propuesta de solución constructiva más eficiente que la propuesta inicial, para lograr la continuidad y finalización del Viaducto de Matanzas sobre el río Yumurí.

Problema: Necesidad de realizar una propuesta de solución constructiva para la continuidad y finalización del Viaducto de Matanzas más eficiente que la propuesta definida en el diseño inicial.

Objeto de investigación: Tramo Versailles – Matanzas del Viaducto de Matanzas.

Campo de aplicación: Desarrollo urbanístico de la ciudad.

Hipótesis: Si se aplica la propuesta de solución constructiva sugerida por el autor de esta investigación se puede lograr la continuidad y finalización del Viaducto de Matanzas de forma eficiente.

Variable independiente: Criterios de Diseño.

Variable dependiente: Parámetros de diseño.

Objetivo general:

Realizar una propuesta de solución constructiva eficiente para la continuidad y finalización del Viaducto de Matanzas.

Objetivos específicos:

1- Fundamentar desde el punto de vista teórico y metodológico la necesidad de realizar una propuesta de solución constructiva para la continuidad y finalización del Viaducto de Matanzas más eficiente que la propuesta definida durante la década del 90 del siglo pasado.

2- Determinar los criterios a tener en cuenta para el desarrollo de una propuesta de solución constructiva eficiente para la continuidad y finalización del Viaducto de Matanzas.

3- Proponer una solución constructiva eficiente para la continuidad y finalización del Viaducto de Matanzas.

Tareas de investigación:

- Investigación, estudio y resumen de la bibliografía actualizada.
- Determinación de los criterios a tener en cuenta para el desarrollo de una propuesta de solución constructiva eficiente para la continuidad y finalización del Viaducto de Matanzas.
- Proposición una solución constructiva eficiente para la continuidad y finalización del Viaducto de Matanzas.

Tipo de investigación: La investigación es una investigación no experimental longitudinal, pues no se manipulan las variables independientes.

Métodos de investigación:**Métodos Teóricos:**

- Histórico – Lógico:
- Analítico – Sintético:
- Inductivo – Deductivo:

Métodos Empíricos:

- Revisión de documentos: Para el desarrollo de la investigación se consultaron diferentes fuentes tanto en formato digital como impreso en diferentes idiomas.

Estructura y contenido de la tesis:

El trabajo de diploma queda estructurado: Resumen/ *Abstract*, Introducción, Capítulo1, Capítulo2, Capítulo3, Conclusiones, Recomendaciones, Bibliografía y Anexos.

Resultados Esperados: Obtención de una propuesta de solución constructiva para la continuidad y finalización del Viaducto de Matanzas más eficiente que la propuesta de diseño definida anteriormente, con el objetivo de lograr una comunicación de forma expedita, cómoda y con el confort necesario de la carretera Vía Blanca (tramo Habana – Matanzas) con la vía rápida Matanzas – Varadero, aun cuando el puente General Lcret Morlot esté sometido a una interrupción en su circulación.

CAPÍTULO 1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

El surgimiento de los puentes está dado por la necesidad de que se efectúe la continuidad de los servicios de transporte de manera permanente y continua, convirtiéndose en un componente primordial para la humanidad. Muchas de estas estructuras se diseñaron para dar solución a la problemática existente en el momento. Los puentes deben cumplir requisitos indispensables como seguridad estructural, resistencia, durabilidad y funcionalidad entre otros, por la que han de estar sometidos a los ajustes que sean necesarios para lograr que sean lo más eficiente posible.

1.1 Antecedentes del Viaducto de Matanzas.

Se conoce a través de (Vidal et al., 1997), existente en la Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería de Matanzas (EMPAI), que desde la década de los años 40 y trascendiendo hasta la de los 50 del siglo pasado con la construcción de la Vía Blanca Habana – Matanzas, se viene trabajando en el enlace Habana – Matanzas – Varadero. Ya en 1958 se realiza un proyecto por el antiguo Ministerio de Obras Públicas (M.O.P) del Gobierno Tirano de Fulgencio Batista y Záldivar, en el cual se da solución a la travesía de dicha Vía Blanca por dentro de la ciudad de Matanzas. Al triunfo de la Revolución los recursos del país fueron destinados hacia el desarrollo económico del mismo, priorizando la Agricultura y las Edificaciones Sociales.

El desarrollo turístico en Varadero provoca un elevado volumen de tránsito, exigiendo la construcción del enlace Habana – Varadero a través de la ciudad de Matanzas, con lo que se garantiza:

- 1- Mayor confort y seguridad del turismo y/o usuarios.
- 2- Comunicación más expedita entre la capital y la ciudad balneario.
- 3- Solución a los problemas viales de la ciudad de Matanzas provocada por sus accidentes geográficos y el paso por los puentes existentes que presentan limitaciones de

carga las cuales tienden a aumentar y a hacerse más repetitivas por el desarrollo del puerto y la zona industrial.

La ejecución del conjunto de obras generadas por la construcción de dicho enlace ayuda a resolver los problemas mencionados anteriormente y a su vez en lo fundamental a eliminar el tráfico pesado por la ciudad que provoca accidentes, pérdidas de vidas humanas, pérdidas materiales y la contaminación ambiental.

Dentro de los objetivos de obras que comprende el enlace de la carretera Vía Blanca Habana – Matanzas con la ciudad Balneario de Varadero, se encuentra el Viaducto de Matanzas. El proyecto vial del Viaducto surge como resultado de los estudios y proyectos realizados en la década del 90 del pasado siglo por la necesidad de facilitar el enlace de la Vía Blanca y de la zona industrial desde la zona de Versalles con la calzada General Betancourt en la zona de la playa, logrando desconcentrar el tráfico por el centro de la ciudad, esta solución disminuye el tiempo de recorrido por la ciudad del corredor turístico Habana - Varadero.

Este proyecto consta de tres etapas, la primera es conocida como primer tramo o Pedraplén de Matanzas, forma parte del circuito vial que enlaza la Vía Blanca (Habana – Matanzas) de cuatro carriles, con la de Matanzas – Varadero de cuatro carriles por dentro de la ciudad de Matanzas. Este mencionado primer tramo comienza en la calzada General Betancourt, aproximadamente frente a la vivienda de madera conocida como La Panchita, consistente en un tramo de pedraplén a enlazar con el trazado original de la Vía Blanca hasta el río San Juan y continuando por el puente Calixto García. Este primer tramo incluye un puente de 160m de largo conocido como puente del Tenis y fue concluido en el año 1993 en pleno período especial, quedando inconclusa la solución vial haciendo soluciones provisionales para darle el valor de uso al tramo.



Figura 1.1.1: Vivienda de madera conocida como La Panchita frente a la cual comienza el primer tramo del Viaducto de Matanzas.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 1.1.2: Puente del Viaducto El Tennis. Longitud 160m.

Fuente: Ingeniero Pedro A Hernández Delgado.

En el año 1995 se rescata la idea de terminar definitivamente la obra del Viaducto, para el efecto se elabora un documento llamado: Enlace Vial Habana – Matanzas – Varadero, en el cual se expusieron las ideas que hasta ese entonces se tenían al respecto con fecha de ejecución 9 de noviembre de 1995. Después de analizado y discutido dicho documento se elabora por orientaciones del Gobierno en la provincia otro documento con el nombre

de: Estudios de Variantes Viaducto de Matanzas 2da Etapa, en el que se analizan distintas alternativas de trazado de la continuación del Viaducto, con fecha de conclusión el 23 de diciembre de 1995. De este Estudio de Variantes Viaducto de Matanzas 2da Etapa se concluye profundizar en tres de estas variantes y posteriormente se vuelve a elaborar otro documento llamado: Proyecto Técnico Viaducto de Matanzas 2da Etapa, de fecha 23 de enero de 1996, en el que se analiza más detalladamente los tres trazados seleccionados. Tanto el primero como los dos posteriores documentos fueron sometidos al análisis y aprobación de las más altas instancias del país.

El día 26 de enero de 1996 se produce en la ciudad de Varadero una reunión con el Dr. Carlos Lage, la Ing. Yadira García, el Arq. Osmany Cienfuegos, todos miembros del Buró Político del Partido Comunista de Cuba y otros funcionarios del Gobierno y Partido, donde se decide ejecutar el 2do tramo del Viaducto de Matanzas por la variante más alejada de la ciudad por ser la más limpia y la que menos afectaciones ofrece a la ciudad de Matanzas. En ese entonces se aclara que la parte que restaba del Viaducto no se podría ejecutar de un todo, por lo que se decide dividir el 2do tramo en dos partes: 2do y 3er tramo o etapa como también se le conoce.

Con estas premisas se comienza a trabajar en el Proyecto Ejecutivo del 2do tramo que comprende el puente sobre el río San Juan y el antiguo muelle real, enlazando con el centro de la ciudad y continuando la comunicación con la Vía Blanca por el puente General Lacret Morlot.



Figura 1.1.3: Puente sobre el río San Juan

Fuente: Ingeniero Pedro A Hernández Delgado.

Para acordar la realización de las ideas conceptuales del 3er tramo se establece otro encuentro con el Dr. Carlos Lage, donde se dan a conocer las posibles alternativas o variantes constructivas que se pudieran realizar en el trazado aprobado. Es recomendable decir que estas variantes han tenido en cuenta no tan solo el trazado del Viaducto puramente, sino que se ha estudiado también los requerimientos impuestos en la microlocalización aprobada para este 2do y 3er tramo, lo cual contempla un acceso al barrio de Versailles, generado por las expectativas de la ciudad en su Plan Director para unir como una vía más de la ciudad este trazado del Viaducto y a su vez sirve como alternativa al puente General Lacroix Morlot de más de cien años de explotación y un estado crítico de salud constructiva. (Vidal et al., 1997)

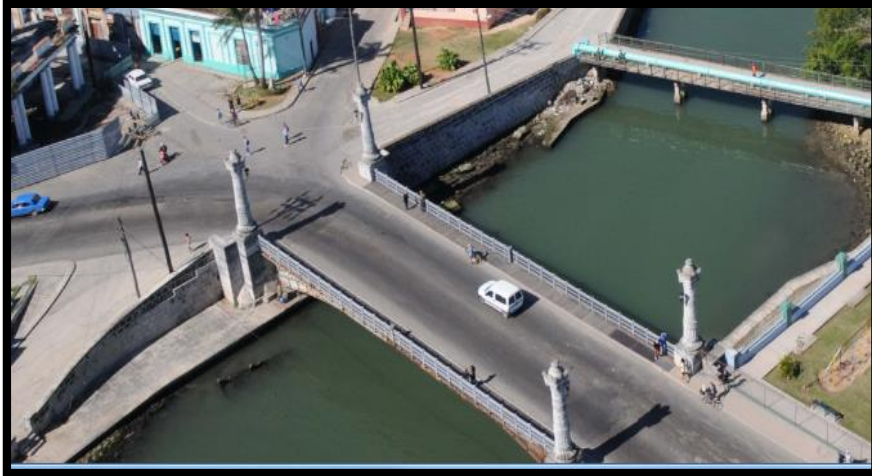


Figura 1.1.4: Puente General Lacret Morlot.

Fuente: Ingeniero Pedro A Hernández Delgado.

El tercer tramo continúa a partir del muelle real con un puente sobre el río Yumurí que se extiende por el mar paralelo al paseo Martí para conectarse con la Vía Blanca mediante una curva sobre el ramal del ferrocarril Dubrocq en la zona conocida como curva de la Thelman. Este tramo no ha sido ejecutado y su proyecto ejecutivo se realizó hasta el enlace con Versailles y la embocadura para su continuación.



Figura 1.1.5: Vista aérea de la distancia a salvar por el tercer tramo del Viaducto

Fuente: Ingeniero Pedro A Hernández Delgado.



Figura 1.1.6: Curva de la Thelman.

Fuente: Elaboración propia.

Desde el punto de vista vial el segundo y tercer tramo estaban determinados por la alineación original de la Vía Blanca en la zona de Pueblo Nuevo y una alineación definida en el mar aproximadamente paralela al paseo Martí en Versalles.

1.1.1 Importancia del Viaducto de Matanzas.

El Viaducto de Matanzas es de relevante importancia para la ciudad y el país en general debido a que surge dada la necesidad de comunicar de una forma expedita, cómoda y con el confort necesario la vinculación de la carretera Vía Blanca (tramo Habana – Matanzas) con la vía rápida Matanzas – Varadero, todo esto sin incrementar el volumen vehicular en las zonas de conflicto dentro de la ciudad.



Figura 1.1.1.1: Viaducto de Matanzas.

Fuente: Ingeniero Pedro A Hernández Delgado.

Debido al elevado tráfico al que ha estado sometido el puente General Lcret Morlot desde sus comienzos y que en los últimos años ha aumentado producto al desarrollo de las zonas de investigación y explotación petrolífera en el litoral norte de las provincias de Mayabeque y Matanzas, se prevé una propuesta de solución constructiva para la continuidad del Viaducto de Matanzas la cual sería de significativa importancia puesto que de ocurrir una interrupción de la circulación por el puente General Lcret Morlot dicha propuesta garantiza la unión a la ciudad de La Habana con el importante polo turístico de Varadero, permitiendo la comunicación vial entre la provincia de Matanzas y las zonas de desarrollo industrial y portuario de la ciudad y además siendo la única vía de comunicación de la ciudad con centros de importancia fundamental para salud, como son los hospitales de maternidad, provincial y oncológico.

Debido a lo expuesto anteriormente se puede afirmar que la construcción del tercer tramo para la continuidad y finalización del Viaducto de Matanzas es de relevante importancia para la ciudad y el país en general.

1.2 Concepción de las variantes de estructura propuestas para la solución de la continuación del 3er tramo del Viaducto.

Según (Vidal et al., 1997), para la solución de la continuación del 3er tramo del Viaducto de Matanzas se conformaron un total de nueve variantes de estructura, donde se conjugan distintos factores que intervienen en la ejecución como son:

- Luces entre apoyos
- Materiales
- Sistema constructivo
- Solución de cimentación
- Longitud del puente

Aspectos comunes en todas las variantes.

1- Tanto en la altura de la rasante (+6.00) como la sección transversal del tablero en lo que respecta a calzada de rodadura, ancho de acera, zonas de protección y barandas son comunes para todas las variantes.

La sección transversal del tablero tiene un ancho de 11m, considerándose 2 carriles de circulación vehicular de 3.50m cada uno, 2 franjas de protección de 1m y 0.60m y una acera de 1.50m de ancho con sus respectivos pretilas y barandas. Se ha considerado una superficie de rodadura de 0.05m de hormigón bituminoso.

2- Cada una de estas variantes tendrá estribos cerrados construidos con elementos prefabricados (Muro Chiquero) similares a los proyectados en el puente sobre el río San Juan, con lo que permite facilidad en su construcción. La necesidad de construir un estribo cerrado surge por tener que dar acceso peatonal al punto de Guardafronteras.

3- El acceso a Versailles se analiza como única solución para todas las variantes. Para su construcción se emplean 3 luces de 25m con una sección transversal de tablero de 12m

compuesta de vigas de 1m de peralte de hormigón armado espaciadas a 2.40m y voladizos de 1.20m.

Se consideran 2 sendas de circulación de 3.75m con contenes de 0.50m y aceras de 1.75m a ambos lados con sus correspondientes barandas. En la superficie de rodadura se colocará una capa de hormigón bituminoso de 0.05m de espesor. A continuación de la estructura y hasta la intersección de la calle Laborde, se construirá un pedraplén hasta la costa +1.00 sobre el nivel del mar continuándose con terraplén hasta la rasante. A consecuencia de esto está previsto que en cada una de las variantes se incremente el tablero en la zona del separador, permitiéndose así el cruce de la vía. Esta solución da como resultado la colocación de elementos estructurales adicionales en dos luces de cada una de las variantes, pues dependiendo del tipo de estructura en cuestión se tiene que colocar 152 vigas en el caso de soluciones de hormigón y un cajón metálico para las soluciones en acero.

4- En todas las variantes (excepto en la de acero y atirantados) se construye un cabezal de pilotes que los agrupe para su trabajo. Este elemento debe ser de hormigón armado construido a una altura de 0.50m sobre el nivel del agua y de 1.50m de peralto.

Las dimensiones en planta deben estar en función de la distribución de los pilotes en cada variante. Sobre este elemento se construye un muro de hormigón armado de 1m de espesor y de altura variable puesto que depende en cada caso del peralto del elemento estructural que conforma el tablero del puente. Además este muro debe tener en su parte superior una inclinación del 2% la que es imprescindible para que al colocar el tablero en cuestión quede conformado el bombeo de la calzada

A continuación se exponen detalles particulares de cada una de las Variantes:

Variante I: Vigas postesadas de 36m de longitud con tablero de hormigón armado. Esta solución contempla 9 luces de 36m con 5 vigas de hormigón postesado en la sección transversal del tablero de 1.90m de peralto espaciada a 2.20m entre ellas. Sobre las mismas se hormigona la losa de tablero de 0.20m de espesor. En el estribo se contempla la ejecución de 12 pilotes de tipo Benoto de ϕ 1000 y 35m de longitud.

En la pila se hincan pilotes metálicos. Para la pila #1, 6 pilotes de ϕ 1200 y 60m de longitud, en el resto de las pilas se colocan 4 pilotes de ϕ 1500 y 45m de longitud, excepto en las pilas #7 y #8 en que se colocan 5 pilotes de ϕ 1500 y 45m de longitud.

Variante II: Cajón metálico con tablero de hormigón armado. En esta solución se considera la colocación de una luz de 60m y 3 luces de 80m con dos cajones metálicos para cada sección del tablero de 2.30m de peralto y 3m de ancho, conformados mediante el empleo de vigas y planchas metálicas. Sobre las mismas se hormigona una losa de tablero de 0.20m de espesor. En el estribo se contempla la ejecución de 16 pilotes de hormigón armado de tipo Benoto de ϕ 1000 y 35m de longitud con su correspondiente losa.

La solución de la cimentación para las pilas será mediante pilotes metálicos hincados. En la pila #1 se colocan 8 pilotes de ϕ 1200y 60m de longitud, en el resto de las pilas se ubican 6 pilotes de ϕ 1500y 45m de longitud, excepto en las pilas #3 y #4 en las que se disponen 7 pilotes de ϕ 1500 y 45m de longitud.

Variante III: Vigas metálicas con tablero de hormigón armado. En esta variante se propone la ejecución de 6 luces de 50m de longitud cada una. Las vigas metálicas de 1.50m de altura se unen mediante elementos transversales y diagonales conformando un cajón metálico de 3m de ancho. Se colocan 2 cajones metálicos en cada sección transversal del tablero. En este caso también se construye una losa de 20m de espesor de hormigón armado sobre dichos cajones. Este estribo lleva en la cimentación 16 pilotes de hormigón armado de tipo Benoto de ϕ 1000 y 35m de longitud.

Para la pila #1 la cimentación se realiza mediante 6 pilotes metálicos hincados de ϕ 1200 y 55m de longitud.

En las pila #2 y #3 se hincan 4 pilotes metálicos de ϕ 1500 y en las pilas #4, #5 y #6 se fijan 5 pilotes metálicos de ϕ 1500 de 45m de longitud.

Variante IV: Puentes de tipo Gerber con tablero de hormigón armado. La longitud total para esta solución es de 280m con luces de 36m - 50m - 36m - 36m - 50m - 36m y 36m, estando esta última luz condicionada a la continuación del trazado, pudiendo considerarse

la repetición de esta solución o no de acuerdo a los resultados de las investigaciones ingenieros – geológicas que se realicen.

Las vigas de 49m de longitud (36m y un voladizo de 13m) son de hormigón postesado de sección variable, con un peralto que va de 1.90m hasta 1.50m en la longitud de 36m y 1.90m hasta 1.50m en el voladizo. Las vigas que completan la luz de 50m son también de hormigón postesado de 24m de luz y 1m de peralto.

En la sección transversal del tablero se colocan 6 vigas espaciadas a 1.80m entre ellas sobre las que se construye una losa de tablero de 0.20m de espesor de hormigón armado.

Para la cimentación en el estribo se considera la ejecución de 14 pilotes de hormigón armado de ϕ 1000 de 35m de longitud. Así mismo la cimentación de la pila #1 se lleva a cabo mediante la hincas de 8 pilotes metálicos de ϕ 1200 de 55m de longitud.

En las pilas #2, #4 y #5 se hincan 6 pilotes, en la pila #3 se utilizan 4 pilotes y en las pilas #6 y #7 se fijan 6 pilotes en cada una, todos son pilotes metálicos de ϕ 1500 de 45m de longitud.

Variante V: Vigas postesadas de 35m con tablero de hormigón armado. Consiste en 2 tableros independientes de 10.6m de ancho soportado cada uno por 4 vigas de hormigón adoveladas postesadas de 35m de luz. Las vigas se apoyan sobre cabezales, que pueden ser prefabricados, los cuales transmiten las cargas a dos pilotes metálicas de ϕ 1200 y 40m de longitud.

El tablero se propone fundido in situ con un sistema de encofrado tal que a su vez sirve de refuerzo transversal mediante la utilización de viguetas metálicas que soportan un encofrado plástico. Las dovelas de las vigas se prefabrican en plantas y se transportan hasta la obra donde se conforman las vigas de 35m mediante postensado y su colocación se ejecuta por medio de una grúa de lanzamiento ejecutándose todo el montaje por encima del puente.

Variante VI: Dovelas de hormigón postesadas. En esta variante se proponen 6 luces de 45m conformadas por dovelas de hormigón armado de 4m, de 2.50m de longitud y de 3m

de peralto, unidas entre sí mediante cables de postesado colocados exteriormente. Para esta solución la losa del tablero se integra en la sección transversal de la dovela con un espesor 0.23m en el tramo central y de 0.32 a 0.20 en los voladizos. En el estribo la cimentación se ejecuta hormigonándose 18 pilotes de ϕ 1000 y 35m de longitud con tecnología Benoto.

En la pila #1 se hincan 6 pilotes metálicos de ϕ 1200 de 60m de longitud. En las pilas #2 y #3 se fijan 4 pilotes y en las pilas #4 y #5 se asientan 5 pilotes en cada una, todos estos últimos serán metálicos de ϕ 1500 de 45m de longitud.

Variante VII: Arco metálico con tablero ortotrópico. En esta solución se contempla la ejecución de una luz de 150m que se salva mediante la construcción de un arco metálico colocado entre las dos calzadas de circulación con una flecha en su centro de 31m sobre el nivel medio del mar, con dos semiarcos a ambos lados del mismo de 30m de longitud, contemplándose la longitud total (300m) con una luz de 30m al inicio y 2 luces de esta misma longitud al final. Este arco se construye empleándose secciones metálicas tubulares unidas entre sí y el tablero suspendido del arco mediante péndolas (metálicas espaciadas a 5m entre ellas).

En la sección transversal, para toda la longitud del arco con el objetivo de disminuir el peso en carga muerta, se coloca un tablero ortotrópico, considerándose una superficie de rodadura mediante el empleo de una resina epóxica. Este tablero es apoyado sobre secciones metálicas voladas de 2m de peralto, que parten de un núcleo central metálico hacia ambos lados.

La sección transversal para las luces de 30m, considera el empleo de 4 vigas metálicas de 1m de peralto en cada una, con sus correspondientes diagramas, considerado una losa tablero de hormigón armado de 0.20m de espesor.

En el estribo se construyen 8 pilotes de hormigón armado ϕ 1000 de 35m de longitud, en la pila #1 se hincan 8 pilotes metálicos de ϕ 1200 de 40m de longitud. En las pilas #2 y #3 se fijan 6 pilotes de ϕ 1500 de 45m de longitud. Para las pilas #4, #5 y #6 se incrustan 7 pilotes de ϕ 1200 de 35m de longitud en cada una.

Variante VIII: Puente atirantado simétrico y un tablero de hormigón armado. Para este caso se salva una luz de 200m, colocándose una torre central de 200m de altura, de la cual parten 4 cables a ambos lados que van anclados al tablero de hormigón cada 25m. Estos cables van anclados en la zona central entre ambos tableros a un núcleo de hormigón, a partir del cual parten las secciones que soportan la estructura del tablero. Este tablero es de hormigón armado de 0.20m de espesor. En el estribo se ejecutan 24 pilotes de hormigón armado ϕ 1000 de 40m de longitud empleándose la tecnología Benoto.

En la pila principal se considera la hincada de 27 pilotes metálicos de ϕ 1500 de 45m de longitud agrupados mediante una losa de hormigón armado de 2.08m de peralte y 38m x 12m de sección. A partir de esta losa se construye la torre, se consideran los cables partiendo de un punto de 5m de la parte superior. En la pila siguiente se hincan 8 pilotes metálicos de ϕ 1500, estos van agrupados mediante una losa de 6m x 15m y de 1.5m de peralte.

Para cubrir la longitud total del tramo se continúa con 4 luces de 30m con una solución metálica similar a la empleada en la variante de arco, donde se emplean luces de igual longitud. En estas se considera la cimentación de las pilas empleando 7 pilotes metálicos de ϕ 1200 de 35m de longitud en cada una.

Variante IX: Puente atirantado simétrico con tablero de hormigón armado. Esta solución es muy similar a la anterior con la característica de que la torre de la cual parten los cables es colocada asimétricamente salvando una luz de 125m en la parte delantera y de 75m en la parte posterior. De la torre de 80m de altura y a partir de 5m de la parte superior, parten de un mismo punto 5 cables anclados en el tablero de hormigón a un espaciamiento de 25m entre ellos. En la parte posterior y partiendo del mismo punto se considera un cable que se ancla al tablero de 75m de la torre principal. En el estribo se ejecutan 24 pilotes de hormigón armado ϕ 1000 de 40m de longitud empleándose la tecnología Benoto.

Al igual que en la variante anterior se hincan 27 pilotes metálicos de ϕ 1500 de 45m de longitud agrupados mediante una losa de hormigón armado de 38m x 12m de sección y 2m de peralte, construyéndose la torre a partir de esta base.

En la pila #2 se emplean 8 pilotes metálicos de ϕ 1500 de 45m de longitud agrupados mediante una losa de 15m x 6m de sección y 1.5m de peralte.

A partir de la solución con atirantado se completa la longitud total, mediante 4 luces de 30m similar a la empleada en la variante de arco. Se considera la cimentación de las pilas empleando 7 pilotes metálicos de ϕ 1200 de 35m de longitud en cada una.(Vidal et al., 1997)

Como toda propuesta, estas nueve variantes de estructuras para la solución del tercer tramo del Viaducto como continuación y finalización del mismo están basadas en diferentes criterios, de los cuales en algunas se cumplen y en otras no tanto. Por lo que todas y cada una de ellas tiene aspectos positivos que influyen en su aplicación y aspectos negativos que desamparan la misma.

1.2.1 Aspectos positivos y negativos de las variantes de estructura propuestas para la solución de la continuación del 3er tramo del Viaducto.

(Vidal et al., 1997) plantea que cada variante expuesta presenta aspectos positivos y negativos, los que se reflejan en la siguiente tabla:

Tabla 1.2.1.1 Aspectos positivos y negativos de las variantes de estructura propuestas para la solución de la continuación del 3er tramo del Viaducto.

<i>Variantes</i>	<i>Positivos</i>	<i>Negativos</i>
I	Menor costo por mantenimiento. Mayor protección a la corrosión. Más duradero. Menor componente en divisas. Utilización de viga de lanzamiento existente en el país.	Luces de menor longitud. Gran peso muerto. Mayor complejidad constructiva. Mayor tiempo de ejecución. Menor transparencia. Mayor costo por cimentación. Reparaciones más complejas.

II	<p>Menor peso muerto. Luces de mayor longitud. Menor tiempo de ejecución. Transparencia, aunque menor que la variante III. Cimentación menos costosa. Reparaciones menos complejas. Menor complejidad constructiva.</p>	<p>Mayor componente en divisas. Mayor costo por mantenimiento. Menor protección a la corrosión. Elementos metálicos más cercanos al agua por tener un peralte mayor. Menos duradero.</p>
III	<p>Menor peso muerto. Luces de mayor longitud. Menor tiempo de ejecución. Cimentación menos costosa. Reparaciones menos complejas Menor cercanía al agua. Menor complejidad constructiva.</p>	<p>Mayor componente en divisas. Mayor costo por mantenimiento. Menor protección a la corrosión. Mayor peralte por lo que disminuye la transparencia. Menos duradero.</p>
IV	<p>Menor costo por mantenimiento. Mayor protección a la corrosión. Más duradero. Menor componente en divisas Transparencia.</p>	<p>Gran peso muerto Luces de menor longitud aunque por tipología permite (n) luces de mayor longitud que el resto de las variantes de hormigón. Mayor tiempo de ejecución. Reparaciones más complejas. Mayor complejidad constructiva. Cimentación más costosa.</p>
V	<p>Menor costo por mantenimiento. Mayor protección a la corrosión. Más duradero. Menor componente en divisas Utilización de viga de lanzamiento existente en el país. Menor número de vigas por tablero.</p>	<p>Luces de menor longitud. Gran peso muerto. Mayor complejidad constructiva. Mayor tiempo de ejecución. Menor transparencia. Cimentación más costosa. Reparaciones más complejas.</p>

VI	<p>Menor costo por mantenimiento. Mayor protección a la corrosión. Más duradero. Menor tiempo de ejecución.</p>	<p>Gran peso muerto. Es la de mayor componente en divisas, adquisición de técnicas especializadas. Mayor complejidad para la ejecución de los elementos. Grandes obras de almacenaje en zonas cercanas a la obra. Cimentación más costosa. Menor transparencia.</p>
VII	<p>Salva mayor luz con menos apoyos. Poco peso muerto por no tener tablero de hormigón. Desde el punto de vista estético y de integridad con el entorno urbanístico es el de mayor aceptación. Mayor transparencia. Cimentación menos costosa. Menor tiempo de ejecución.</p>	<p>Mayor componente en divisas. Mayor costo por mantenimiento. Menor protección a la corrosión. Mayor complejidad constructiva.</p>
VIII	<p>Salva mayor luz con menos apoyos. Estéticamente se realce a la ciudad. Mayor transparencia. Cimentación menos costosa.</p>	<p>Es de gran componente en divisas. Mantenimientos costosos. Técnica especializada. Menor protección a la corrosión. Gran complejidad constructiva. Reparaciones complejas. Gran peso muerto.</p>
IX	<p>Salva mayor luz con menos apoyos. Estéticamente se realce a la ciudad. Mayor transparencia. Cimentación menos costosa.</p>	<p>Es de gran componente en divisas. Mantenimientos costosos. Técnica especializada. Menor protección a la corrosión. Gran complejidad constructiva. Reparaciones complejas. Gran peso muerto.</p>

(Vidal et al., 1997)

Después de analizar exhaustivamente todas las variantes estructurales planteadas y las ventajas y desventajas que presenta cada una, en noviembre de 1997 se define el proyecto que daría solución al III Tramo del Viaducto de Matanzas.

Es válido destacar la decisión de no usar ninguna de las variantes metálicas presentadas puesto que la zona donde se desea ejecutar una de estas variantes está sometida a elevada corrosión, lo cual afecta dichas variantes y es condición notable que influye en el elevado deterioro que presenta el puente general Lacret Morlot (La Concordia). Por estas entre otras razones se decide adoptar la Variante IV para conformar la propuesta del Tramo III para la continuidad y finalización del Viaducto de Matanzas.

1.3 Propuesta para Tramo III Viaducto de Matanzas.

Según (EMPAI, 1995) este proyecto tiene la función de unir de forma expedita, rápida y segura la Vía Blanca desde la curva de la Zona Franca hasta el Muelle Real, continuando con el Tramo II del Viaducto bajo las condiciones impuestas por el inversionista y la ciudad presentados por el MITRANS y la Dirección Provincial Planificación Física respectivamente.

La longitud del proyecto es de 1450m, considerando los 150m de acceso a Versalles, de ellos 1300m son en estructuras incluyendo los 135m de estructuras de incorporación a Versalles. Este proyecto cumple con todos los requerimientos dados en la Tarea de Proyección y la Microlocalización aprobada. En resumen tiene una longitud en recta de 973.79m y 326.22m en una curva de 5.5 grados al final del trazado de la Zona Franca sin contar el acceso a Versalles.

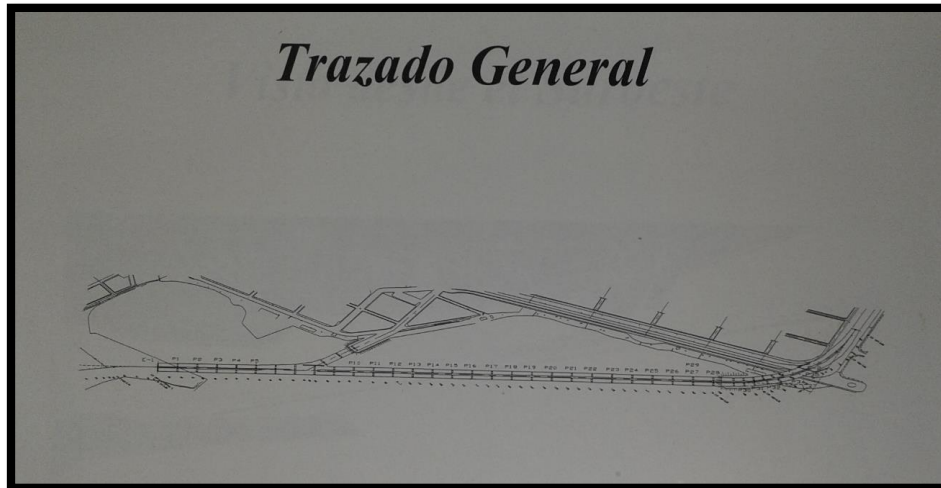


Figura 1.3.1: Trazado General de la propuesta del Tramo III del Viaducto de Matanzas.

Fuente: Archivo Viaducto de Matanzas (EMPAI)

La sección vial consiste en 2 tableros de 11m cada uno, para una sección de carretera de 4 carriles.

Los objetos de obra en los que se divide el diseño:

- 1- Solución de estructura con vigas de 35m
- 2- Solución de estructura con vigas de 17.5m.
- 3- Paso superior del ferrocarril en Zona Franca.
- 4- Acceso a Versailles.
- 5- Movimiento de tierra en aproche.

Se ha adoptado una solución estructural según las indicaciones dadas en la Tarea de Proyección. Dadas las condiciones Ingenieros – Geológicas del trazado este proyecto posee una cimentación indirecta basada en pilotes de ϕ 1200mm y con 25m y 40m de longitud, según los diferentes estratos de suelo, con la excepción de las dos pilas y el estribo de Zona Franca que se ejecutan en cimentación directa. Para este trazado se

ejecuta un estudio de suelo que caracteriza todo el subsuelo y se dispone de la información adecuada.

La solución estructural consiste en un puente de luces múltiples con vigas isostáticas de hormigón pretensado de 35m prefabricadas en el tramo de rectas y de vigas de iguales condiciones con longitudes variables en el tramo de curvas, siendo la longitud promedio de 17.5m. En el final del trazado existe un cruce con el ferrocarril y la unión con la Vía Blanca en la curva de Zona Franca. A este accidente se le ha dado solución con un puente de tres luces de 20m cada una, de losa plana aligerada pretensada de 0.70m de peralte para poder dar cruce a dos niveles con el ferrocarril y la calle de acceso al puerto con un gálibo de 4.20m.

La solución de acceso a Versailles consiste en un puente de tres luces de 35m cada una y un aproche en la calle Laborde, cruzando a nivel con el ferrocarril del puerto por la zona de la Juguera. La unión de esta estructura con la estructura del Viaducto propiamente dicho se efectúa con una luz de longitud variable de tal forma que se pueda efectuar la transición.

El acceso a Versailles tiene dos ventajas: construir la obra en dos etapas, siendo la primera del Muelle Real hasta el acceso a Versailles con lo que se disminuyen los costos iniciales de la inversión, dando un valor de su inmediato y la segunda eliminar el exceso de tráfico sobre el puente General Lacret Morlot, puente centenario y no diseñado para la explotación actual a la que se encuentra sometido (EMPAI, 1995)

La complejidad de este proyecto debido a tener que desarrollarse su ejecución sobre el mar y mostrar adversas condiciones ingenieros geológicas sobre el cruce del río Yumurí han imposibilitado su construcción. Por estas razones se ha propuesto desarrollar una alternativa de solución constructiva que facilite la ejecución de esta obra.

Para darle solución a dicha alternativa se debe tener presente la existencia de un proyecto realizado por la Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería de Matanzas (EMPAI) que plantea un nuevo trazado del ramal principal del ferrocarril de acceso al puerto de Matanzas desplazado varios metros hacia la bahía tomando como punto de

referencia el trazado existente en la actualidad, esto trae consigo la reconstrucción del puente Dubrocq, logrando mejorar las características de la curva a la que está sometido este tramo del trazado del ferrocarril.

Es importante destacar que dicho proyecto está armonizado con este trabajo de diploma puesto que puede integrarse con en el mismo en la intersección entre ambos a la entrada en el barrio de Versalles del trazado del Viaducto, específicamente en las calles Laborde y Rieche.

Para desarrollar la propuesta de solución constructiva el autor ha decidido plantear como trazado principal para este diseño lo que anteriormente en el proyecto del Viaducto era secundario (acceso a Versalles) lo que implica una disminución de la distancia del trazado porque se elimina el tramo paralelo al Paseo Martí.

Para la propuesta de variante estructural debido a la presencia de un puente curvo se plantea el uso de vigas tipo U, basándose en las ventajas que presentan este tipo de vigas para el diseño sobre las vigas rectas en cuanto a estética y proceso de ejecución, además de la comparación entre vigas Tipo I y vigas tipo U realizada en el trabajo de diploma desarrollado por el estudiante de quinto año de Ingeniería Civil de la Universidad de Matanzas, Sede Camilo Cienfuegos: Raydel Domínguez Montenegro, que tiene como tema: Diseño geométrico de un puente curvo con sección cajón prefabricado, donde se arribó a la conclusión que el uso de vigas U en puentes curvos presenta distintas ventajas sobre el de vigas I, destacándose el empleo de menor cantidad de vigas con este tipo y una apreciable mejora en la estética del diseño. A través del uso de este prototipo de viga se decide que a diferencia de la propuesta de diseño presentada anteriormente donde existe más de una columna en la pila, en esta se debe buscar una solución constructiva donde la pila sea de una sola columna, disminuyendo la cantidad de columnas presentes en el diseño para mejorar aspectos económicos y estéticos de la propuesta de diseño.

Conclusiones parciales del capítulo:

A partir de la bibliografía consultada y los estudios realizados por el autor se arriba a la conclusión de la importancia que representa la inminente terminación de la construcción del Viaducto de Matanzas, basado en el valor que esta obra representa para la provincia por comunicar de forma cómoda, expedita y con el confort necesario algunos de los puntos de mayor interés social y económicos de la ciudad, aun cuando el puente General Lacret Morlot esté sometido a una interrupción de su circulación.

CAPÍTULO 2 CRITERIOS DE DISEÑO

El objetivo de este capítulo es lograr definir los criterios por los cuales se debe regir el autor para poder llegar a concretar una propuesta de solución constructiva eficiente que facilite la ejecución de esta obra.

Para el desarrollo de esta propuesta se establecen diferentes criterios de diseño:

- 1- Adecuar el concepto de diseño original de la Vía Blanca a las condiciones actuales.
- 2- Solucionar a nivel el cruce con el ferrocarril.
- 3- Solucionar la intersección con la calle Laborde y Rieche en Versailles.
- 4- Adoptar una solución constructiva que permita desarrollar un trazado curvo y estético minimizando el tramo del puente.
- 5- Análisis de la cimentación.

2.1 Adecuación del concepto de diseño original de la Vía Blanca a las condiciones actuales.

Para lograr una correcta adecuación del diseño original de la Vía Blanca a las condiciones actuales se toma como trazado principal para este diseño lo que anteriormente en el proyecto del Viaducto, específicamente en el acceso a Versailles era secundario, esto trae consigo la disminución de la distancia del trazado de puente de una anterior de aproximadamente 1450m a la actual que debe alcanzar alrededor de los 300m favoreciendo su construcción porque significa una mejora en recursos y tecnología. Otro aspecto importante para adecuar el diseño es el aprovechamiento del trazado del viaducto proyectado, lo que trae consigo un avance, debido a que la tecnología diseñada anteriormente es factible para el diseño.

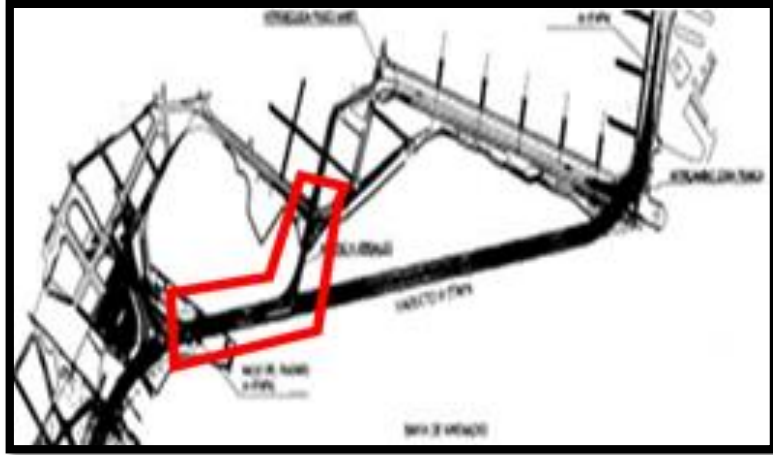


Figura 2.1.1: Tramo que en la propuesta anterior era secundario y se toma como principal (Señalado entre línea).

Fuente: Elaboración propia.

A partir del proyecto existente se realiza un análisis en la intersección del Viaducto con Versalles en el cual se arriba a la conclusión que se debe mantener la senda Versalles - Matanzas por el eje de la calle Rieche existente actualmente como consta en el proyecto original.



Figura 2.1.2: Calle Rieche en el barrio de Versalles en la ciudad de Matanzas

Fuente: Elaboración propia.

Mediante este criterio se determina que la senda Matanzas - Versalles debe desplazarse 15m, continuando con la misma separación que presenta el puente en el diseño original.

2.2 Solución a nivel del cruce con el ferrocarril.

La realización de un elevado para resolver la intersección entre el vial y el ferrocarril implicaría iniciar su trazado más próximo a la escuela Mártires del Goicurúa y el ancho de la calle Rieche no es el adecuado para la solución que se le debe dar a la curva frente a dicha escuela lo que puede implicar la demolición de la Iglesia Presbiteriana.



a)



b)

Figura 2.2.1: a) Curva de la calle Rieche. b) Iglesia Presbiteriana.

Fuente: Elaboración propia.

Por los motivos expuestos anteriormente la solución adecuada para resolver la intersección con el ferrocarril es similar a la diseñada anteriormente que consiste en un paso a nivel con barreras.



Figura 2.2.2: Línea del ferrocarril ubicada en la intersección con el trazado de la propuesta de diseño.

Fuente: Elaboración propia.

2.3 Solución de la intersección con la calle Laborde y Rieche en Versalles.

Como solución de la intersección entre el vial principal (Viaducto) y las calles Laborde y Rieche en Versalles se decide que en la dirección Versalles – Matanzas se continúa con dos carriles por la calle Rieche en esa dirección, permitiendo el giro a la derecha, a la izquierda y la continuidad de circulación sobre el vial que se desea proyectar.



a)

b)

c)

Figura 2.3.1: a) Giro a la derecha en la intersección de la calle Rieche con la calle Laborde. b) Giro a la izquierda en la intersección de la calle Rieche con la calle Laborde. c) Continuidad de circulación de la calle Rieche sobre el vial a ejecutar.

Fuente: Elaboración propia.

En la dirección Matanzas – Versalles solamente se permite el giro a la derecha para incorporarse a la calle Laborde, también mediante dos carriles en esa dirección. Para lograr una funcionalidad adecuada en el diseño se debe garantizar que el criterio de giro en la intersección de esta dirección sea permitido para todo tipo de vehículo, incluyendo vehículos pesados.

2.4 Elaboración de una solución estructural que permita desarrollar un trazado curvo y estético minimizando el tramo del puente.

Para desarrollar el trazado del puente se decide no adoptar como solución el uso de vigas rectas para permitir el trazado curvo, puesto que con este tipo de curva los puentes tienen que desplegar un voladizo para poder implementarla. Otros aspectos desfavorables que presenta este tipo de viga son que dificultan la construcción del puente y atenta contra su estética, esto es debido a que visualmente el trazado se observa como un polígono, lo que se puede observar en la figura 2.4.1.



Figura 2.4.1: Ejemplo de un puente curvo construido con vigas rectas.

Fuente:(William N. Nickas, 2010)

Otra posible solución puede ser el uso de vigas I pero basado en la comparación entre vigas Tipo I y vigas tipo U realizada en el trabajo de diploma desarrollado por el estudiante de quinto año de Ingeniería Civil de la Universidad de Matanzas, Sede Camilo Cienfuegos: Raydel Domínguez Montenegro, que tiene como tema: Diseño geométrico de un puente curvo con sección cajón prefabricado se llegó a la conclusión que el uso de

vigas U en puentes curvos presenta distintas ventajas sobre el uso de vigas I, dentro de las que se pueden apreciar:

- 1- Mayor posibilidad que la viga U una vez cerrada con la pre-losa pueda resistir los efectos de la torsión de forma más eficaz que la viga I.
- 2- La rigidez que adquiere la viga U una vez que es cerrada con la losa es mayor que la adquirida por la viga I.
- 3- En el caso de utilizar vigas U el número de vigas necesarias es inferior al que se necesita utilizando vigas I, por lo que los gastos de izaje cuando se construyen puentes curvos con vigas U son menores que si se emplean vigas de sección I.

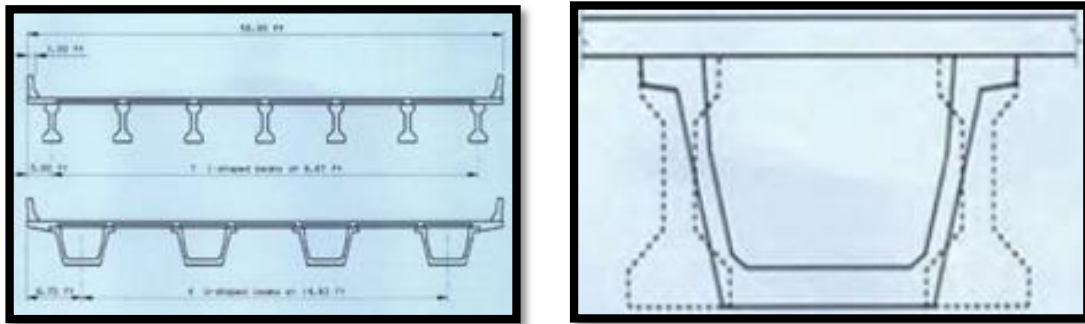


Figura 2.4.2: Comparación entre vigas U y vigas I.

*Fuente: The New Texas U-Beam Bridges - An Aesthetic and Economical Design Solution.
PCI Journal*

4-Mayor estética, porque se observa de forma más armónica en su parte inferior un puente con vigas U que un puente con vigas I, esto posibilita al conductor observar de mejor forma la vía y el paisaje al poseer vanos más grandes y una menor cantidad de pilas.

A diferencia de la propuesta de diseño presentada anteriormente donde existe más de una columna en la pila, en esta se plantea buscar una solución estructural donde la pila sea de una sola columna, disminuyendo la cantidad de columnas presentes en el diseño para mejorar aspectos económicos y estéticos de la propuesta de diseño.

2.5- Análisis de la cimentación.

Para el análisis de la cimentación se mantiene la propuesta similar a la existente anteriormente que se basa en el estudio ingeniero – geológico preliminar realizado por la ENIA #3 en el tramo comprendido entre la estación 58+0.00 (sobre el Muelle Real) y el K-1 (frente a Versailles), como parte del tercer tramo del viaducto. Dicho estudio ofrece los resultados de distintos ensayos realizados en el sitio objeto de estudio a partir de ensayos de presiometría in situ y de compresión triaxial no drenada. Teniendo en cuenta estos valores se establece la capacidad de carga total de diseño para los distintos pilotes con la profundidad.

Conclusiones parciales del capítulo:

1. Se definieron los criterios de diseño con el objetivo de obtener una propuesta de solución constructiva eficiente para la continuidad y finalización del Viaducto de Matanzas.

CAPÍTULO 3 PROPUESTA DE SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA

El objetivo del presente capítulo es proponer una solución constructiva eficiente para la continuidad y finalización del Viaducto de Matanzas a partir de lo investigado en el Capítulo 1 y basándose en los criterios de diseño definidos en el Capítulo 2.

3.1 Adecuación del concepto de diseño original de la Vía Blanca a las condiciones actuales.

En el capítulo anterior quedó establecido que como trazado principal se toma el acceso a Versalles, el cual asegura un acortamiento de la distancia del proyecto y aprovecha el tercer tramo del Viaducto proyectado anteriormente; además se realiza una secuencia de planos en el programa *AutoCAD* con el fin de adecuar el concepto de diseño original a las condiciones actuales.



Figura 3.1.1: Situación actual.

Fuente: Fuente: Ingeniero Pedro A Hernández Delgado.

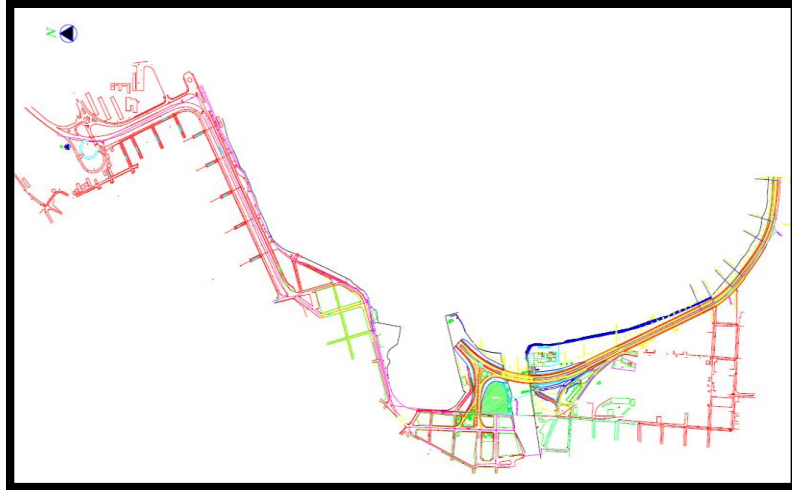


Figura 3.1.2: Plano donde se refleja la situación actual

Fuente: Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería de Matanzas (EMPAI).

Como primer paso se ejecuta el plano que contempla el trazado del eje del ramal Versalles – Matanzas. Para la concepción del mismo se mantiene la alineación de la calle Rieche y se intersecta conservando la alineación de la senda izquierda del ramal Matanzas – Versalles, posteriormente se traza un radio definido anteriormente con el fin de unir estos dos puntos con la mayor eficiencia posible, contemplando una curva circular (Anexo 3).

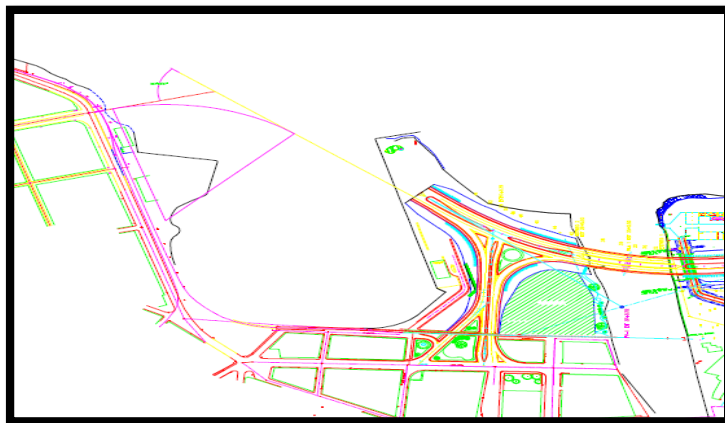


Figura 3.1.3: Trazado del eje ramal Versalles- Matanzas.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se realiza el segundo plano que establece el tramo curvo del ramal Versalles – Matanzas. Para su conformación se tiene en cuenta el eje trazado anteriormente en el primer plano elaborado por el autor sobre el que se desplaza hacia cada lado del mismo los carriles de 3.50m cada uno trazando las aceras, contenes y muros laterales para de estar forma quedar elaborado el tramo curvo de la dirección Versalles – Matanzas (Anexo 4).

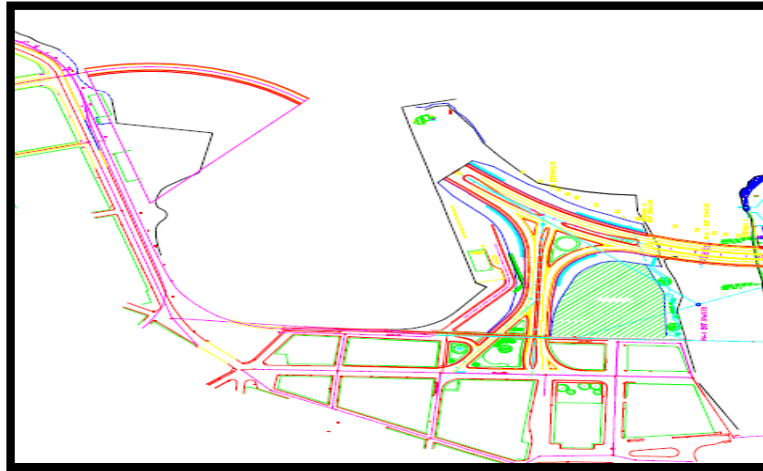


Figura 3.1.4: Ramal Versalles - Matanzas tramo curvo.

Fuente: Elaboración propia.

Después solo queda completar el trazado del ramal Versalles – Matanzas uniendo en recta el tramo curvo diseñado precedentemente con el trazado en la parte de Matanzas como se observa en la figura 3.1.5, manteniendo las condiciones tanto de los carriles, aceras, contenes, muro etc. concebidos anteriormente (Anexo 5).

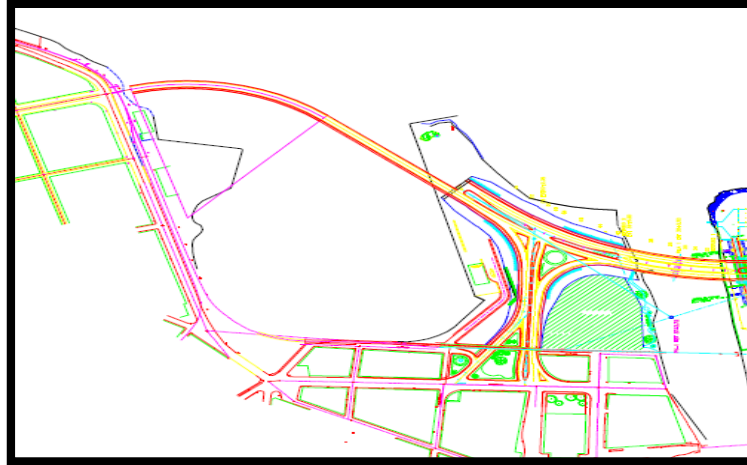


Figura 3.1.5: Ramal Versalles - Matanzas tramo recto.

Fuente: Elaboración propia.

Para finalizar la concepción del trazado propuesto para la continuidad y finalización del Viaducto solo falta el diseño del ramal Matanzas – Versalles, el cual se observa en la figura 3.1.6. Para la realización de dicho ramal en esta dirección se mantiene el concepto manejado en la finalización del segundo tramo del Viaducto que comprende el puente sobre el río San Juan y el antiguo Muelle Real. Este concepto plantea una separación entre ejes del trazado en dirección Versalles – Matanzas y Matanzas - Versalles de 15m, lo cual se aplica en este plano tomando como referencia el ramal Versalles – Matanzas, diseñado previamente para después desplazar 15m el ramal en la dirección Matanzas - Versalles (Anexo 6).

Con la ejecución de este plano queda definido el trazado que propone la solución de una forma eficiente para la continuidad y finalización del Viaducto de Matanzas, adecuando de esta forma el concepto de diseño original de la Vía Blanca a las condiciones existentes actualmente.

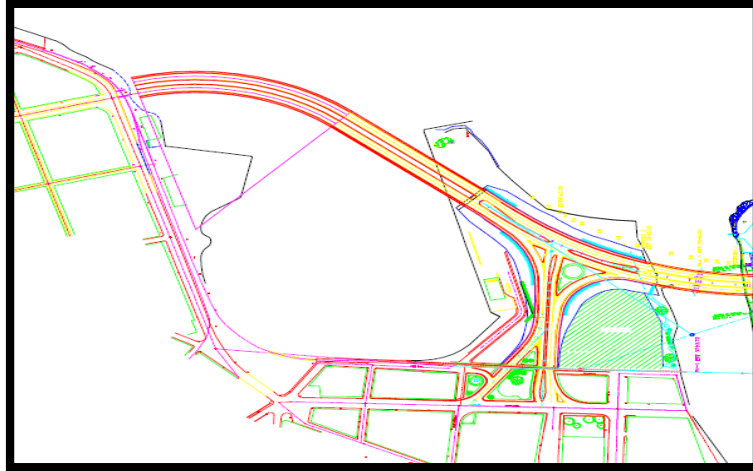


Figura 3.1.6: Ramal Matanzas – Versailles.

Fuente: Elaboración propia.

3.2 Solución a nivel del cruce con el ferrocarril.

A partir de lo expuesto en el capítulo anterior acerca de las problemáticas que trae la realización de un elevado para solucionar el cruce del vial con el ferrocarril y que la solución más factible para dicho cruce es un paso a nivel se realiza en el programa AutoCAD dicha intersección, la cual se plantea con un ángulo de 90 grados (Anexo 7).



a)



b)

Figura 3.2.1: a) Intersección a nivel con el ferrocarril. b) Detalle de intersección a nivel con el ferrocarril

Fuente: Elaboración propia.

Se propone construir un crucero de ferrocarril de hormigón armado con una resistencia R'_{bk} de 25.0 MPa.

En el hormigonado del crucero, deben emplearse aditivos aceleradores de fraguado con el objetivo de disminuir al mínimo el tiempo de interrupción en el movimiento de los trenes, además haciendo uso de un correcto vibrado del hormigón para lograr la calidad requerida. El proyecto propone el uso de un producto de la SIKA conocido como SIKASET L, el cual es un aditivo líquido de color ámbar que logra una acción acelerante sobre las resistencias mecánicas del hormigón, lo que permite obtener altas resistencias a temprana edad (Anexo 1).

Debe aclararse que es de vital importancia lograr la debida compatibilización entre los distintos conductos soterrados para la alimentación de las señales a colocar en la zona y el crucero de ferrocarril, pues de otra forma pueden presentarse problemas futuros durante el proceso ejecutivo de la intersección.

3.3- Solución de la intersección con la calle Laborde y Rieche en Versalles.

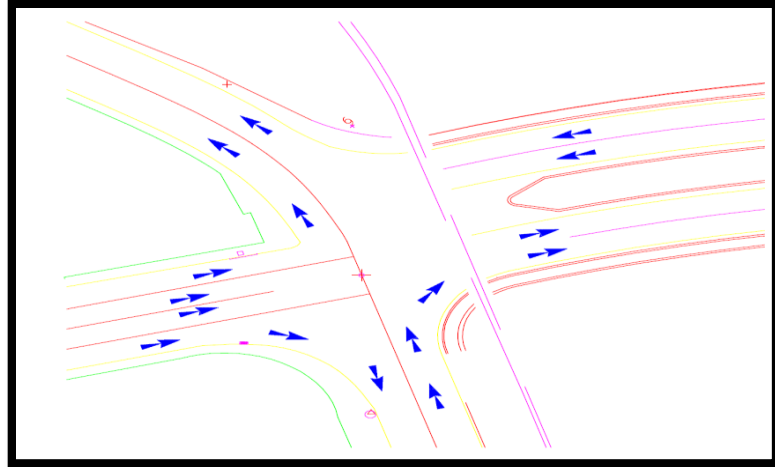
Como se puede observar en la figura 3.3.1 para darle solución a la intersección entre el vial que se desea proyectar y la calle Laborde los vehículos que circulan en dirección hacia Ciudad Habana a través del vial una vez construido, acceden libremente a incorporarse a la Calle Laborde para continuar su tránsito hacia la Habana siguiendo todo el Paseo Martí.

Mientras que los procedentes de la Ciudad Capital con destino Matanzas pueden arribar a la ciudad tomando el carril de derecha con acceso libre en la intersección del vial con las calles Laborde y Rieche y los vehículos que se dirigen hacia Varadero pueden acceder directamente al vial proyectado. De igual forma, los vehículos que necesiten retornar hacia Versalles utilizan el carril de la izquierda con este fin, cediendo el paso siempre a los vehículos procedentes de Matanzas hacia Versalles (Anexo 8).

Se ha previsto la colocación de la debida señalización, en el caso de los ramales de giros donde la corriente vehicular atraviese el cruceo del ferrocarril, para ello se deben colocar señales lumínico - sonoras accionadas por un guardacruceiro desde una caseta diseñada al efecto, además la intersección debe estar correctamente señalizada mediante semáforos por el elevado flujo vehicular y la complejidad que presenta.



a)



b)

Figura 3.3.1: a) Intersección del vial a proyectar con la calle Laborde. b) Sección de la intersección del vial a proyectar con la calle Laborde.

Fuente: Elaboración propia.

Todos los giros han sido previstos de acuerdo a los radios mínimos para el vehículo de diseño C-43, según (NC460, 2006). Este tipo de vehículo es correspondiente, según sus dimensiones con cisternas de combustibles, las cuales se consideran los vehículos más desfavorables que circulan a diario por el puente Bacunayagua y el General Lcret Morlot (La Concordia). Las dimensiones de estos vehículos fueron suministradas por la empresa TRANSCUPET Matanzas.

El ancho de pavimento para los ramales de giro está en dependencia de la intensidad y las condiciones de tránsito, basado en la (NC53-131, 1984).

En el proyecto se asume el caso II, el que permite operación en un solo sentido, con un solo carril, con previsión para el rebase a vehículos estacionados, según lo expuesto en (NC53-131, 1984).

De acuerdo a las condiciones de tránsito se considera el caso B, donde clasifican los ramales con un porcentaje suficiente de camiones (Jesús) que gobiernen el diseño,

permitiendo el giro de vehículos articulados (WB-40 ó WB-50), mediante lo establecido en (NC53-131, 1984). En este caso se incluyen los vehículos antes mencionados.

Esta combinación caso II Tipo B (P-SU) significa, que hay una anchura suficiente para un vehículo ligero cuando se encuentre estacionado un camión y viceversa.

3.4- Adoptar una solución constructiva que permita desarrollar un trazado curvo y estético minimizando el tramo del puente.

Después de plantear las ventajas que presenta el uso de vigas U de hormigón postesado en el diseño de puentes curvos se decide el uso de las mismas para este trabajo de diploma y teniendo en cuenta la variante existente anteriormente se obtiene que el radio conveniente para la curva es de 208m, puesto que de esta forma se une de forma armónica los dos puntos a enlazar, permitiendo mayor funcionalidad a la obra. Basándose en dicho radio las vigas U a utilizar deben tener dimensiones de 135cm de peralte, 182cm de ancho inferior y 242 de ancho superior (Figura 3.4.1), de acuerdo a los resultados alcanzados en el trabajo de diploma desarrollado por el estudiante de quinto año de Ingeniería Civil de la Universidad de Matanzas, Sede Camilo Cienfuegos: Raydel Domínguez Montenegro, que tiene como tema: Diseño geométrico de un puente curvo con sección cajón prefabricado, donde se tienen en cuenta aspectos como radio de curvatura, vuelco, estética y seguridad entre otros para llegar a definir el uso de vigas curvas en puentes curvos, específicamente el puente planteado en el presente trabajo de diploma (Anexo 11).

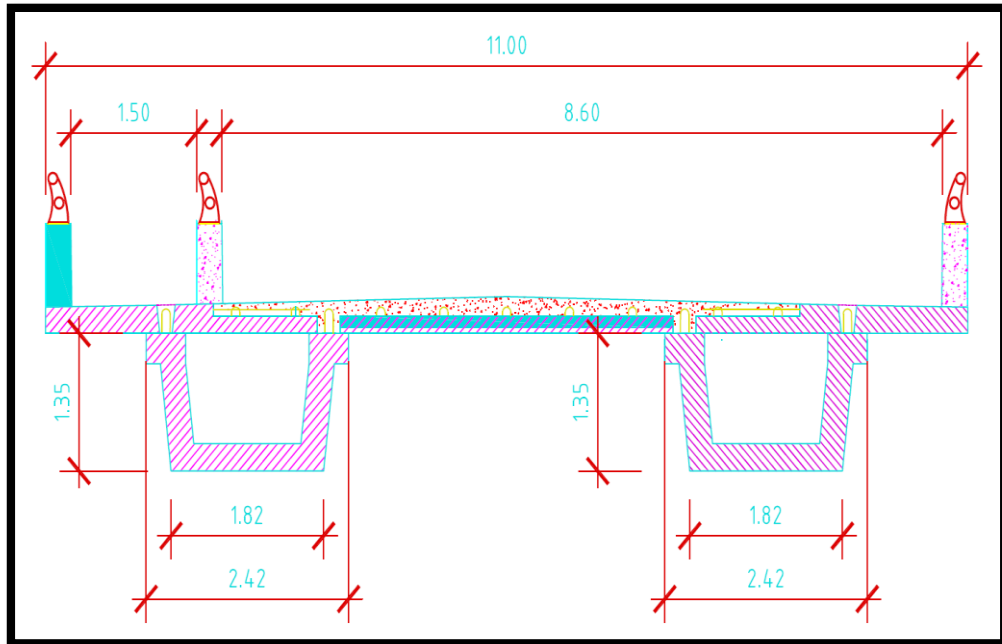


Figura 3.4.1: Sección del ramal izquierdo de la propuesta de solución constructiva para el tercer tramo del Viaducto de Matanzas donde se observa las dimensiones de las vigas tipo U utilizadas.

Fuente: Elaboración propia.

La longitud de las vigas debe ser diferente en tramo recto con respecto a las utilizadas en curva, puesto que para cumplir con la distancia a salvar de forma armónica se decide colocar vigas de 30m en recta y 35m en curva.

En la propuesta de diseño presentada anteriormente se plantea el uso de una columna a cada extremo de las vigas, lo que concibe emplear dos columnas por pilas, mientras que en la propuesta de solución constructiva planteada por el autor se propone el manejo de una sola pila donde apoyen las dos vigas como se refleja en la figura 3.4.2, esto disminuye la cantidad de columnas presentes en el diseño con el objetivo de mejorar aspectos económicos y estéticos de la propuesta (Anexo 12).

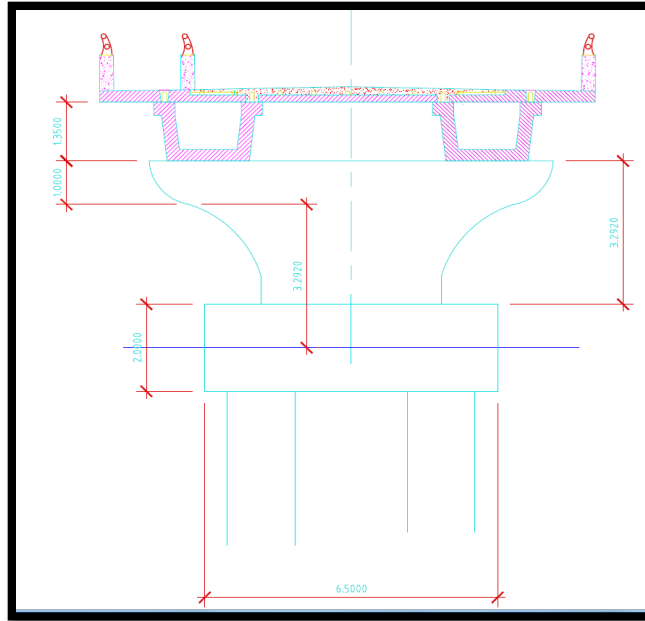


Figura 3.4.2: Sección del ramal izquierdo de la propuesta de solución constructiva para el tercer tramo del Viaducto de Matanzas donde se observa la colocación de una sola pila en la que apoya las dos vigas.

Fuente: Elaboración propia.

Drenaje:

El drenaje en el proyecto ha sido analizado teniendo en cuenta los niveles de terreno (tomados del levantamiento topográfico entregado por la ENIA No. 3 de Matanzas, así como de un levantamiento preliminar hecho por la Comisión de Estudios de la EMPAI No. 8) en unión con la rasante propuesta en el proyecto. Para la evacuación de las aguas pluviales se decide colocar contenes integrales, que recogen las aguas y las conducen hacia los sumideros mixtos, que han sido ubicados de acuerdo a los requerimientos planteados en (NC48-26, 1984), en cuanto a pendientes y distancias entre tragantes. Estos sumideros están conectados entre sí con tuberías de Asbesto Cemento de 300 mm donde se recogen las aguas en un punto y se conducen y conectan a la red de drenaje pluvial existente en la zona.

En el enfoque Versailles, en la parte del pedraplén, las aguas deben drenar hacia el mar y se rediseñan las obras de fábrica existentes en la Calle Laborde y que queden debajo de la nueva vía proyectada.

3.5- Análisis de la cimentación.

Se mantiene la propuesta similar a la existente anteriormente que se basa en el estudio ingeniero – geológico preliminar realizado por la ENIA #3 en el tramo comprendido entre la estación 58+0.00 (sobre el Muelle Real) y el K-1 (frente a Versailles), como parte del tercer tramo del Viaducto. Dicho estudio ofrece los resultados de distintos ensayos realizados en el sitio objeto de estudio a partir de ensayos de presiometría “in situ” y de compresión triaxial no drenada. Teniendo en cuenta estos valores se establece la capacidad de carga total de diseño para los distintos pilotes con la profundidad.

Haciendo referencia a lo anteriormente planteado se refleja esta zona como un terreno con muy malas condiciones de cimentación el cual posee una profundidad de 17m de cieno y un espesor de estrato de arcilla – arenosa y arena – arcillosa subyaciendo al del cieno de muy poca capacidad portante, por lo que el aporte de resistencia de los pilotes se considera solo a partir de 35m en que aparece un estrato de arcilla de consistencia media a firme con N_{spt} de 13 a 39. En este tramo se tienen ubicados el estribo y una de las pilas.

En el cimiento de las pilas que quedan dentro de este sector se plantea la cimentación mediante el empleo de pilotes metálicos de $\phi 1200$ con una longitud entre 35m y 40m.

Parámetros del vial proyectado.

Tipo de vía: Urbana.

Faja de emplazamiento: 27.4m

Velocidad de diseño: 80 km/h.

Ancho de calzada: 27.4m

Cantidad de carriles: 4

Ancho de carril: 3.50 m

Tipo de contenes: Integral, Montable, y simple (Típicos)

Ancho del separador central: 5.4m

Ancho de acera: 1.50 m a ambos lados de la vía.

Bombeo: 2%

Ventajas de la propuesta de solución constructiva realizada:

Presenta mayor facilidad y probabilidad de ejecución, puesto que a diferencia de la propuesta anterior que exhibe una distancia de trazado aproximada de 1450m, en esta se eliminan más de 1000m de trazado, significando mejoras en materiales, tecnología y mayor probabilidad de construcción.

Mayor estética puesto que para la proyección del puente en este trazado se contempla el uso de vigas curvas tipo U que favorece la visual del puente en su parte inferior, además de utilizar una sola columna por pila lo que beneficia la visibilidad hacia la bahía de Matanzas, paradigma de la ciudad.

En la propuesta anterior se afecta fundamentalmente la parte de la Vía Blanca conocida como el Paseo Martí, pues una vez que estuviera construida ya no habría circulación por el mismo, por lo que desde el punto de vista vial no tendría objetivo, mientras que en la propuesta planteada por el autor esto no es un inconveniente porque al intersectar con Versalles por la zona de la juguera se aprovecha el vial del Paseo Martí.

Afectaciones:

Una de las afectaciones que presenta esta propuesta de solución constructiva son las viviendas que se encuentran ubicadas en el área aledaña a la Calle Laborde, conocida popularmente como “El Chiquirrín”, pues aunque no constituyen una afectación directa en el trazado, impide la visibilidad necesaria que se requiere en el cruce del vial con el

ferrocarril, puesto que puede resultar peligroso para el flujo vehicular el cruce con una vía férrea a nivel y precisamente en una curva.

Se hace necesario rediseñar el sistema de drenaje de la Calle Rieche y Laborde donde existen unas obras de fábrica que deben ser incorporadas al nuevo sistema de drenaje de esta zona.

Conclusiones parciales del capítulo:

1. La propuesta de solución constructiva elaborada por el autor en este trabajo de diploma propone una solución eficiente para la continuidad y finalización del Viaducto de Matanzas, debido a que presenta significativas ventajas sobre propuestas anteriores.

CONCLUSIONES

1. A partir de la bibliografía consultada y los estudios realizados por el autor se arriba a la conclusión de la importancia que representa la inminente terminación de la construcción del Viaducto de Matanzas, basado en el valor que esta obra representa para la provincia por comunicar de forma cómoda, expedita y con el confort necesario algunos de los puntos de mayor interés social y económicos de la ciudad, aun cuando el puente General Lacret Morlot esté sometido a una interrupción de su circulación.
2. Se definieron los criterios de diseño que se deben maniobrar en el proyecto, implementando el uso de vigas de sección cajón tipo U y losas de tablero prefabricadas.
3. Se obtuvo una propuesta de solución constructiva eficiente para la continuidad y finalización del Viaducto de Matanzas, evidenciada por las ventajas que esta ofrece sobre las propuestas existentes anteriormente.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a la Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería de Matanzas (EMPAI) la divulgación de esta propuesta de solución constructiva, con el objetivo de que sea del conocimiento de las autoridades de la provincia y el país en general, para su futura ejecución.
2. Se recomienda a la EMPAI realizar investigación y desarrollo de la tecnología de vigas de sección cajón tipo U y otras para su implementación en la propuesta presentada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1999. Introducción para el diseño de firmes de la red de carreteras de Andalucía. Andalucía, España: CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES.
2004. Transporte Ferroviario-Cruces de Vías Férreas con vías automotores. Parte 1: Diseño Geométrico. Ciudad de la Habana.
- AASHTO 2001. A Policy on Geometric Design of Highways and streets. Washington, DC.
- ARESTUCHE, L. *Experiencias y Métodos para la conservación de puentes de carretera en la república de Cuba.*
- ARESTUCHE, L. & RECONDO, R. 2009. *Puentes de Matanzas*, Matanzas.
- CORPORATION, H. P. 2012. Advances in Civil Engineering.
- EMPAI Enlace Habana-Varadero por la ciudad de Matanzas.
- EMPAI 1995. Viaducto de Matanzas, Variante I-b.
- EUTIQUIO, E. *Diseño Geométrico de Intersecciones.*
- HERNÁNDEZ, I. P. A. 2012. Estudios de alternativos para la sustitución del puente Dubrocq.
- HERNÁNDEZ, P. 2000. Viaducto Matanzas Variante I-b.
- IGLESIAS, I. R. & HERNÁNDEZ, P. 2011. Evaluación de las cargas de vehículos permisibles para el puente Lacret Morlot (La Concordia).
- IGLESIAS, I. R. & HERNÁNDEZ, P. 2015. Informe Técnico sobre el estado actual del puente La Concordia de Matanzas.

- INSTITUTE, A. 1991. Thickness design-asphalt pavements for highways and streets MS-1. Lexington(Kentucky).
- JESÚS, V. D. 1996. Enlace vial Haban-Matanzas-Varadero.Segunda fase del proyecto del Viaducto. *Granma*.
- JURADO, D. I. C. 2013. Puentes (II) Evolución-Tipología-Normativa-Cálculo.
- MICONS 1984a. Diseño geométrico de Intersecciones. Ciudad de La Habana.
- MICONS 1984b. Intercambio rurales. Requisitos generales de proyecto MICONS. Ciudad de La Habana.
- NC48-26 1984. Norma de Drenaje Pluvial Urbano
- NC53-131 1984. Características geométricas de las intersecciones a nivel. *Diseño Geométrico de Carreteras*. Habana Vieja, Cuba: Unidad Impresora CEN.
- NC196-2 2004. Transporte Ferroviario. Cruces de vías férreas con vías automotores. Parte 2: Requisitos de visibilidad en los pasos a nivel. Ciudad de la Habana.
- NC334 2004. Carreteras-Pavimentos Flexibles-Métodos de cálculo. Ciudad de La Habana.
- NC460 2006. ESTACIONAMIENTO DE VEHÍCULOS AUTOMOTORES-REQUISITOS PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN. *460:2006*. Cuba.
- NC-196-3 2006. Transporte Ferroviario-Cruce de Vías Férreas con Vías Automotores-Parte 3: Clasificación y selección de los Sistemas de Protección de pasos a nivel. Ciudad de La Habana.
- NEWHOSE, C. D., BOLE, S. A., BURKETT, W. R., NASH, P. T. & SHAMI, M. E. 2009. Proposed Modifications to the LRFD Design of U-Beam Bearings.
- ROLÓN, R. *Diseño geométrico de vías urbanas*. Universidad Tecnológica Nacional

VIDAL, I. A., DOMÍNGUEZ, I. L., CLEMENT, I. A. & HERNÁNDEZ, I. P. 1997. Proyecto Viaducto de Matanzas. Ideas conceptuales Tramo III. Muelle Real-Acceso a Versalles.

VILA, R. 1995. *Fundamentación teórico práctica de los espesores a exigir de Hormigón Asfáltico en Pavimentos Flexibles en condiciones del Clima Tropical*. Tesis en opción al grado de doctor en ciencias técnicas.

WILLIAM N. NICKAS, P. E. Development of Spliced Precast U Beam Bridge Construction. 2010 Orlando, Florida.

ANEXO

Anexo 1

SIKASET L

Descripción:

Aditivo líquido de color ámbar, con acción acelerante sobre las resistencias mecánicas del concreto.

Usos:

Sikaset L debe usarse cuando se desee:

- Obtener concreto con altas resistencias a temprana edad.
- Colocar concreto en ambiente frío.
- Efectuar reparaciones rápidas en estructuras.

Ventajas:

- Sikaset L reduce los tiempos de desencofrado.
- Se obtienen resistencias más altas a temprana edad.
- Pronto uso de estructuras nuevas.
- Rápida puesta en uso de estructuras reparadas.
- Contrarresta el efecto del frío sobre las resistencias y el fraguado.
- Aumenta los rendimientos en la prefabricación.
- Permite izar más pronto losas y vigas prefabricadas.

Modo de empleo:

Sikaset L viene listo para usar, agregándose al agua de amasado o directamente al concreto.

Dosificación:

Dependiendo del grado de aceleramiento deseado, se dosifica del 0,5 al 3% del peso del cemento. De acuerdo con experiencias prácticas y como guía del uso del Sikaset L se puede decir que con una dosificación del 3% se obtienen resistencias mecánicas equivalentes a tres días, después de 24 horas y equivalentes a 7 días, después de 3 días. Este efecto puede variar con el tipo y la edad del cemento, como también con la temperatura ambiente. Concreto acelerado con Sikaset L debe curarse con Antisol. Se recomienda hacer ensayos previos para determinar la dosificación óptima en cada caso.

Datos técnicos:

Sikaset L cumple Normas ASTM C-494 e Icontec 1299 como aditivo tipo C.

Densidad: 1,3 kg/L aproximadamente

Aspecto: Líquido color ámbar.

Precauciones:

El uso de acelerantes exige un rápido y completo curado.

Sobredosificación de *Sikaset L* causa efectos inesperados en la mezcla de concreto. No se debe usar para concreto pretensado o con elementos de aluminio embebidos, pues contiene cloruros.

Medidas de seguridad:

Se recomienda usar anteojos protectores y guantes. En caso de salpicadura en los ojos, lávelos con abundante agua y consulte a un médico. En caso que lo requiera, solicite la hoja de seguridad del producto.

Presentación:

Plástico: 5 kg

Plástico: 25 kg

Plástico: 75 kg

Tambor: 250 kg

Almacenamiento y transporte:

El tiempo de almacenamiento es de un (1) año, contado a partir de su fecha de producción, conservado en sitio fresco y bajo techo, en su empaque original bien cerrado. Tomar las precauciones necesarias para el transporte de material corrosivo.

Códigos R/S:

R: 36 S: 25

Si necesita información adicional consulte al Departamento Técnico de Sika Andina S.A. Servicio al cliente desde cualquier lugar del país 9800-1-7452 y en Santafé de Bogotá al 2926184.

Advertencia:

Todos nuestros productos han sido desarrollados y fabricados con toda la precaución razonable de acuerdo a normas de exactitud y calidad de SIKA, la información que se suministra es correcta de acuerdo con nuestra experiencia; los productos tal como se venden, cumplen los fines para los cuales han sido fabricados. No obstante no se responde por variación en el método de empleo, condiciones en que sean aplicados, cuando la vigencia del producto esté vencida, o si son utilizados en forma que afecte la salud o cualquier patente propiedad de otros, para usos especializados o cuando surjan dudas en cuanto al uso o aplicación de un producto, deberá consultarse al Departamento Técnico de SIKA.