



UNIVERSIDAD
DON VASCO, A.C.

UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.

Incorporación No. 8727-15

a la Universidad Nacional Autónoma de México.

Escuela de Ingeniería Civil

ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL EN ACERO Y CONCRETO ARMADO DE PUENTE PEATONAL PARA EL CRUCE AL FRACCIONAMIENTO “SAN JOSÉ DE LA MINA” EN URUAPAN, MICH.

Tesis

que para obtener el título de

Ingeniero Civil

Presenta:

Sonia Guadalupe Medina Vaca

Asesor:

I.C. Sandra Natalia Parra Macías

Uruapan, Michoacán, a 6 de Septiembre de 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ÍNDICE

Introducción

Antecedentes.	1
Planteamiento del problema.	2
Objetivos.	3
Pregunta de investigación.	4
Justificación.	4
Marco de referencia.	5

Capítulo 1.- Puentes Peatonales

1.1. Historia de los puentes.	6
1.2. Tipo de puentes.	10
1.3. Puentes peatonales.	12
1.4. Elementos estructurales de los puentes.	14
1.4.1. Elementos adicionales de diseño.	16
1.5. Materiales.	19
1.5.1. Concreto.	20
1.5.2. Acero.	20
1.5.2.1. Acero estructural.	22

1.6. Cargas en puentes. 27

1.7. Importancia del uso de puentes peatonales. 29

Capítulo 2.- Análisis y diseño estructural.

2.1. Definición de análisis estructural. 33

2.2. Introducción al diseño estructural. 35

2.2.1 El ámbito del diseño estructural. 35

2.2.2 Proceso del diseño estructural. 37

2.3 Conceptos fundamentales. 39

2.4 Optimización estructural. 41

2.5. Criterios de diseño. 44

2.5.1. Carga muerta. 46

2.5.2. Carga viva. 47

2.5.3. Seguridad estructural. 50

2.6. Cimentaciones. 50

2.7. Soldadura. 53

Capítulo 3.- Resumen de macro y micro-localización

3.1. Generalidades. 57

3.1.1. Objetivo.	58
3.1.2. Alcance del proyecto.	58
3.2. Resumen ejecutivo.	58
3.3. Entorno geográfico.	59
3.3.1. Macro y micro-localización.	60
3.3.2. Geología regional y de la zona en estudio.	63
3.3.3 Hidrología regional y de la zona en estudio.	64
3.3.4. Uso de suelo regional y de la zona en estudio.	64
3.4. Informe fotográfico.	65
3.4.1. Problemática.	69
3.4.2. Estado físico actual.	69
3.5. Alternativas de solución.	70
3.5.1. Planteamiento de alternativas.	70

Capítulo 4.- Metodología

4.1. Método empleado	72
4.1.1. Método matemático.	73
4.2. Enfoque de la investigación.	74

4.2.1. Alcance de la investigación. 75

4.3. Diseño de la investigación. 76

Capítulo 5.- Cálculo, análisis e interpretación de resultados

5.1 Generalidades. 79

5.2. Pre-dimensionamiento. 83

5.3. Estructuración. 84

5.4. Comportamiento de la estructura. 86

5.5. Cálculos. 92

Conclusiones. 109

Bibliografías. 113

Anexos

AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a Dios nuestro Señor, porque me ha dado la oportunidad de seguir con vida y las fuerzas necesarias para no darme por vencida en el trayecto a culminar con mi carrera.

Agradezco a mis padres, María Guadalupe Vaca Nava y Pablo Medina Raya, por brindarme siempre todo su apoyo incondicional, moral y económico; porque a pesar de que en varias ocasiones estuve a punto de “tirar la toalla”, siempre creyeron en mí y me impulsaron a seguir en el camino para conseguir llegar a la meta y terminar la carrera de Ingeniería Civil.

A cada uno de mis maestros por haber compartido conmigo sus conocimientos, experiencia y algunas anécdotas en cada una de las etapas de la carrera, igualmente por el apoyo brindado en mi comienzo a realizar esta investigación y durante el proceso.

Finalmente, agradezco a mis asesores externos, mis hermanos, por facilitarme siempre las palabras precisas que me impulsaban a seguir adelante, mi hermana María Fernanda Medina Vaca mi pilar incondicional, aunque menor que yo gracias gordita tú siempre has sido mi más grande motivación para seguir mis sueños y cumplir mis metas, la mayor muestra de dedicación, constancia, perseverancia y de que jamás hay que rendirse cuando se lucha por algo y por tus constantes regaños cuando me veías flojear.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes.

Desde hace siglos, el ser humano ha tenido la necesidad de desplazarse de un lugar a otro, buscando la manera de reducir tiempos y distancias, así como salvaguardar los accidentes geográficos que se encuentra en el camino.

La mayor necesidad del hombre, sin duda es comunicar sitios, lugares, personas; la mejor manera en la que ha podido llevar a cabo esta labor ha sido la creación de carreteras y puentes entre otras cosas.

Existen diversas variedades de diseños de puentes y tipos, las cuales se definen de acuerdo a la función y uso que éste llevará a cabo, originando así la clasificación de puente vehicular y puente peatonal.

En la actualidad el diseño de las calles no incluye el paso de la gente, los carriles son cada vez más anchos para mayor flujo vehicular, y las aceras más angostas, reduciendo la zona de seguridad peatonal.

Es por esta razón que en la presente tesis se abordará el tema de puente peatonal, entendiéndose por definición de éste, de acuerdo con el Manual de Diseño de Puentes (2010), que es aquella estructura diseñada para librar un paso vehicular o en dado caso el cauce de un río.

Al realizar la búsqueda de tesis relacionadas con el tema, en la biblioteca de la Universidad Don Vasco A.C. de Uruapan, Mich., no se encontraron tesis sobre análisis y diseño de puentes peatonales, sin embargo, se encontraron tres tesis que

abordan el tema de puentes; entre las que destaca la titulada “Proyecto definitivo de un puente carretero en el km 38+840 del camino Costero del Pacífico, para cruzar el Río “Escobillero” en el tramo Playa Azul-Cerro de Ortega, con origen en La Placita, Mich.”, de David Azrak Cherem (julio de 1963).

Por ser la única con un objetivo que beneficie a la sociedad, cuyo objetivo es salvar la corriente del río “Escobillero” que presenta una achura, en el lugar del cruce, de 50m aproximadamente.

Planteamiento del problema.

En la entrada a la ciudad de Uruapan por la carretera Pátzcuaro-Uruapan sobre la Calzada Benito Juárez; se encuentra situado el entronque que une esta carretera al libramiento oriente, frente a este entronque se ubica el fraccionamiento “San José de la Mina”, esta carretera puede clasificarse como un camino tipo A, ya que diariamente circulan por ella cerca de 3000 autos al día.

Esta carretera a la altura del cruce hacia el fraccionamiento “San José de la Mina” carece de respeto hacia los señalamientos de tránsito por parte de los automovilistas, lo cual hace casi imposible el traslado del peatón de extremo a extremo.

Esto sin contar que las áreas de resguardo, para esperar la siguiente oportunidad de cruce, son áreas poco seguras a las que un auto puede acceder sin problema alguno.

Objetivos.

A continuación se plantean los objetivos de este trabajo.

Objetivo general.

Analizar y diseñar la estructura en acero y concreto armado de un puente peatonal en el cruce al fraccionamiento “San José de la Mina”, de Uruapan, Michoacán.

La finalidad del cálculo y diseño de dicha obra, será facilitar el traslado del peatón de un extremo al otro, con el mínimo de riesgo posible, y en menor tiempo a que si lo hiciera por la parte de abajo.

Objetivos particulares:

- Definir qué es un puente peatonal.
- Definir el tipo de puentes peatonales que se construyen en México.
- Conocer los parámetros de diseño requeridos para la elaboración de un puente peatonal.
- Establecer la importancia de la construcción y uso de puentes peatonales para crear cultura vial.
- Determinar la carga viva estimada para determinar análisis de cargas en el diseño de un puente peatonal.

- Definir que es el análisis estructural.
- Definir que es el diseño estructural.
- Hacer el análisis y diseño estructural en acero y concreto armado de un puente peatonal para el cruce al fraccionamiento “San José de la Mina”.

Pregunta de Investigación.

Al culminar con el proyecto de investigación y diseño, se pretende dar respuesta a la siguiente pregunta: ¿Cuál es el diseño estructural idóneo para la realización de un puente peatonal para el cruce al fraccionamiento “San José de la Mina”?

Para esto se deberán tomar en cuenta las normas y requisitos de diseño estructural de puentes peatonales, que establezcan las Normas Oficiales Mexicanas.

Justificación.

Como ya se sabe, la construcción de puentes peatonales se realiza con el propósito de brindarle al peatón mayor seguridad y un rápido acceso al momento de cruzar una avenida con un alto flujo de tránsito vehicular.

Es por este motivo que se propone realizar el análisis y diseño para un puente peatonal que se verá ubicado en el cruce al fraccionamiento “San José de la Mina”, ya que es una vereda con constante movimiento vehicular y en su mayoría transporte de rodado pesado. Al realizar el correcto análisis y diseño del puente, se brindará

estabilidad y resistencia al mismo, al igual que seguridad a los peatones para transitar sobre el.

De realizarse la obra en cuestión, ésta beneficiaría directamente a los habitantes del fraccionamiento “San José de la Mina”, y a la gente que requiera pasar por allí.

Marco de referencia.

La realización del proyecto de ejecutará en la ciudad de Uruapan, Mich., en el cruce al fraccionamiento “San José de la Mina” Calzada Benito Juárez, Carretera Pátzcuaro-Uruapan.

Uruapan es la segunda ciudad más importante y poblada del Estado de Michoacán de Ocampo. Es la cabecera del municipio de Uruapan. De clima templado, exuberante vegetación y con gran producción anual de aguacate con calidad de exportación, razón por la cual se le conoce también como “La capital mundial del aguacate”. Se considera también el punto de unión entre tierra caliente y la meseta Purépecha. Su nombre oficial es Uruapan del Progreso. De acuerdo con Wikipedia.org (2014).

CAPÍTULO 1

PUENTES PEATONALES

En el presente capítulo se abordarán los temas del origen de puentes, tipos de puentes, elementos estructurales para puentes peatonales, materiales de construcción y factores a tomar en cuenta en el diseño de un puente peatonal así como la importancia del uso y construcción de estos.

1.1. Historia de los puentes.

Desde la prehistoria, el ser humano ha tenido la necesidad de comunicarse y trasladarse de un lado a otro de forma rápida y sencilla; pero debido a la topografía del terreno y a sus accidentes geográficos esto no siempre ha sido una tarea fácil de realizar simplemente desplazándose; para llevar a cabo esta labor, el hombre se vio en la necesidad de crear estructuras que le permitiesen conectar caminos para librar obstáculos y acortar distancias.

La necesidad es la causa principal del ingenio y tenacidad del hombre para crear, construir e idear estructuras o edificaciones que le brinden comodidad en su día a día.

A través del tiempo, los puentes han ido desarrollándose de distintos materiales, dependiendo en parte fundamental al espacio, necesidades y condiciones en las que se proyecta; de igual manera el diseño de los mismos ha ido cambiando según el uso que se les proporcionará.

Los primeros puentes en ser construidos, de acuerdo con la revista de arquitectura AITIM Septiembre-Octubre 2008, se construyeron en la prehistoria alrededor del año 15000 a. C., eran puentes colgantes, estos puentes eran construidos con árboles caídos o con árboles que se cortaban para este propósito, los cuales se unían con lianas a manera de sogas. El puente más antiguo del que se tiene referencia es uno construido en babilonia cerca del año 783 a. C.

Otro puente del que se tiene referencia, y quizá también el más destacado es el “puente de César” construido hace 2000 años sobre el Rhin. Con claros entre 6 y 7.5 metros, un ancho de 12 metros y una longitud estimada entre 400 y 500 metros. “Cada pila de apoyo estaba constituida por dos parejas de pilotes de 45 cm de diámetro hincados en el lecho del río, una a favor y otra en contra corriente. Encima de cada uno de estos pares de pilotes se sujetaban las vigas o dinteles, de unos 60 cm de grueso, y sobre ellas se tendían finalmente maderos longitudinales al tablero. La estructura consistía en una serie de vigas y de puntales inclinados que se unían con entalladuras de tal forma que se podía montar y desmontar rápidamente.” (AITIM; Septiembre-Octubre 2008: 49).

El siglo XVIII es considerado como el siglo dorado de los puentes de madera, pues es durante esa época que se reconoce a los ingenieros civiles por la profusión de puentes con luces de 20 a 46 metros, indica la revista de arquitectura AITIM Septiembre-Octubre 2008, entre los que destacan países como:

- Alemania, con el puente cubierto de Schaffhausen sobre el Rin en 1758, de 119 metros de luz y un apoyo central de arcos laminados de 2 metros de canto y láminas de madera de 7 metros.
- Inglaterra, el puente Putney que cruzaba el Támesis con 26 arcos, operativo desde 1726 hasta 1870.
- EE. UU., Puente sobre el río York en Maine, construido en 1761 por Samuel Sewell. Tenía 52 metros de largo y una anchura de 7,6 metros, con una ligera curva que permitía el paso de embarcaciones. Estaba apoyado sobre 13 pilares, lo más significativo de este puente es que se armó en tierra firme y se colocó como un solo bloque, un gran logro ingenieril.
- Puente Piscataqua en Portsmouth - New Hampshire, construido por Timothy Palmer en 1794. Un puente muy ingenioso con una luz de 719 metros y una anchura de 11 metros. En su época estaba considerado como una obra maestra de la arquitectura y conocido como el 'gran Arco' ya que en el centro había un imponente arco de 68 metros de luz, y 5 m de canto.
- China y Japón, los puentes en voladizo de madera y piedras se construían en tres vanos, los de los extremos se fijaban a las orillas mientras el central se formaba con dos voladizos. Ejemplo de ello es el puente que cruza el río Lilín-Lú en la provincia de Hunan.

De la misma manera que en todas las estructuras, la construcción de puentes ha evolucionado con el paso del tiempo, debido a que cambian las condiciones del espacio y las necesidades del ser humano; renovando sus diseños, estética y funcionalidad.

Al desarrollarse la tecnología del concreto presforzado, comenzaron a construirse estructuras más complejas, la utilización del concreto presforzado en puentes de claros pequeños, se hizo prácticamente general.

La aplicación del concreto presforzado, en puentes, se da por primera vez en Europa tras la segunda guerra mundial, y surge debido a la necesidad de reconstruir los puentes que habían sido destruidos durante esta guerra.

El puente Zaragoza construido en 1953 por ingenieros mexicanos, sobre el río Santa Catarina en Monterrey, fue el primer puente de concreto presforzado en México y en el continente americano.

Mencionan Eden y Ernesto (2009) en su tesis proyecto del puente vehicular "EL Bejuco", que el incremento en la industria del prefuerzo y prefabricación, ha permitido cada vez más el uso de vigas presforzadas y prefabricadas, en los puentes, reduciendo el tiempo de construcción.

Uno de los puentes más importantes en los que se aplican por primera vez vigas prefabricadas, es el que cruza el río Coatzacoalcos y que permite el paso de la carretera costera del golfo y del ferrocarril.

A lo largo de la historia se han empleado cuatro materiales básicos para construir puentes: la madera, la piedra, el acero y el concreto. A estos hay que añadir dos que no se usan frecuentemente, el ladrillo de arcilla recocida y el aluminio.

1.2. Tipo de puentes.

La clasificación del tipo de puente está dada de acuerdo a la forma en que éste está construido; de acuerdo con el Manual de Diseño de Puentes (2010), existen seis tipos de puentes: puentes viga, ménsula, en arco, colgantes, atirantados y apuntalados.

a) Puentes viga.- Este tipo de puentes deriva directamente del *puente tronco*. Se construyen con madera, acero o concreto (armado, pretensado o postensado). Se emplean vigas en forma de I, en forma de caja hueca, etcétera. Como su antecesor, este puente es estructuralmente el más simple de todos los puentes. Se emplean en vanos cortos e intermedios. Un uso muy típico es en las pasarelas peatonales sobre autovías.

b) Puentes ménsula.- el término ménsula hace referencia a cualquier tipo de estructura en voladizo, la cual se apoya sobre uno de sus extremos a través de un empotramiento.

Es un puente en el cual una o más vigas principales trabajan como ménsula. Normalmente, las grandes estructuras se construyen por la técnica de volados sucesivos, mediante mensuras consecutivas que se proyecta en el espacio a partir de la ménsula previa.

Los pequeños puentes peatonales pueden construirse con vigas simples, pero los puentes de mayor importancia se construyen con grandes estructuras reticuladas de acero o vigas tipo cajón

c) Puente de arco.- Es un puente con apoyos a los extremos del vano, entre los cuales se halla una estructura con forma de arco, por donde se transmiten las cargas. El tablero puede estar apoyado o colgado de esta estructura principal, dando origen a distintos tipos de puentes.

Trabajan transfiriendo el peso propio del puente y las sobrecargas de uso hacia los apoyos mediante la compresión del arco, donde se transforma en un empuje horizontal y una carga vertical. Normalmente la esbeltez del arco es alta, haciendo que los esfuerzos horizontales sean mucho mayores que los verticales. Por este motivo son adecuados en sitios capaces de proporcionar una buena resistencia al empuje horizontal.

Cuando la distancia a salvaguardar es extensa, suelen estar comprendidos por una serie de arcos para proporcionar mayor estabilidad y resistencia a las fuerzas y cargas que se emplearán en el puente, a lo largo de su vida.

d) Puente colgante.- Es un puente sostenido por un arco invertido formado por numerosos cables de acero, del que se suspende el tablero del puente mediante tirantes verticales.

A través de los siglos con la introducción y mejora de distintos materiales de construcción este tipo de puentes son capaces en la actualidad de soportar el tráfico rodado e incluso líneas del ferrocarril ligeras.

e) Puentes atirantados.- Es aquel cuyo tablero está suspendido de uno o varios pilones centrales mediante obenques. Se distingue de los puentes colgantes porque en estos los cables principales se disponen de pila a pila, sosteniendo el tablero

mediante cables secundarios verticales, y porque los puentes colgantes trabajan principalmente a tracción, mientras que los atirantados tienen partes a tracción y otras a compresión.

También hay variantes de estos puentes en que los tirantes van desde el tablero hasta el pilar situado a un lado, y desde este al suelo, o bien estar unidos al pilar solo.

f) Puentes apuntalados: son aquellos cuya estructura está formada por cables que lo sujetan de diferentes puntos de amarre, los cuales sirven para sostener la estructura del puente, es decir, es un tipo de ayuda de soporte para el puente.

Otra clasificación de los puentes, se debe al uso que éste recibirá, como puede ser puente vehicular, puente ferroviario o puente peatonal; este último es en el que se enfocará el presente trabajo.

1.3. Puentes peatonales.

El peatón es un elemento muy importante a considerar en cualquier problema de circulación urbana, especialmente su seguridad. Pues sus actitudes son mucho más diversas que las de los conductores, a menudo, son éstos quienes suelen obedecer menos las señalizaciones preventivas, lo que hace más difícil advertir sus movimientos y cuidar su seguridad.

“El puente peatonal debe permitir la circulación del peatón de manera que éste no choque con los caminantes en cualquier sentido, para evitar esto, el ancho del

puede ser diseñado de acuerdo al flujo peatonal previsto en la zona, sin embargo el ancho debe garantizar el paso de un peatón más un peatón con silla de ruedas, ya sea en el mismo sentido o diferente, por esto se recomienda un ancho mínimo de 2.4 m.” (Sandra Jerez; 2010: 96)

El puente debe diseñarse de tal manera que sea seguro y cómodo para el usuario, por ende el material para el piso del puente debe ser antiderrapante en condiciones seco y húmedo.

Un puente peatonal no se construye únicamente con el propósito de salvar un nivel freático; en ocasiones son la solución más adecuada, para sitios de flujo vehicular muy elevado y en el cual el trayecto a recorrer es muy largo para implementar semáforo o muy peligroso para un paso cebra.

Por esta razón, la estructura debe estar en perfectas condiciones, contar con iluminación adecuada, limpieza, estética, señalamientos adecuados, que no estorben el libre tránsito, pero sobre todo seguridad, para brindar la necesidad y gusto de usarse.

El artículo 137 del RCDF estipula que “Los procedimientos de revisión de la seguridad estructural para construcciones como puentes, túneles, torres, chimeneas y estructuras no convencionales deben ser aprobados por la Secretaría de Obras y Servicios.” (Arnal Simón; 2011:117)

La selección del sitio adecuado donde se llevará a cabo la realización del puente peatonal, es muy importante, y deben tomarse en cuenta los siguientes parámetros:

- Determinación de los sitios críticos por donde transita el mayor volumen de peatones: Se deben identificar los Colegios, Universidades, Centros Comerciales, Grandes Almacenes, Iglesias, Teatros, etc.; para darle prioridad a estos lugares.
- Avenidas donde se presente un alto flujo vehicular que impida que los peatones tengan facilidad de cruzar a nivel, y se generen entonces conflictos.
- Ubicación directa a los sitios de mayor interés, lugares atractivos o generadores de viajes. Se debe realizar un estudio de deseo de viajes.
- Menor longitud de caminata para los peatones, pues se trata de la razón primordial por la cual no se presenta un adecuado uso de los puentes peatonales, de acuerdo a la ley natural del mínimo esfuerzo y menor fatiga.
- Ubicación de paraderos de buses y taxis, pues cuando los peatones son dejados a pocos metros del puente peatonal, existe una mayor posibilidad de uso.
- Fácil acceso para los peatones.
- Sitio más seguro para ubicar el puente, donde no tengan peligro de ser asaltados, adecuada iluminación diurna y nocturna.

1.4. Elementos estructurales de los puentes.

Partiendo de lo dicho por Meli Piralla (1994) los elementos estructurales, son todos aquellos elementos en que puede descomponerse, clasificarse o subdividirse una estructura.

Estos elementos pueden ser prefabricados o fabricados in situ es decir en el momento de la construcción. Los puentes están constituidos principalmente de dos partes llamadas superestructura e infraestructura.

Refiere el Manual de Diseño de Puentes (2010), que la superestructura es la parte del puente donde actúa la carga móvil y está conformada por

- Tablero: soporta directamente todas las cargas vivas, y las transmite a los pilares y estribos por medio de las armaduras; para que puedan ser transmitidas hacia los cimientos y a su vez ser disipados por las rocas del terreno.
- Vigas longitudinales y transversales: son los elementos que nos permiten librar el vano (obstáculo vehicular), pudiendo tener una variedad de formas, ya sea rectas, en arco, reticulares, etc.
- Aceras y pasamanos
- Otras instalaciones.
- Puntal: se encuentra articulado al tablero, con el propósito de no transmitirle momentos flectores

Infraestructura o subestructura: parte del puente que se encarga de transmitir las cargas vivas y muertas al suelo de cimentación, ésta se encuentra constituida por:

- Estribos: se colocan en los extremos del puente para sostener los terraplenes que conducen a éste, para recibir la superestructura y el empuje de tierras que puedan unir al puente

- Pilas: son las columnas intermedias de los puentes, entre un tramo y otro, están diseñadas para soportar las cargas muertas y el sobre peso además de resistir y ser insensibles a la acción de causas naturales tales como el viento, sismos, escorrentías, etc.

1.4.1. Elementos adicionales de diseño.

El puente debe contar con rampas peatonales, con una pendiente máxima de 10%, los pasillos deben tener un ancho libre que cumpla con la medida de 0.60m por cada 100 personas, sin reducir las dimensiones mínimas que se indican en la tabla 4.2 del RCDF para cada tipo de edificación. En caso de no especificarse el ancho en dicha tabla, éste tendrá un ancho mínimo de 0.90m.

La longitud máxima de una rampa entre descansos será en relación a las siguientes pendientes máximas: 6% en una longitud entre 6 a 10 m, 8% en una longitud entre 3 a 5.99m y con una pendiente transversal máxima de 2%, contar con pasamanos en ambos lados.

Cuando la pendiente máxima sea mayor al 5% se debe contar con pavimento táctil de advertencia al principio y al final de un tramo de rampa, con una longitud mínima de 0.30m por todo el ancho colocado a 0.30m antes del cambio de nivel del arranque y la llegada de la rampa.

El ancho del descanso entre tramos debe ser cuando menos igual al ancho de la rampa, por mínimo 1.20m de longitud, puesto que cada cambio de dirección en la rampa, debe hacerse únicamente en los descansos.

TIPO DE EDIFICACIÓN	CIRCULACIÓN HORIZONTAL	Ancho (en metros)	Altura (en metros)
HABITACIONAL			
Vivienda unifamiliar y plurifamiliar	Pasillos	0.75	2.30
	Comunes a dos o más viviendas	0.90	2.30
Residencias colectivas	Pasillos comunes a dos o más cuartos	0.90	
COMERCIAL			
Abasto y almacenamiento			
Mercados, tiendas de productos básicos y de autoservicio, tiendas departamentales y centros comerciales	Pasillos en áreas de venta	1.20	2.30
Agencias y talleres de reparación Ventas a cubierto	Pasillo principal	1.20	2.30
	Circulación de vehículos	3.00	2.50
SERVICIOS			
Administración			
Bancos, oficinas, casas de bolsa y casas de cambio	Circulación principal	1.20	2.30
	Circulación secundaria	0.90	2.30
Hospitales y centros de salud			
Atención médica a usuarios externos	Circulación en área de pacientes	1.20	2.30
Atención a usuarios internos	Circulaciones por las que circulen camillas	1.80	2.30
Servicios médicos de urgencias	Circulaciones por las que circulen camillas	1.80	2.30
Asistencia animal			
Áreas de trabajo	Áreas de trabajo	DRO	DRO
Educación e instituciones científicas			
De todo tipo	Corredores o pasillos comunes a dos o más aulas o salones	1.20	2.30
Exhibiciones			
Museos, galerías de arte, etc.	En áreas de exhibición	1.20	2.30

Centros de información			
Bibliotecas	Pasillos	1.20	2.30
Instituciones religiosas			
Lugares de culto Templos, iglesias y sinagogas	Pasillos centrales y laterales	1.20	2.50
Alimentos y bebidas			
Cafés, restaurantes, bares, etc.	Circulaciones de servicio y autoservicio.	1.20	2.30
Entretenimiento y Deportes			
Espectáculos y reuniones	Pasillos laterales entre butacas o asientos	0.90	2.30
	Pasillos entre butacas o asientos y	0.90	2.30
	Respaldos de la butaca o asiento de adelante (ver 4.1.2.)	0.40	DRO
	Túneles	1.80	2.30
Recreación social			
Centros comunitarios, sociales, culturales, salones de fiestas, etc.	Pasillos principales	1.20	2.40
Alojamiento			
Hoteles y moteles	Pasillos comunes a dos o más cuartos	1.20	2.30
Casas de huéspedes	Pasillos comunes a dos o más cuartos	0.90	2.30
Albergues turísticos juveniles	Pasillos comunes a dos o más cuartos	1.20	2.30
Policía y bomberos			
Policía y bomberos	Pasillos principales	1.20	2.30
Reclusorios			
Centros de readaptación social, de integración familiar y reformatorios	Circulaciones para interiores	1.20	2.40
Funerarios			
Agencias funerarias, cementerios, crematorios y mausoleos	Pasillos en donde circulen personas	1.20	2.30
	Pasillos en donde circulen féretros	1.80	2.30
Transportes y comunicaciones			
Estacionamientos privados y públicos, incluyendo encierros de vehículos	Ver 1.2.1 relativo a estacionamientos		

Tabla 1.1.- Normas Técnicas Complementarias para ancho de pasillos, Tabla 4.2 del Reglamento de Construcciones para el D.F.

Fuente: RCDF

1.5. Materiales.

De acuerdo con la página <http://www.mundoconstructor.com.ec>, los materiales de construcción se emplean en grandes cantidades, por lo que deben provenir de materias primas abundantes y de bajo costo. Por ello, la mayoría de los materiales de construcción se elaboran a partir de materiales de gran disponibilidad como arena, arcilla o piedra.

Además, es conveniente que los procesos de manufactura requeridos consuman poca energía y no sean excesivamente elaborados. Esta es la razón por la que el vidrio es considerablemente más caro que el ladrillo, proviniendo ambos de materias primas tan comunes como la arena y la arcilla, respectivamente.

Los materiales de construcción tienen como característica común el ser duraderos. Dependiendo de su uso, además deberán satisfacer otros requisitos tales como la dureza, la resistencia mecánica, la resistencia al fuego, o la facilidad de limpieza.

La elección de los materiales de construcción depende esencialmente de su idoneidad, su disponibilidad local y la cantidad de dinero que se está dispuesto a invertir.

Los materiales deberán satisfacer las especificaciones de las normas del manual de diseño para puentes. El uso de algún material para el cual no exista normalización alguna, deberá ser autorizado por la entidad competente durante la fase de anteproyecto.

1.5.1 Concreto.

El concreto empleado en la construcción de puentes debe ser dosificado y controlado de acuerdo con lo establecido en el Art. 2.5 del Manual de diseño de infraestructura peatonal urbana. En el proyecto se deberá especificar la resistencia, característica necesaria para atender todas las solicitudes durante el tiempo de vida útil previsto. Además de ser indicado el diámetro máximo del agregado, relación agua-cemento y otras características que garanticen durabilidad y apariencia adecuada del concreto.

Los materiales componentes del concreto; cemento, agregados, agua y aditivos deberán cumplir con las normas técnicas correspondientes al reglamento de construcción de la entidad.

De acuerdo con Nilson (2001), deberán establecerse las propiedades del concreto, tales como resistencia especificada, compresión, fluencia, contracción y coeficiente de dilatación térmica. Las resistencias que se especifiquen se consideran mínimas de tal forma que sean siempre respetadas durante las etapas de diseño y construcción de la obra.

1.5.2 Acero.

De acuerdo con Alford B. Johnson (2012) el MOP, indica que los aceros autorizados para la construcción de puentes, serán de acuerdo a la norma AASHTO M270 (The American Association of State Highway and Transportation Officials) en grados 36, 50,50W, HPS70W y 100/100W ó ASTM A 709 en grados

36,50,50W,HPS70W y 100/100W. Los aceros serán de resiliencia garantizada y se podrán usar otros aceros como alternativas.

El término acero sirve comúnmente para denominar, en ingeniería metalúrgica, a una mezcla de hierro con una cantidad de carbono variable entre el 0,03 % y el 2,14 % en masa de su composición, dependiendo del grado. Si la aleación posee una concentración de carbono mayor al 2,14 % se producen fundiciones que, en oposición al acero, son mucho más frágiles y no es posible forjarlas sino que deben ser moldeadas.

No se debe confundir el acero con el hierro, que es un metal duro y relativamente dúctil, la diferencia principal entre el hierro y el acero se halla en el porcentaje del carbono: el acero es hierro con un porcentaje de carbono de entre el 0,03 % y el 1,075 %, a partir de este porcentaje se consideran otras aleaciones con hierro.

Cabe destacar que el acero posee diferentes constituyentes según su temperatura, menciona el Manual de Diseño para la Construcción con Acero, concretamente, de mayor a menor dureza, perlita, cementita y ferrita; además de la austenita.

El acero conserva las características metálicas del hierro en estado puro, pero la adición de carbono y de otros elementos tanto metálicos como no metálicos mejora sus propiedades físico-químicas.

Existen muchos tipos de acero en función del elemento o los elementos aleantes que estén presentes. La definición en porcentaje de carbono corresponde a los aceros al carbono, en los cuales este no metal es el único aleante, o hay otros pero en menores concentraciones.

1.5.2.1 Acero estructural.

El acero como material estructural se fabricó económicamente en los estados unidos hasta finales del siglo XIX. Las principales vigas de patín ancho se laminaron hasta 1908, refiere IMCA (2014).

Se define como acero estructural al producto de la aleación de hierro, carbono y pequeñas cantidades de otros elementos tales como silicio, fósforo, azufre y oxígeno, que le aportan características específicas. El acero laminado en caliente, fabricado con fines estructurales, se denomina como acero estructural al carbono, con límite de fluencia de 250 mega pascales (2.549 kg/cm^2).

De acuerdo con el Manual de Construcción en Acero, el acero estructural es uno de los materiales básicos utilizados en la construcción de estructuras, tales como edificios industriales y comerciales, puentes y muelles. Se produce en una amplia gama de formas y grados, lo que permite una gran flexibilidad en su uso. Es relativamente barato de fabricar y es el material más fuerte y más versátil disponible para la industria de la construcción.

Su alta resistencia, homogeneidad en la calidad y fiabilidad de la misma, soldabilidad, ductilidad, incombustible, pero a altas temperaturas sus propiedades mecánicas fundamentales se ven gravemente afectadas, buena resistencia a la corrosión en condiciones normales.

El acero es más o menos un material elástico, responde teóricamente igual a la compresión y a la tensión, sin embargo con bastante fuerza aplicada, puede comenzar a comportarse como un material plástico, pero a diferencia de los

materiales plásticos a máximas sollicitaciones romper?, pero su comportamiento plástico en tales situaciones como un terremoto, la fase plástica es útil, ya que da un plazo para escapar de la estructura.

El acero estructural o de refuerzo, según su forma, se clasifica en:

- Perfiles estructurales: Los perfiles estructurales son piezas de acero laminado cuya sección transversal puede ser en forma de I, H, T, canal o ángulo.
- Barras: Las barras de acero estructural son piezas de acero laminado, cuya sección transversal puede ser circular, hexagonal o cuadrada en todos los tamaños.
- Planchas: Las planchas de acero estructural son productos planos de acero laminado en caliente con anchos de 203 mm y 219 mm, y espesores mayores de 5,8 mm y mayores de 4,5 mm, respectivamente.

Clasificación de aceros:

- Aceros al carbono (bajo y alto contenido de carbono).
- Aceros de alta resistencia y baja aleación (HSLA).
- Aceros templados y revenidos (HSQT)
- Aceros de baja aleación tratables térmicamente (HTLA).
- Aceros de procesos termo mecánicamente controlados (TMCP).
- Aceros al cromo-molibdeno.

Aceros al carbono: es la aleación hierro-carbono conteniendo generalmente 0,008 % hasta aproximadamente 2 % de carbono, además de ciertos elementos residuales resultantes de los procesos de fabricación.

Aceros aleados: es el acero al carbono que contiene otros elementos de aleación o presenta los elementos residuales en contenidos por encima de los que son considerado normales.

De acuerdo con Meli Piralla (1994), las armaduras de los elementos de concreto presforzado pueden estar constituidas por alambres, barras, cables y torones de acero. En el caso de puentes metálicos se especificarán los aceros estructurales para cada uno de los elementos, así como para los elementos de conexión.

El acero para las armaduras debe cumplir con las especificaciones ASTM correspondientes; el valor característico es la resistencia a la fluencia en caso de barras y cables, el valor mínimo a la tracción a 1% de deformación en el caso de torones o el valor nominal que corresponde al cociente de la carga mínima a 1% de deformación entre el área nominal de la sección transversal.

La norma ASTM (American Society for Testing and Materials) no especifica la composición directamente, sino que más bien determina la aplicación o su ámbito de empleo. Por tanto, no existe una relación directa y biunívoca con las normas de composición.

El esquema general que esta norma emplea para la numeración de los aceros es YXX donde, Y es la primera letra de la norma que indica el grupo de aplicación según la siguiente lista:

- si se trata de especificaciones para aceros
- especificaciones para no ferrosos

- especificaciones para hormigón, estructuras civiles
- especificaciones para químicos, así como para aceites, pinturas, etc.
- si se trata de métodos de ensayos

Ejemplos:

A36: especificación para aceros estructurales al carbono.

A285: especificación para aceros al carbono de baja e intermedia resistencia para uso en planchas de recipientes a presión.

A325: especificación para pernos estructurales de acero con tratamiento térmico y una resistencia a la tracción mínima de 120/105 ksi.

A514: especificación para planchas aleadas de acero templadas y revenidas con alta resistencia a la tracción, adecuadas para soldar.

A continuación se adjunta una tabla con las características de los aceros que son más comunes, según esta norma:

Clasificación de los aceros, según ASTM	Límite elástico		Tensión de rotura	
	Ksi	MPa	Ksi	Mpa
ASTM A36	36	250	58-80	400-550
ASTM A53 Grado B	35	240	>60	>415
ASTM A106 Grado B	35	240	>60	>415
ASTM A131 Gr A, B, CS, D, DS, E	34	235	58-71	400-490
ASTM A139 Grado B	35	240	>60	>415
ASTM A381 Grado Y35	35	240	>60	>415
ASTM A500 Grado A	33	228	>45	>310
Grado B	42	290	>58	>400
ASTM A501	36	250	>58	>400
ASTM A516 Grado 55	30	205	55-75	380-515
Grado 60	32	220	60-80	415-550
ASTM A524 Grado I	35	240	60-85	415-586
Grado II	30	205	55-80	380-550
ASTM A529	42	290	60-85	415-550
ASTM A570 Grado 30	30	205	>49	>340
Grado 33	33	230	>52	>360
Grado 36	36	250	>53	>365
Grado 40	40	275	>55	>380
Grado 45	45	310	>60	>415
Grado 50	50	345	>65	>450
ASTM A709 Grado 36	36	250	58-80	400-550
API 5L Grado B	35	240	60	415
Grado X42	42	290	60	415

Tabla 1.2.- Clasificación de aceros de acuerdo con ASTM

Fuente: <http://ingemecanica.com/aceros/objetos/fig1aceros01.jpg>

El acero de las placas de apoyo para el confinamiento de los elastómeros, deberá ser especificado en función a los valores de los esfuerzos correspondientes a la fluencia y la rotura, así como el tipo de acero empleado.

1.6. Cargas en puentes.

Las cargas se clasifican en:

- Cargas permanentes
- Cargas variables
- Cargas extraordinarias

a) Cargas permanentes: como el nombre lo refiere, son aquellas cargas que actuarán durante toda la vida útil de la estructura, sin variar, hasta alcanzar un valor límite.

Corresponden a este grupo el peso propio de los elementos estructurales y las cargas muertas de los elementos adicionales tales como el peso en la superficie de rodadura o balastro, rieles y durmientes de ferrocarriles.

También se consideran cargas permanentes, el empuje de tierra, las deformaciones permanentes originadas por los procesos de construcción y los efectos de asentamientos de apoyo.

El peso propio se determinará considerando todos los elementos que sean necesarios para que la estructura funcione adecuadamente, según el objetivo para la cual fue diseñada.

Las cargas muertas incluirán el peso de todos los elementos no estructurales, tales como veredas, superficie de rodadura, balastro, rieles, durmientes, barandas, postes, tuberías, ductos y cables.

El peso propio y las cargas muertas serán estimados sobre la base de las dimensiones indicadas en planos y en cada caso considerando los valores medios de los correspondientes pesos específicos.

b) Cargas variables: son aquellas cargas cuyo valor, va cambiando significativa y frecuentemente a lo largo de la vida útil del puente. Las cargas variables toman en cuenta el peso de los vehículos y personas, así como los correspondientes esfuerzos dinámicos.

Pertenecen de igual manera a éste grupo las fuerzas aplicadas durante la construcción, los efectos de variaciones de temperatura, las acciones de sismo y las acciones de viento.

Durante la etapa de construcción, el proyectista deberá considerar todos los pesos de los materiales y equipos requeridos durante dicha etapa, tal como las cargas de peso propio u otras de carácter permanente que se apliquen en cada etapa del proceso constructivo.

Deberá preverse la ubicación de todas las cargas permanentes o temporales en cada etapa, dejando margen para posibles imprecisiones. Deberá considerar de igual manera, la posibilidad de que durante el proceso constructivo o por resultado de modificaciones, la carga muerta sea retirada parcialmente, lo que ocasionaría un posible efecto favorable.

Los puentes para uso peatonal y tránsito de bicicletas, deberán estar diseñados para una carga viva uniformemente repartida de 510 kgf/m^2 . El proyectista deberá evaluar el posible uso del puente peatonal por vehículos de emergencia o mantenimiento, las cargas correspondientes a dichos vehículos no requieren incrementarse por efectos dinámicos.

c) Cargas excepcionales: son aquellas cuya probabilidad de ocurrencia es muy baja, pero que de igual manera deben ser consideradas por el proyectista al momento del cálculo, ejemplo de dichas cargas son, las colisiones, explosiones e incendios.

1.7. Importancia del uso de puentes peatonales.

En las ciudades, se desarrollan diversos tipos de actividades socioeconómicas, lo cual las convierte en grandes centros de tránsito vehiculares, como universidades, escuelas, centros recreativos, centros comerciales, etc.

Estos establecimientos, en muchas ocasiones, no cuentan con la infraestructura necesaria, para brindarles al peatón la seguridad necesaria al trasladarse, ni los dispositivos necesarios para incitarlos a utilizarlos en caso de estar existentes.

La concentración de movimiento de peatones en intersecciones o cruces vehiculares, los convierte en puntos críticos, pues no sólo ponen en riesgo su vida, sino que además ponen en riesgo al automovilista, o son objeto de caos vehicular.

La oposición al uso de puentes peatonales o a cualquier otra infraestructura peatonal, se debe en la mayor parte a la falta de cultura peatonal por parte del individuo y a su constante necesidad de reducir tiempos y distancias.

Hoy en día parecería que el uso de puentes peatonales, está destinado únicamente para anuncios publicitarios (imagen 1.1), como adornos de la ciudad o para uso del cruce de animales, ya que en ocasiones son estos quienes a menudo demuestran más cultura peatonal que el mismo ser humano.



Imagen 1.1.- Mal uso de puente Peatonal

Fuente: www.laprensa.hn

Por lo general los peatones saben que es más seguro utilizar el puente pero, como se mencionaba anteriormente, por falta de cultura y ahorro de tiempo prefieren arriesgarse a cruzar la vía (imagen 1.2).

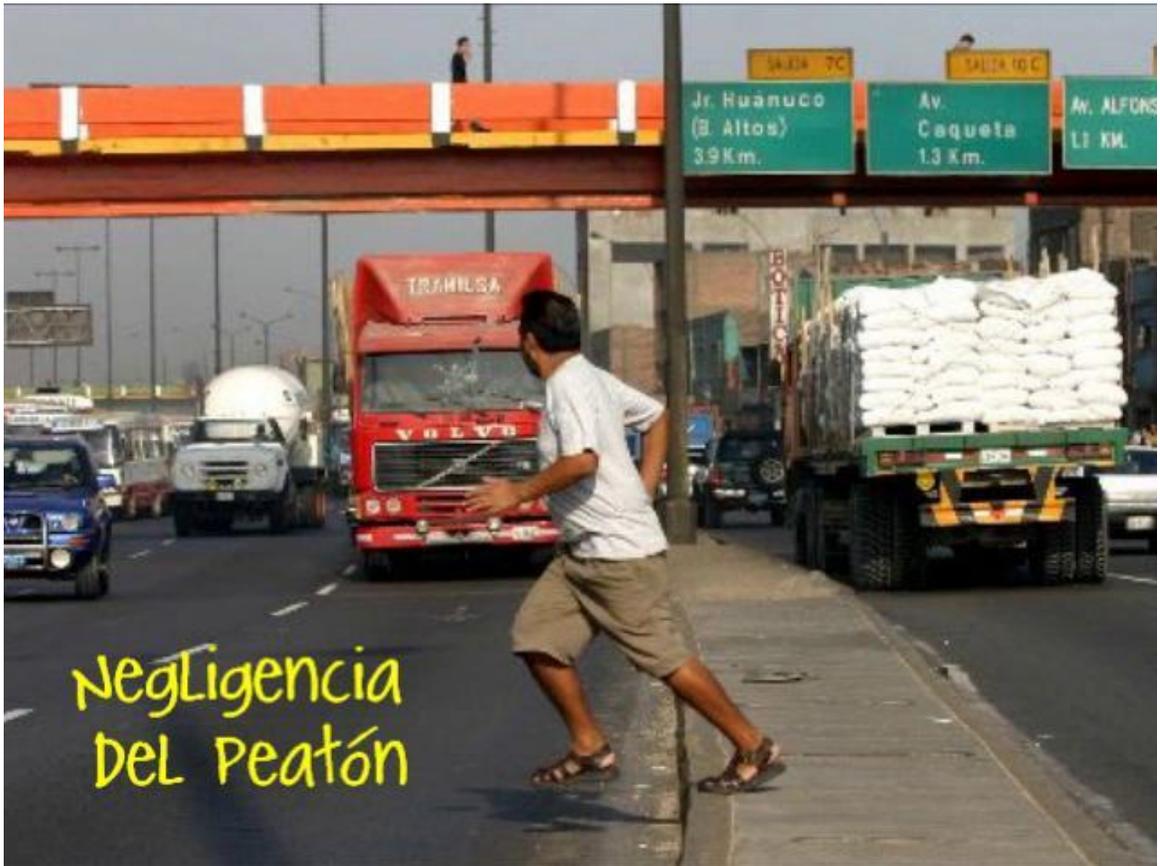


Imagen 1.2.- Negligencia peatonal

Fuente: www.oronoticias.com.mx

En la mayoría de los casos de los accidentes peatonales, arroyamientos vehiculares, suele juzgarse de manera inmediata al conductor del coche, señalándolo como único culpable del incidente, sin detenerse a pensar que el accidente fue causado por la negligencia del peatón, por no hacer uso de las instalaciones brindadas para garantizar su seguridad.

La problemática que se presenta comúnmente en el uso de puentes peatonales es la siguiente:

- Falta de educación para puentes peatonales
- Intersecciones semaforicas debajo de los puentes
- Problema de accesibilidad
- Diseño poco atractivo del recorrido, para el usuario
- Competencia del puente con otras formas de cruce más cómodas, pero poco seguras
- Inseguridad en el diseño

Si bien es verdad que el conductor debe respetar al peatón, también es cierto que el peatón debe respetar al conductor y la mejor manera de hacerlo, es haciendo uso adecuado de dichas instalaciones para no arriesgar su vida ni la del conductor, pues al irrumpir de manera violenta en su camino, éste por esquivarlo ponle en riesgo su vida y la de los demás conductores.

CAPÍTULO 2

ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL

En este capítulo se abarcarán los diversos conceptos que se pueden encontrar al hablar de diseño y análisis estructural. Parte esencial en el diseño de una estructura, es su seguridad, concepto importante a abordar.

La eficiencia en los procesos constructivos, así como el cumplimiento de las expectativas del usuario final en cuanto a funcionalidad y seguridad, dependen en gran medida de la calidad del análisis y diseño estructural de los proyectos de construcción de obras civiles.

2.1. Definición de análisis estructural.

“El Análisis Estructural, es una ciencia que se encarga de la elaboración de métodos de cálculo, para determinar la resistencia, rigidez, estabilidad, durabilidad y seguridad de las estructuras, obteniéndose los valores necesarios para un diseño económico y seguro.” (Villarreal Castro; 2009:4)

El análisis estructural, tiene sus inicios propiamente como ciencia en el siglo XIX con la construcción activa de puentes, vías férreas y naves industriales, entre otros.

Anteriormente no existían métodos de cálculo propios para este tipo de estructuras, por lo cual el procedimiento para llevar a cabo dicho cálculo era

demasiado extenso y laborioso, además de costoso y dar como resultado una estructura demasiado pesada y por ende insegura.

En el Análisis Estructural clásico, se analizan solamente sistemas de barras. Esto originó en cierto modo la aparición de nuevos cursos especiales de análisis estructural, donde se analizan otros tipos de sistemas estructurales.

Dichos sistemas son determinados por los factores que intervendrán en nuestra estructura, así como las cargas a las que ésta será sometida a lo largo de su vida útil.

Asimismo, el Análisis Estructural se divide en problemas lineales y no lineales, distinguiéndose la no linealidad geométrica y no linealidad física. La no linealidad geométrica surge cuando existen grandes desplazamientos y deformaciones de los elementos, lo que es característico en puentes de grandes luces y edificios altos.

La no linealidad física se produce cuando no existe una dependencia proporcional entre los esfuerzos y deformaciones, esto es, cuando se utilizan materiales inelásticos, lo que es característico en todas las construcciones. Cuando los esfuerzos son pequeños, la dependencia no lineal física se puede reemplazar por una lineal.

También se distinguen los problemas estáticos y dinámicos. En estos últimos, se consideran las propiedades inerciales de las estructuras, expresados a través de derivadas respecto al tiempo. A estos, también, se pueden agregar los problemas relacionados con la viscosidad del material, el escurrimiento o flujo plástico y la resistencia durante el tiempo.

Una nueva línea de investigación del Análisis Estructural, es el estudio de sistemas con parámetros casuales, es decir, aquella magnitud que puede ser considerada con determinada probabilidad.

Otra de las líneas de investigación del Análisis Estructural, es la interacción suelo-estructura, analizándose las construcciones con un nuevo enfoque integrador suelo-cimentación-superestructura, lo cual describe el trabajo real de las obras, considerándose al suelo como un semi espacio elástico, lo que influye en la redistribución de esfuerzos por toda la construcción.

En el Análisis Estructural se calculan armaduras, vigas, pórticos, arcos, losas, placas, bóvedas, cúpulas, cascarones, reservorios, puentes, cables, estructuras sobre bases elásticas e inelásticas, membranas y otros.

El análisis estructural consiste en la obtención del efecto de las acciones sobre la totalidad o parte de la estructura, con objeto de efectuar las comprobaciones de los estados límite últimos y de servicio.

2.2. Introducción al diseño estructural.

2.2.1. El ámbito del diseño estructural.

El diseño estructural comprende las diversas actividades que desarrolla el proyectista para determinar la forma, dimensiones y características detalladas de una estructura, entendiéndose por esta como aquella parte de una construcción cuya

función es absorber las solicitaciones que se le presenten durante su tiempo de vida útil.

El diseño estructural se encuentra dentro del proceso más general del proyecto de una obra civil, en el cual se definen las características que debe tener la construcción para cumplir de manera adecuada las funciones que está destinada a desarrollar.

“Un requisito esencial para que la construcción cumpla sus funciones es que no sufra fallas o mal comportamiento debido a su incapacidad para soportar las cargas que sobre ella se imponen”. (Meli Piralla; 1994:13)

Una construcción puede definirse como un sistema, entendiéndose por este como un conjunto de elementos y subsistemas combinados de manera análoga para cumplir una función específica según se haya diseñado.

Partiendo de lo descrito por Meli Piralla (1994), todos estos subsistemas interactúan de manera que en su diseño debe tomarse en cuenta la relación que existe entre cada uno de ellos. Para de esta forma encontrar una solución óptima para los problemas que se presenten en cada uno de ellos, aunque esto no garantiza propiamente la solución óptima para todo el edificio.

En la práctica tradicional, el diseño de un edificio suele realizarse por la superposición de los proyectos de los distintos subsistemas que lo integran. El estructurista debe procurar adaptarse lo mejor posible a los requisitos arquitectónicos planteados.

Debe tenerse presente, que el proyecto no constituye un fin por si mismo, sino que representa sólo una parte del proceso que conduce a la construcción de una obra terminada. Por lo que lo esencialmente importante es la calidad del resultado.

La aplicación de la ingeniería de sistemas, en el diseño de obras, ha conducido al diseño por equipo. En este enfoque, bajo la dirección de un coordinador, un grupo de especialistas colabora en la elaboración de un proyecto desde su concepción inicial.

El proyecto de un puente sería dirigido por el proyectista estructural, quien interactúa con otros especialistas como el de mecánica de suelos y el de vías terrestres. En este caso los aspectos estéticos y económicos, recaen de igual manera en el proyectista.

Cabe mencionar que algunas de las inquietudes generadas con el desarrollo del diseño en obras civiles son, en primer lugar, el impacto que puede tener dicha obra en el ambiente; así como las consecuencias sociales que puede tener ésta en el medio.

2.2.2. Proceso del diseño estructural.

“El diseño es un proceso creativo mediante el cual se definen las características de un sistema de manera que cumpla en forma óptima sus objetivos”.
(Meli Piralla; 1994:19)

Cualquier intento de clasificación para el diseño resulta hasta cierto punto arbitrario. Pero resulta útil para entender su esencia, considerar tres aspectos fundamentales, la estructuración, el análisis y el dimensionamiento.

- Estructuración: en este apartado se determinan los materiales de los que va a estar constituida la estructura, su forma global, el arreglo de los elementos constitutivos y sus dimensiones y características más importantes.
- Análisis: lleva a cabo la determinación de la respuesta de estructura ante las diferentes acciones exteriores que pudieran llegar a afectarla. Para esta determinación se requiere lo siguiente.
 - Modelar la estructura, es decir visualizar la estructura real por medio de un modelo teórico factible de ser analizado con los proyectos de cálculo disponibles.
 - Determinar las acciones de diseño: es obligación del proyectista sujetarse a los códigos definidos para las cargas y diversos factores que introducen esfuerzos en la estructura.
 - Determinar los efectos de las acciones de diseño en el modelo de estructura elegido: determina las fuerzas internas (momentos flexionantes y de torsión, fuerzas axiales y cortantes) así como las flechas y deformaciones de la misma.
- Dimensionamiento: define en detalle la estructura y se revisa si cumple con los requisitos de seguridad adoptados, además se elaboran los planos y especificaciones de construcción.

2.3. Conceptos fundamentales.

Según Meli Piralla (1994), la estructura puede concebirse como un subsistema dentro del sistema principal, constituido por la obra global. La función de la estructura es absorber las solicitaciones que se deriven del funcionamiento de la construcción.

El subsistema estructural debe soportar una serie de acciones externas que le ocasionan deformaciones, desplazamientos y ocasionalmente, daños; esto es considerado, como la respuesta a las solicitaciones impuestas.

La respuesta de la estructura está representada por el conjunto de parámetros físicos que describen su comportamiento, ante las acciones que le son impuestas.

Para que una construcción cumpla con las funciones para las cuales a sido diseñada, es necesario que la respuesta de la estructura se mantenga dentro de los límites que no afecten su correcto funcionamiento, ni su estabilidad.

Debe definirse entonces, cuales son estos límites admisibles para la respuesta estructural; estos dependen del tipo de construcción y de su destino y están definidos para las estructuras más comunes. Figura 2.1

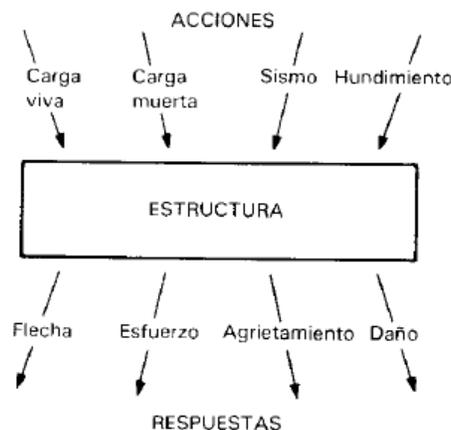


Figura 2.1. Representación esquemática del mecanismo acción-respuesta.

Fuente :Melli Piralla (1994)

Se llama estado límite de una estructura a cualquier etapa de su comportamiento a partir de la cual la respuesta se considera inaceptable. Se distinguen dos tipos de estado límite. Los relacionados con la seguridad o estados límites de falla que corresponden a situaciones en que la estructura sufre fallas totales o parciales,, que afectan su capacidad para soportar nuevas cargas.

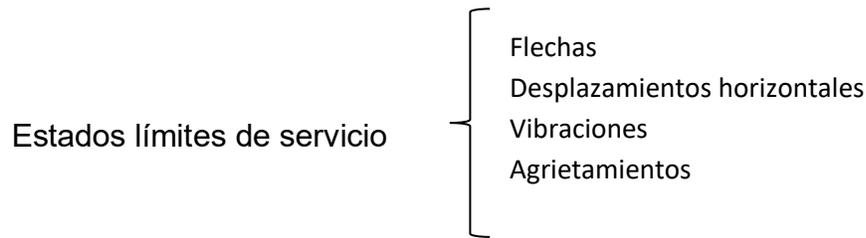
La falla por cortante, flexión torsión, carga axial o cualquier combinación de esos efectos, llamados propiamente, fuerzas internas, que constituye un estado límite de falla, así como la inestabilidad o falta de equilibrio global en la estructura.



Fuente: Melli Piralla: 1994:56

El otro tipo de estado límite refiere a aquellas situaciones que no afectan la seguridad de la estructura, pero afectan el correcto funcionamiento de la construcción. Estos se denominan estados límites de servicio y comprenden las deflexiones, vibraciones y agrietamientos excesivos.

El objetivo del diseño estructural puede replantearse como el de proporcionar una seguridad adecuada ante el apareamiento de estados límites de falla o servicio ante las acciones desfavorables a las que pueda ser sometida la construcción a lo largo de su vida útil.



Fuente: Melli Piralla: 1994:56

De acuerdo con el artículo 150 del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (2011), en el diseño de toda estructura se debe tomar en cuenta los efectos de las cargas muertas, cargas vivas, sismo y viento, cuando éste último sea significativo.

Cuando sean significativos, deben tomarse en cuenta los efectos producidos por otras acciones, como los empujes de tierras y líquidos, los cambios de temperatura, contracciones de los materiales, hundimiento de los apoyos y las sollicitaciones originales por el funcionamiento de maquinaria y equipo que no estén tomadas en cuenta en las cargas especificadas en las normas correspondientes.

2.4. Optimización estructural.

Cualquier factor de seguridad de falla que se adopte siempre existirá una probabilidad de falla finita para la estructura, y si se reconoce un incremento en este factor de seguridad, implicaría un aumento en el costo de la estructura, esto se deduce como un problema de optimización, donde se debe buscar que el factor de seguridad sea óptimo y se equilibre con el costo de la construcción.

De una manera más simple, el objetivo es hacer igual la suma del costo de la estructura, C_o , más el costo, D , de las consecuencias de la falla en caso de que se rebase el estado límite en cuestión, multiplicado por la probabilidad de que se rebase dicho límite, o probabilidad de falla, P_F

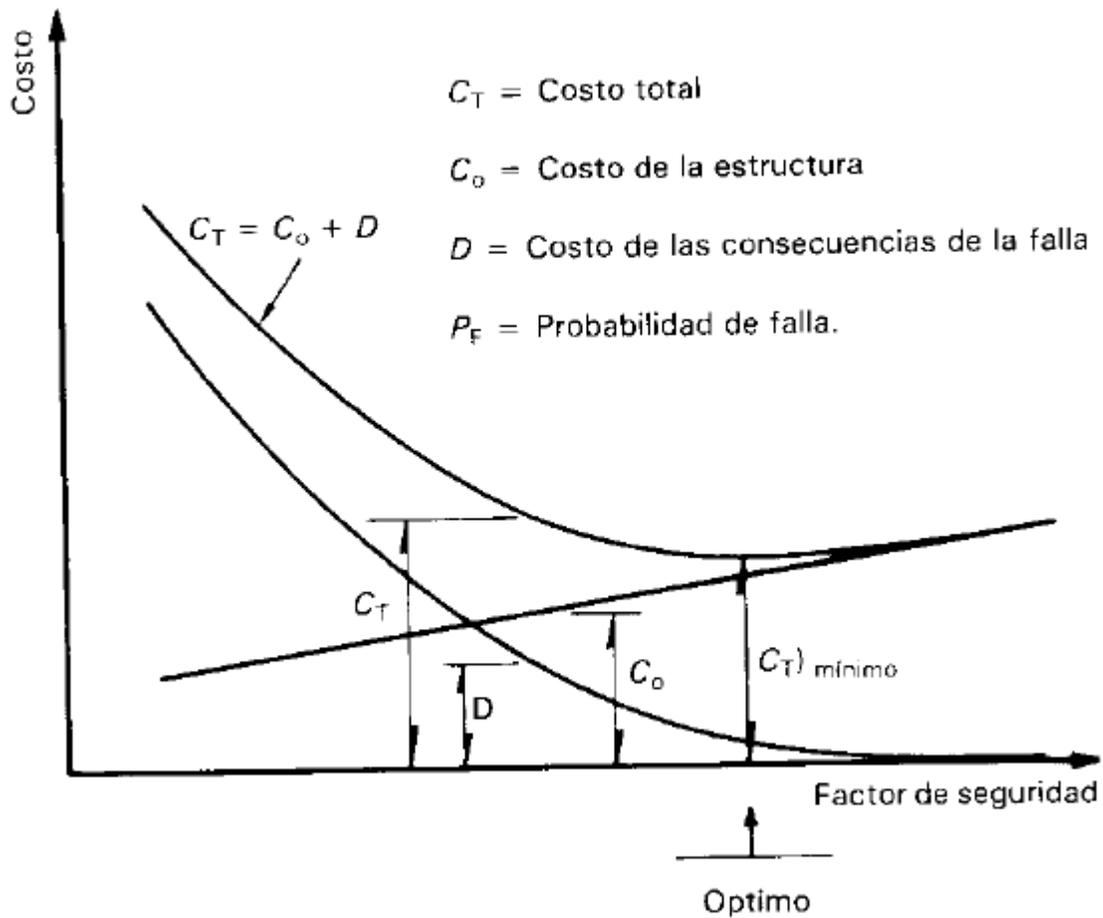


Figura 2.2 Representación del problema de optimización de la seguridad.

Fuente: Melli Piralla: 1994:71

$D * P_F$ representa el valor esperado de los daños debido a la posible falla y disminuye al aumentar el factor de seguridad que se adopte en el diseño, debido a que las distribuciones de las probabilidades se ordenan de manera exponencial. Figura 2.2 Asimismo, siguiendo este mismo patrón, el costo de la estructura aumentará a medida que aumente el factor de seguridad empleado en el diseño de ésta, ya que esto implica un aumento en las dimensiones de los elementos estructurales o la implementación de nuevos sistemas estructurales.

El factor de seguridad óptimo de una estructura dependerá principalmente de las consecuencias de la falla, medidas por el parámetro D de la función anteriormente mencionada. Las consecuencias de una falla dependen primordialmente de:

- Porción de la estructura afectada por la falla
- El costo de lo que puede dañarse a causa de la falla
- El número de personas que se pongan en riesgo por la aparición de dicha falla
- Las consecuencias por la interrupción al servicio que presta la estructura

- El tipo o forma de falla, ya sea frágil o dúctil

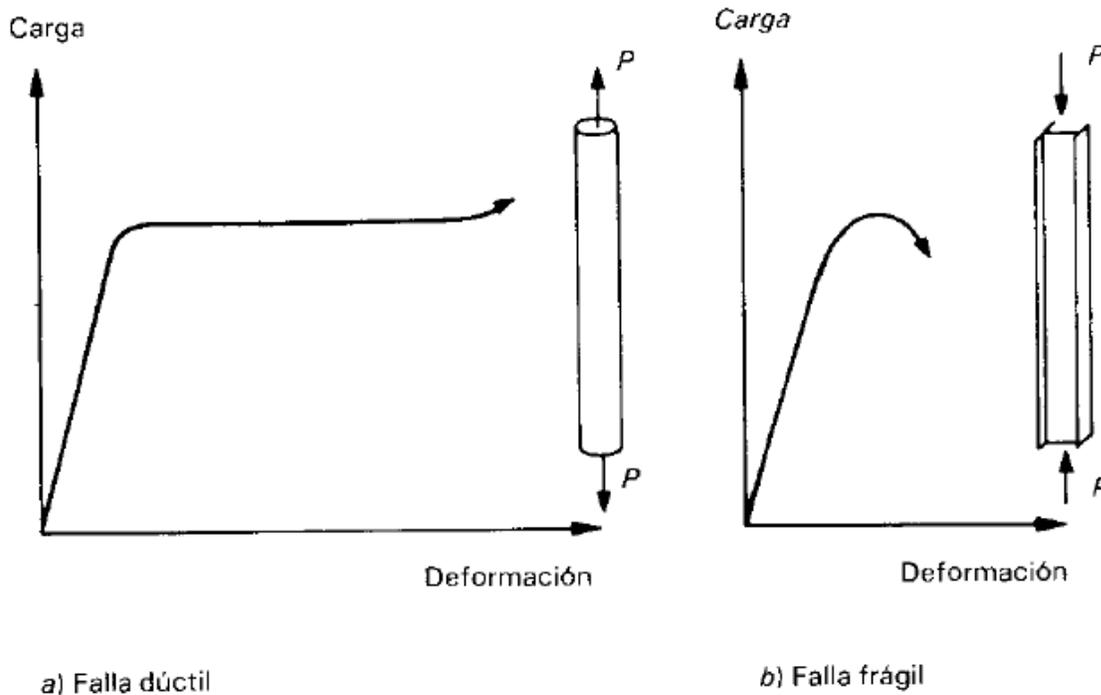


Figura 2.3 Modos de falla dúctil y frágil

Fuente Melli Piralla: 1994:73

2.5. Criterios de diseño.

“Toda edificación debe contar con un sistema estructural que permita el flujo adecuado a las fuerzas que generan las distintas acciones de diseño, para que dichas fuerzas puedan ser transmitidas de manera continua y eficiente hasta la cimentación. Debe contar además con una cimentación que garantice la correcta transmisión de dichas fuerzas al subsuelo”. (art. 146 RCDF; 2011: 126).

El planteamiento de estados límite es el indicado para este contexto, ya que permite comparar la resistencia para cada estado límite contra la acción correspondiente. La mejor forma de hacerlo, nuevamente es con un único factor de seguridad.

Toda estructura y cada una de sus partes deberán diseñarse para cumplir con ciertos requisitos, los cuales se enuncian a continuación: tener seguridad adecuada contra la aparición de todo estado límite de falla posible ante las acciones más desfavorables en su vida útil y no rebasar ningún estado límite de servicio ante las acciones que corresponden a condiciones normales de operación.

La seguridad de una estructura deberá verificarse para el efecto de las acciones que tengan probabilidad no despreciable de ocurrir simultáneamente, considerándose dos categorías de combinaciones que se describen en las normas del RCDF.

Cada estructura, con el paso del tiempo se va debilitando, debido a diversos factores, los cuales pueden ser: situaciones naturales o por intervención humana, en algunos casos los daños efectuados pueden ser irreversibles.

El diseño por estados límites, o también llamado por resistencia última o de diseño plástico, constituye un planteamiento más claro de los objetivos que se pretenden obtener al diseñar una estructura; permite identificar claramente donde se toman los factores de seguridad y su magnitud.

Éste diseño tiene por ventaja el plantear la revisión de la seguridad en dos cantidades sencillas que tienen un significado físico claro, de manera que el

proyectista pueda fácilmente detectar si los resultados finales son razonables según las características del problema.

2.5.1 Carga Muerta.

Se llama carga muerta al conjunto de acciones que se producen por el peso propio de la construcción; incluye el peso propio de la estructura, y de sus elementos estructurales o no estructurales figura 2.4.

Para la evaluación de las cargas muertas se emplearán las dimensiones especificadas de los elementos constructivos y los pesos unitarios de los materiales. Para estos últimos se utilizarán valores mínimos probables cuando sea más desfavorable para la estabilidad de la estructura considerar una carga muerta menor, como en el caso de volteo, flotación, lastre y succión producida por viento. En otros casos se emplearán valores máximos probables.

El peso muerto calculado de losas de concreto de peso normal coladas en el lugar se incrementará en 20 kg./m². Cuando sobre una losa colada en el lugar o pre colada, se coloque una capa de mortero de peso normal, el peso calculado de esta capa se incrementará también en 20 kg./m², de manera que el incremento total será de 40 kg./m². Tratándose de losas y morteros que posean pesos volumétricos diferentes del normal, estos valores se modificarán en proporción a los pesos volumétricos.

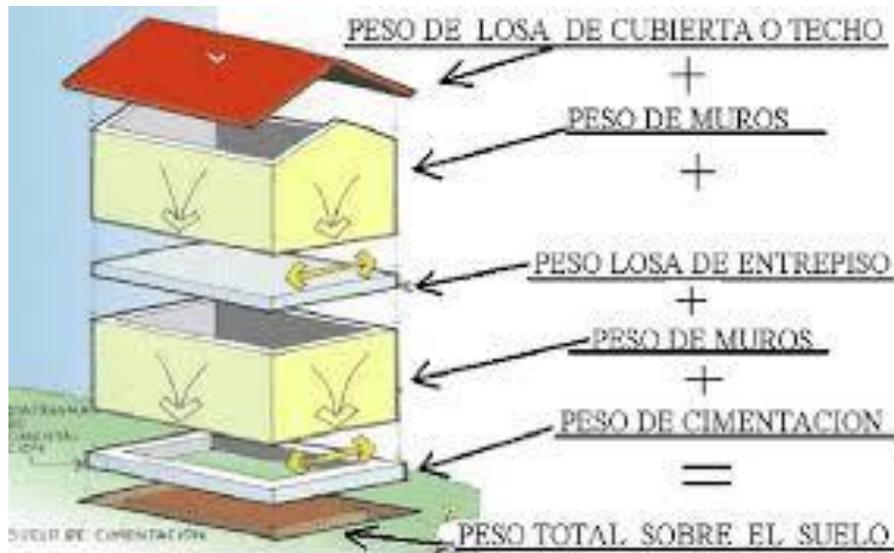


Figura 2.4 Cargas muertas
 fuente: bajadadecargas.blogspot.com

La valuación de la carga muerta es sencilla, ya que solamente requiere de la determinación de los volúmenes de los distintos componentes de la construcción y su multiplicación por los pesos volumétricos de sus materiales constitutivos.

2.5.2. Carga viva.

La carga viva es la que se debe a la operación y uso de la construcción. Incluye todo aquello que no tiene una posición fija y definitiva dentro de la misma y no puede considerarse como carga muerta. La carga viva es la principal acción variable que debe considerarse en el diseño.

Se pueden distinguir tres grandes grupos de construcciones en cuanto a la carga viva que debe considerarse en ellas: los edificios, construcciones industriales y

los puentes. En la mayoría de los casos, las cargas vivas de diseño especificadas por los códigos están fijadas en bases esencialmente subjetivas.

“La intensidad de la carga viva en cualquiera de las tres modalidades descritas depende esencialmente de dos factores: el destino del área sobre la que actúa y el tamaño de esta área.” (Meli, Piralla; 1994:133)

De acuerdo con Luna Esquivel (2014) en su tesis de análisis y diseño estructural, que las cargas que se utilizan para diseñar, son solamente para postular una condición de operación lo bastante desfavorable para que la probabilidad de que se presente un caso más crítico, sea pequeña y poder determinar después una carga uniforme equivalente a la acción real.

Como se citaba en el párrafo anterior, las cargas vivas dependen a la combinación de cargas a revisar:

- Para su superposición con las cargas permanentes, interés la carga viva máxima, por lo que se refiere a la máxima intensidad que esta pueda adquirir a lo largo de la vida útil de la estructura.
- Para su superposición con una carga accidental, interesa la carga viva instantánea, lo que se refiere al valor que se pueda adquirir e un instante cualquiera dentro de la vida útil de una estructura.
- Si lo que se busca es obtener resultados a largo plazo, lo adecuado es diseñar con la carga viva media, así para conocer las deformaciones y hundimientos de la estructura.

- En ciertos casos en que las cargas gravitacionales sean favorables a la estructura, se tomará la carga viva mínima, y esta debe tomarse siempre igual a cero.

Las cargas vivas también se encuentran contempladas en los reglamentos, por lo que a continuación se mostrará la tabla 2.1 donde se muestran los valores de las cargas vivas en los diferentes países, por lo que se podrá observar una ligera diferencia entre ellos, ya que no tienen una norma fija en común.

Destino del piso	México	U.S.A	URSS	Japón	Alemania	G. Bretaña
	RCDF	ANSI-81	SNIP-74	AIJ	DIN-61	CP3-67
Habitacion en casas y departamentos	190	195	150	180	150	153
Hoteles	190	195	150	180	150	204
Hospitales	190	195	200	180	-	204
oficinas	250	244	200	300	200	255
Escaleras	350	488	300	-	-	300 a500
Lugar de reunion con asientos fijos	350	293	400	300	500	408
Lugar de reunion sin asientos fijos	450	488	500	360	500	510
Terrazas y balcones al exterior	300	488	400	300	500	153
Garajes para automóviles	250	244	-	550	350	255
Comercios	>350	488 (366)	400	300	500	408
Todas las cargas en kg/m²						

Tabla 2.1 Cargas vivas para edificios según diversos reglamentos

Fuente.: Meli Piralla: 1994:137

2.5.3 Seguridad estructural.

La seguridad estructural es aquella que se le otorga al conjunto de condiciones de una edificación, entre las cuales se incluye la solidez y resistencia de la estructura, esto es aplicable no solo para edificios, puentes, presas, industrias, etc., también para todos aquellos lugares en las que se puede realizar este trabajo que en su utilización resulta ser apropiada.

Se pueden tomar aspectos importantes en la seguridad de una estructura:

- Para poder construir cualquier edificación local o industrial, es necesario que haya un proyecto previamente, el cual tiene que ser revisado para de este modo conseguir la licencia de obra, y así se pueda ejecutar el trabajo.
- Uno de los aspectos importantes de seguridad es la sobrecarga de dichos elementos, de igual modo al acceso a las cubiertas o techos, es preciso que para este tipo de acciones presenten medios de protección y de seguridad necesarios.
- También tendrán que estar bajo una normativa de dicha estructura, contemplando los requerimientos que ésta se le otorga garantizando un respaldo de la seguridad en la estructura.

2.6.- Cimentaciones.

“La cimentación, o subestructura, constituye un elemento de transición entre la estructura propiamente dicha, o superestructura, y el terreno en que se apoya”. (Meli, Piralla; 1994:507). La finalidad de la cimentación es descargar las fuerzas que se presenten en la base de la estructura hacia el suelo.

Para diseñar una cimentación, previamente debe hacerse un estudio de suelo-cimentación-estructura, con lo cual se podrán obtener las fuerzas internas y las deformaciones que se generan, además se debe de tener conocimiento de lo que es la capacidad de carga del suelo, y por último, definir el tipo de cimentación apropiado con sus dimensiones, tomando en cuenta los efectos que se presentan debido a los movimientos de los apoyos.

Las cimentaciones se clasifican en función a la profundidad en la que se encuentran los estratos más resistentes, los cuales recibirán la mayor parte de las cargas, las cimentaciones se dividen en dos tipos.

Cimentaciones profundas: Principalmente en este tipo de cimentaciones se encuentran a los pilotes, los cuales se subdividen en los que transmiten su carga por medio de punta o por fricción.

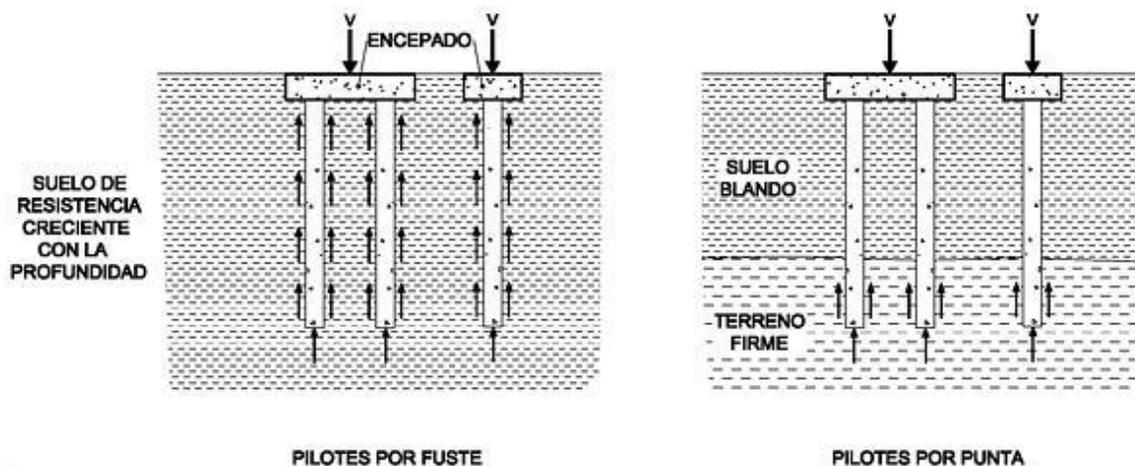


Figura 2.5.- Tipo de pilotes.

Fuente: <http://imgs.wke.es/1/6/4/1/im0000191641.jpg>

Cimentaciones someras: estas son las conocidas y son aquellas que se apoyan en los primeros estratos que tienen gran capacidad de carga, por lo tanto se encuentran a poca profundidad. En este tipo de cimentaciones se encuentran las zapatas las cuales se subdividen en: aisladas (bajo una sola columna), combinadas (bajo dos o más columnas) y corridas (bajo un muro o contra-trabe). Además existen las losas de cimentación que también entran en esta clasificación.

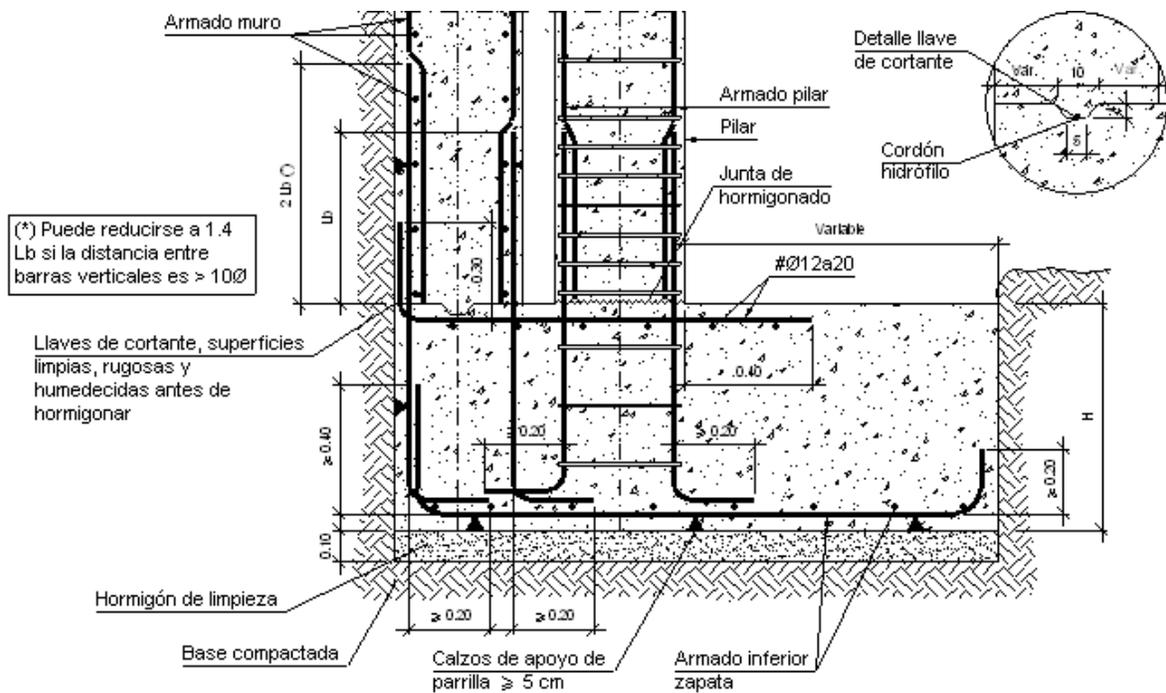


Figura 2.6. Zapata aislada.

Fuente: www.merle.es 2014

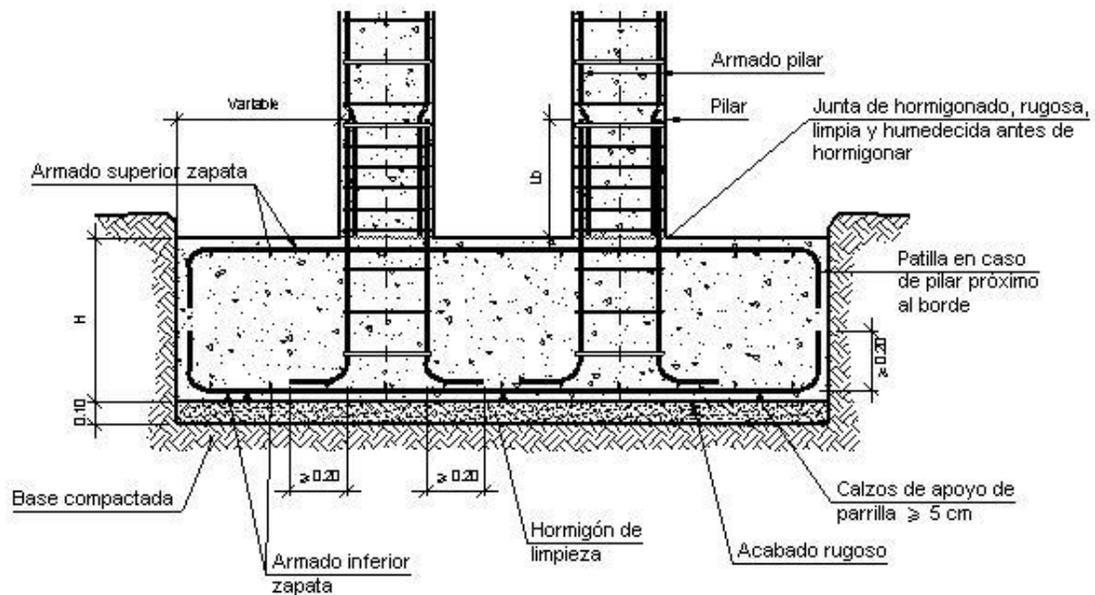


Figura 2.7. Zapata combinada.

Fuente: www.merle.es 2014

2.7.- Soldadura.

Acorde con el Código de Soldadura Estructural (2010), se conoce como soldadura al proceso de unión directa entre metales de igual o parecida composición que necesita de una importante aportación de calor, con objeto de fundir los bordes de los elementos a unir y el material de aportación. Los dos metales fundidos, se mezclan dando lugar a un nuevo metal que es el que forma el cordón de soldadura.

El material de aportación deberá ser de igual o mayor resistencia que el metal base, de modo que se admite que la resistencia del cordón de soldadura es igual a la resistencia de las piezas unidas.

La selección del material de aporte para una determinada unión soldada se basa fundamentalmente en dos criterios:

- La igualación de la resistencia con material base
- La igualación de resistencia y similitud de composición química.

Existen dos procedimientos generales de soldadura: soldadura con gas y soldadura por arco eléctrico. En las edificaciones de acero, casi toda la soldadura estructural es por arco.

En la soldadura por arco se forma un arco eléctrico entre las piezas que se sueldan y el electrodo. El arco es una chispa continua, entre el electrodo y el metal base, provocando la fusión de ambos con temperaturas que oscila entre 5000 grados centígrados, en el acero cerca del arco, hasta unos 1900 grados.

El tipo de electrodo que se utiliza es muy importante, ya que afecta las propiedades de la soldadura, tales como la resistencia y ductilidad.

Electrodo	Punto de Cedencia	Ruptura por Tensión
E60	3150 kgf/cm ²	4220 kgf/cm ²
E70	3500 kgf/cm ²	4920 kgf/cm ²

Tabla 2.2 Electrodo para soldadura según AWS

Fuente.- Código de Soldadura Estructural-Acero

El material del electrodo es especificado en varias normas de la American Welding Society (AWS) en el Código de Soldadura Estructural- Acero y es resumido en la tabla anterior. La designación como E60XX o E70XX indican 60 ksi y 70 ksi como esfuerzo a la tracción. Las X se refieren a factores como las posiciones adecuadas para soldar, tipo de revestimiento y características del arco. En general el acero A36 puede ser soldado exitosamente con electrodos E60XX o E70XX.

Otro tipo de proceso es la soldadura por arco sumergido. En este proceso el arco se cubre con material fusible granular por lo que queda oculto. La soldadura por arco sumergido tiene una mayor penetración, por lo que el área efectiva para resistir carga es mayor.

Los tipos de juntas dependen de factores como el tamaño y forma de los miembros que forman la junta, el tipo de carga, la cantidad de área en la junta disponible para soldar y el costo relativo de varios tipos de soldaduras. Según refiere la página <http://www.arqhys.com/contenidos/clasificacion-soldaduras.html> existen cuatro tipos básicos de juntas soldadas, aunque en la práctica se consiguen muchas variaciones y combinaciones. Estos cuatro tipos básicos son: a tope, a solape, en te, en esquina o juntas de extremo.

Así mismo existen cuatro tipos de soldadura. Los cuatro tipos de soldadura son:

- Soldadura acanalada
- Soldadura de filete

- Soldadura de ranura o a tope
- Soldadura de tapón

Soldadura de filete: Es la soldadura más usada en uniones estructurales. Trabaja a corte y su sección crítica es llamada cuello, garganta o gollete.

Soldadura de ranura: Ésta soldadura requiere que las planchas sean biseladas para dar un buen acceso y una buena fusión del metal base. Se usa principalmente para uniones a tracción o a compresión, pudiendo el metal trabajar a $0.6 F_y$, en tanto que a corte permite que trabaje a $0.4 F_y$. Cuando la penetración es completa y las soldaduras de ranura están sujetas a tensión o compresión axial, el esfuerzo en la soldadura se supone igual a la carga, dividida entre el área transversal neta de la soldadura.

Soldadura de tapón: Esta soldadura puede ser de varios tipos. Una soldadura de tapón es una soldadura circular que une dos piezas en una de las cuales se hacen la o las perforaciones necesarias para soldar. Una soldadura de muesca es una soldadura formada en una muesca o agujero alargado que une un miembro con otro a través de la muesca. La soldadura puede llenar parcial o totalmente la muesca. Estos tipos de soldadura se utilizan cuando los miembros se traslapan y no se tiene la longitud de filete de soldadura. Las soldaduras de tapón y de muesca no se consideran en general adecuadas para transmitir fuerzas de tensión perpendiculares a la superficie de contacto.

CAPÍTULO 3

RESUMEN DE MACRO Y MICROLOCALIZACIÓN

El proyecto a realizar es el análisis y diseño estructural de un puente peatonal, el cual estará ubicado en el cruce al fraccionamiento “San José De la Mina”, Municipio de Uruapan, Michoacán.

Por consiguiente se pretende analizar el sitio donde se tiene estimada la ubicación del puente peatonal, con el objetivo principal de conocer las condiciones, estratigrafía y clasificación del subsuelo, obtener las capacidad de carga de éste, para así mismo plantear las recomendaciones necesarias para el buen comportamiento de la estructura posteriormente construida.

3.1.- Generalidades.

El diseño y ubicación del puente debe adecuarse a la topografía de la localidad, de manera que no afecte el libre tránsito de los vehículos que día a día usan dicha ruta; de igual manera se pretende no intervenir en las paradas de camión que se encuentran por la localidad.

Se buscará mantener en lo posible la geografía del terreno o de lo contrario hacer leves modificaciones para no afectar los accesos y salidas que se encuentran en el predio.

3.1.1.- Objetivo.

Como se mencionó anteriormente, el objetivo de este proyecto es el análisis y diseño estructural en acero y concreto armado de puente peatonal para el cruce al fraccionamiento “San José de la Mina” en Uruapan, Mich., para facilitar el cruce de los peatones de un extremo a otro, por este peligroso entronque, salvaguardando sus vidas; cabe recordar que se estima un flujo aproximado de 500 vehículos diarios entre ellos vehículos de rodado pesado.

3.1.2.- Alcance del proyecto.

En el presente trabajo se da a conocer el procedimiento de análisis y diseño de los elementos que componen un puente peatonal, de igual manera el estudio de las cargas que le afectan o afectaran durante su vida útil.

3.2.- Resumen ejecutivo.

Para el presente trabajo, la información acerca del tema de puentes fue proporcionada por distintas fuentes que establecen las normas y/o características con las que deben ser diseñados para brindar un cómodo servicio al peatón.

En este proyecto se analizará lo referente a los puentes peatonales, y las características que deben poseer para ser agradables para el peatón, proporcionando así la confianza de este para usarlos.

Se realizó la visita al lugar de los trabajos para verificar el estado actual de la zona y de esta manera determinar el lugar idóneo para la construcción del puente sin afectar a terceros.

3.3.- Entorno geográfico.

El puente peatonal será ubicado dentro del estado de Michoacán. Michoacán (oficialmente llamado Michoacán de Ocampo) es uno de los treinta y un estados que junto con la Ciudad de México, conforman las treinta y dos entidades federativas de los Estados Unidos Mexicanos.

Colinda con los estados de Colima y Jalisco al noroeste, al norte con los estados de Guanajuato y Querétaro, al este con el Estado de México, al sureste con el estado de Guerrero y al suroeste con el océano Pacífico. Tiene una superficie de 59.928 kilómetros cuadrados aproximadamente. Cubre una superficie de 58,585 km², que representa el 3% de la superficie total del país, ocupando el lugar número 16 en extensión entre las 32 entidades federativas de México. Se encuentra ubicado entre las coordenadas 17° 55' y 20° 24' de latitud norte, y las coordenadas 100° 04' y 103° 44' de longitud oeste.

Se divide en 113 municipios. Su capital es la ciudad de Morelia, antiguamente llamada *Valladolid*, que lleva su nombre actual en honor a José María Morelos y Pavón, héroe de la independencia de México. Otras localidades importantes son Zamora de Hidalgo, Ciudad Lázaro Cárdenas, Uruapan del Progreso, La Piedad

de Cavadas, Apatzingán de la Constitución, Pátzcuaro, Sahuayo de Morelos, Heroica Zitácuaro, Ario de Rosales, Zacapu, Cotija de la Paz, entre otras.



Figura 3.1 Mapa del estado de Michoacán.

Fuente: Google Maps.

3.3.1.- Macro y Microlocalización.

En el análisis y diseño estructural del puente peatonal que se encuentra en el municipio de Uruapan del Progreso, Michoacán. Estado que cuenta con una extensión territorial que representa el 3.0% de la superficie del país, de latitud norte $20^{\circ}24'$, latitud sur $17^{\circ}55'$ $100^{\circ}04'$ de longitud oeste, colinda con los estados de Jalisco, Guanajuato y Querétaro al norte, al este con Querétaro, México y Guerrero,

al sur con Guerrero y el Océano Pacífico, al oeste con el Océano Pacífico, Colima y Jalisco.

El municipio está inmerso en el eje neovolcánico mexicano, al centro-occidente del estado de Michoacán, tiene una extensión territorial total de 954.17 km². Limita con los municipios de Los Reyes, Charapan, Paracho, Nahuatzen, Tingambato, Ziracuaretiro, Taretan, Nuevo Urecho, Gabriel Zamora, Parácuaro, Nuevo Parangaricutiro, Tancítaro y Peribán.

Uruapan cuenta con 315,350 habitantes y la ciudad de Uruapan cuenta con 264,439 habitantes lo que la coloca como la segunda más poblada del Estado y en el lugar 58° en el país en cuanto a población se refiere. La densidad de población es de 336 habitantes por km².

El clima del municipio de Uruapan es uno de los más variados del estado de Michoacán pues se ve influenciado por las diferentes de altitud en el terreno, existen cinco tipos diferentes de clima.

La temperatura media anual del territorio también se encuentra dividida en tres zonas, la zona norte del municipio tiene un rango de 6 a 20 °C, la zona centro y sur tiene un promedio entre 10 y 27 °C, y finalmente dos porciones del extremo sur registran de 14 a 33 °C.

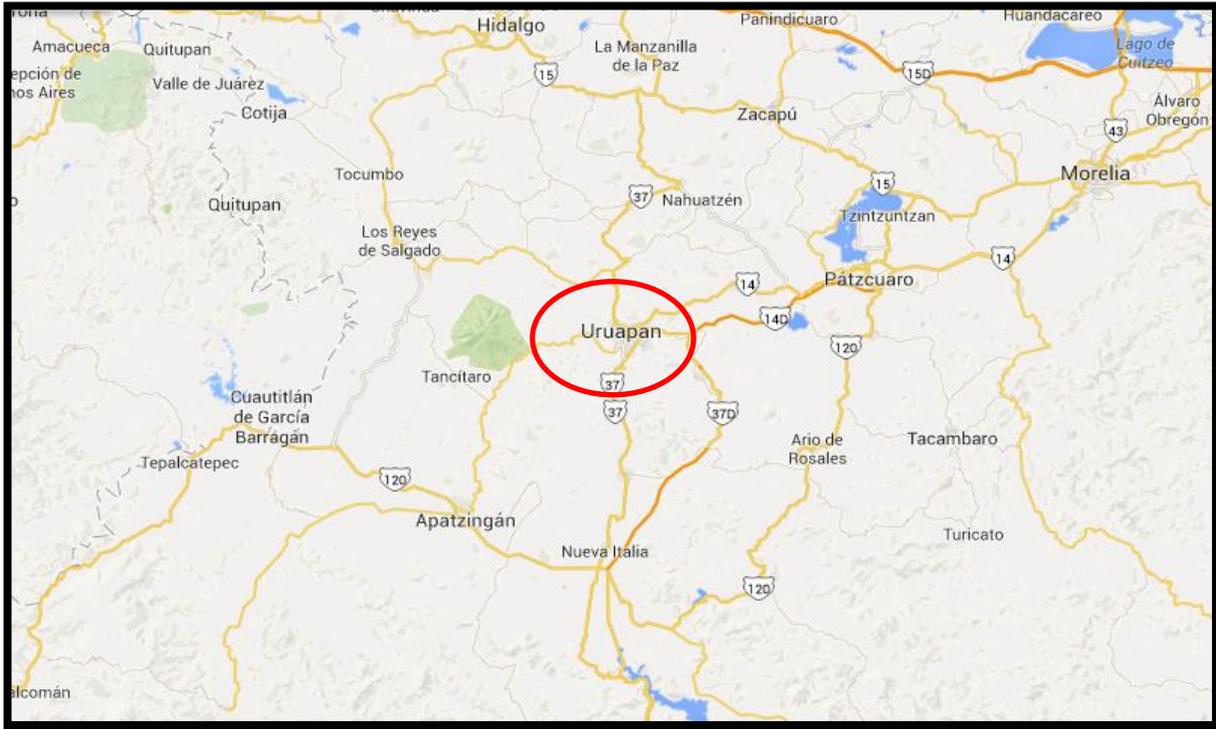


Figura 3.2 Macrolocalización del proyecto

Fuente: Google Maps



Figura 3.3.- Microlocalización Ubicación del proyecto

Fuente: Google maps

Como puede apreciarse en la imagen anterior, el fraccionamiento “san José de La Mina”, se encuentra por las afueras del municipio de Uruapan Michoacán.

Algunos de los atractivos turísticos del municipio de Uruapan son el Parque Nacional Barranca del Cupatitzio, la Cascada Tzaráracua, la Cascada Salto Escondido, la Presa Caltzontzin, el Cerro de La Cruz, el Cerro de La Charanda. El "Museo de la Casa de la Cultura".

Un muy importante sector del territorio de Uruapan, principalmente hacia el centro y norte, se dedican a la agricultura, el resto del municipio se encuentra cubierto por bosque, en donde en las zonas más elevadas se encuentran pino y encino, en zonas más bajas especies como parota, guaje, cascalote y cirián. Su fauna se conforma principalmente por coyote, zorrillo, venado, zorra, cacomixtle, liebre, tlacuache, conejo, pato, torcaza y c hachalaca.

3.3.2.- Geología Regional y de la zona en estudio.

Hacia el sureste se encuentra una zona constituida por suelos aluviales del periodo cuaternario, encontrándose en esta misma zona una porción de terreno susceptible a inundaciones. Por lo cual debe buscarse la manera de que el agua fluya de manera correcta.

Las rocas que cubren esta zona son principalmente ígneas extrusivas basálticas, piroclásticos y brechas, y en menor extensión, intrusivas graníticas hacia el sur. Los componentes litológicos con mayores proporciones corresponden a

basaltos y brechas recientes, y basaltos y brechas alteradas; y en menor proporción encontramos el aluvión, conos cineríticos, riolitas y brechas y granitos

3.3.3. Hidrología Regional y de la zona en estudio.

De acuerdo a la Subdirección de Hidrología de la SARH, el municipio de Uruapan pertenece a La región hidrológica No. 18 que corresponde al río Balsas y a la cuenca No. 18-7 del río Tepalcatepec-Infiernillo. La red hidrográfica de la zona está conformada por el río Cupatitzio y sus tributarios Jicalán y Acúmbaro.

La principal corriente del municipio es el río Cupatitzio, que nace en el territorio y fluye en sentido norte a sur, existen además los embalses de Caltzontzin, Salto Escondido y Cupatitzio y una cascada conocida como La Tzaráracua.

3.3.4.- Uso de suelo Regional y de la zona en estudio.

El uso de suelo ayudará a determinar las propiedades que tiene el terreno para saber las propiedades físicas a las que este podrá soportar, viendo así las cargas permisibles que se le puedan aplicar al terreno natural.

Los suelos del municipio de Uruapan debido a su topografía accidentada y transición climática, están conformados por varias unidades de suelo (figura 3.4, anexo cartográfico) de la cuales, las más importantes por la superficie que ocupan son andosol, leptosol, luvisol, acrisol, regosol, y en mínima proporción feozem, cambisol y vertisol.

UNIDADES DE SUELO	SUPERFICIE	
	km ²	%
Andosol	495.70	52.17
Litosol	165.55	17.42
Acrisol	108.39	11.41
Luvisol	95.16	10.01
Regosol	82.16	8.65
Feozem	2.11	0.22
Cambisol	0.68	0.07
Vertisol	0.45	0.05
Total	950.20	

Figura 3.4.- Anexo cartográfico, unidades de suelo presentes en el municipio de Uruapan

Fuente Semarnat

3.4.- Informe fotográfico.

A continuación se presenta un informe fotográfico de las condiciones de la zona en estudio para la elaboración del proyecto propuesto donde se observa la importancia de colocar un puente peatonal para un cruce seguro.



Fotografía 3.1.- Salida del acceso al fraccionamiento “San José de La Mina”
Fuente: Propia

En la fotografía anterior puede apreciarse la salida del conjunto habitacional “San José de La Mina” y algunas personas esperando el camión fuera de éste, así mismo puede verse indicado el cruce de peatones mediante franjas amarillas (pase cebra) situadas de extremo a extremo sobre el asfalto.

En la siguiente fotografía puede observarse la integración de vehículos a un mismo carril, mediante la intersección de carriles que vienen de distintas direcciones, pero como la fotografía muestra, el lugar no cuenta con los señalamientos ni medidas necesarias para propiciar la disminución de velocidad de los vehículos asegurando el cruce seguro de los peatones por el lugar.



Fotografía 3.2.- Intersección de carriles

Fuente: Propia

En la siguiente fotografía que se muestra, se observa con mayor claridad las malas condiciones del sitio de la parada de camión, y la inseguridad que esta implica en los residentes de la zona que día a día hacen uso del transporte público.



Fotografía 3.3.- Parada del camión

Fuente: Propia

Así mismo en la imagen que se muestra a continuación, se observa lo antes establecido, la falta de seguridad en el cruce peatonal aunado a la negligencia que presentan tanto automovilistas como peatones. En la figura 3.5 pueden apreciarse la salida del fraccionamiento y la parada de camiones así como el cruce peatonal, como puede observarse, el camellón donde los residentes esperan el transporte es muy angosto y por la falta de señalamientos y reductores de velocidad podrían ocurrir accidentes fácilmente en esta zona.



Fotografía 3.4.- Cruce de peatones por la zona

Fuente: Propia



Fotografía 3.5.- Parada del camión y acceso a casas frente a fraccionamiento "san José de La Mina"

Fuente: Propia

3.4.1.- Problemática.

Dentro de la zona de proyecto, se encuentran dos accesos importantes, los cuales permiten ingresar a las propiedades que se encuentran en el predio, por lo que es de suma importancia definir el lugar y diseño adecuados para la realización del proyecto, ya que de lo contrario un mal diseño o mala ubicación, podrían entorpecer el acceso a dichas localidades.

Otra función afectada por la mala ubicación de la obra, sería el acceso a la parada del camión, lo cual a su vez influiría en la transición del flujo vehicular, lo cual lejos de generar un bien a la sociedad, generaría un grave conflicto.

3.4.2.- Estado físico actual.

Actualmente la zona se encuentra con poca señalización para que los automovilistas extremen precaución al transitar por dicho lugar, cabe mencionar que además de a falta de seguridad, la zona aunque cuenta con las lámparas de alumbrado público, estas no son de gran utilidad puesto que no se les ha proporcionado el debido servicio y la mayoría de éstas no funcionan perfectamente.



Fotografía 3.6.- Parada del camión y acceso a casas de fraccionamiento
“San José de La Mina”

Fuente: Propia

Como puede apreciarse en la fotografía 3.6, aunque el espacio se encuentra en buenas condiciones, por cuestiones de paso de vehículos de rodado pesado, el cruce por el paso cebra, no es seguro especialmente en tiempo de lluvias

3.5 Alternativas de solución.

3.5.1.- Planteamiento de alternativas.

Se propone realizar un puente peatonal que cumpla con las normas anteriormente indicadas en el capítulo 1, de manera que sea agradable a la vista e inspire confianza y seguridad al peatón, así mismo, brindarle un fácil acceso a personas invidentes y/o minusválidas.

Para llevar a cabo el proyecto se asumirán las condiciones topográficas y geotécnicas correspondientes a la zona de ubicación del puente, de igual manera el uso de la zona por los residentes.

Deberá tomarse en cuenta el tipo de rodado vehicular que circula diariamente por la zona, para las constantes de diseño así como también las cargas a las que se verá sometido el puente.

CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA

En el actual capítulo se hace referencia al método empleado para llevar a cabo la presente tesis, el enfoque que se le da a la investigación, su diseño metodológico y su alcance. Además de los instrumentos y pasos empleados para llevarla a cabo.

4.1. Método empleado.

En términos conceptuales, el método refiere al camino o medio utilizado para lograr un objetivo; en este caso se denominará científico, el cual implica la descripción y predicción de un fenómeno en estudio, su finalidad es obtener un conocimiento exacto y riguroso de éste.

En una investigación se puede hacer uso de cualquiera de los siguientes métodos:

- Documental
- Campo
- Científico

Se utilizará el método científico, porque hace referencia al conocimiento ya comprobado y puesto en práctica, así como en la investigación específica para conocer más a fondo sobre la variable a analizar.

“El método científico es un procedimiento para descubrir las condiciones en que se presentan sucesos específicos, caracterizado generalmente por ser tentativo, verificable, de razonamiento riguroso y observación empírica” (Tamayo y Tamayo; 2000: 35).

De manera análoga, se hace uso del método documental, ya que se recaba información del sitio donde se llevará a cabo el proyecto y de las variables que componen la estructura formal y teórica de la presente tesis.

El método científico es la aplicación de la lógica a las realidades o hechos observados. Menciona Mendieta (2005), que el método propio de la investigación científica es el método inductivo, ya que este observa los fenómenos particulares, para encontrar leyes o campos no descubiertos aun por el hombre. El método científico se basa en tres pasos para desarrollarse:

- Observación
- Hipótesis
- Experimentación.

4.1.1. Método matemático.

En cualquiera investigación que asiente números de relaciones constantes, variedad de hipótesis, diversidad de comprobaciones y estas se tomen en cuenta para afirmar o negar algo, se está aplicando el método cuantitativo.

Las investigaciones en las cuales se advierten matices diferenciales, cambios graduales, referencias de tiempo análisis de unos factores por otros, se está aplicando el método comparativo.

El método matemático se utilizará porque se emplearán, estadísticas, números de relaciones constantes como por ejemplo el pago de impuestos, cantidades de obra y dimensionamientos.

4.2. Enfoque de la investigación.

En una de investigación se pueden realizar dos tipos de enfoques, cualitativo y cuantitativo. “En términos generales, los dos enfoques son paradigmas de la investigación científica, pues ambos emplean procesos cuidadosos, sistemáticos y empíricos en su esfuerzo por generar conocimiento y utilizan, en general, cinco fases similares y relacionadas entre sí”.(Hernández Sampieri y Cols.; 2004: 4).

Esta tesis cuenta con un enfoque cuantitativo, por lo que a continuación se definirá más a fondo lo que es este enfoque, quitándole importancia al enfoque cualitativo dentro de ella.

El enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio, por lo que no podemos “brincar o eludir” pasos, lleva un orden muy riguroso. Parte de una idea que va acotándose y que una vez que se ha delimitado, pueden derivarse los objetivos y las preguntas de investigación.

Las características que distinguen al enfoque cuantitativo del cualitativo son:

- Mide fenómenos
- Utiliza estadísticas
- Prueba hipótesis
- Hace análisis de causa efecto

Este método usa la recolección de datos para comprobar sus hipótesis en base a la medición numérica y al análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y de esta manera poder probar teorías.

La causa por la cual se determina que el presente trabajo de investigación, tiene un enfoque cuantitativo, es porque se origina con una idea sobre un problema, del cual parte el título de la investigación, de esa idea, se desglosan sub-ideas u objetivos a los cuales se pretende llegar y preguntas de investigación a las cuales se busca dar respuesta.

El cumplimiento de dichos objetivos y las respuestas a las preguntas de investigación, así como comprobación de hipótesis, se darán al final, una vez que se haya terminado de recolectar datos y se tenga elaborado un reporte de los resultados obtenidos.

4.2.1. Alcance de la investigación.

Dentro de la investigación cuantitativa se encuentran cuatro distintos tipos de alcances:

- Exploratorio

- Descriptivo
- Correlacional
- Explicativo

Esto es importante, pues del alcance del estudio depende la estrategia de investigación, el diseño, los procedimientos y otros componentes del proceso. Los estudios descriptivos son generalmente la base de las investigaciones correlacionales, indica Hernández Sampieri y Cols. (2004).

La investigación descriptiva busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice, es decir describe las tendencias de un grupo o población.

Dicho esto se puede deducir que la presente investigación tiene un alcance descriptivo, ya que consiste en describir los fenómenos, situaciones y contextos del evento o lugar, y detallar como se manifiestan.

Únicamente pretende reunir información de manera independiente acerca de las variables y/o conceptos que interfieren o a los que se hace referencia en ésta tesis. Indica el método a utilizar para analizar y diseñar posteriormente respecto a lo analizado.

4.3. Diseño de la investigación.

El termino diseño se refiere al plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea. Según Hernández Sampieri y colaboradores (2010), el

enfoque cuantitativo utiliza sus diseños para analizar la certeza de las hipótesis formuladas en un contexto en particular o para aportar evidencia respecto de los lineamientos de la investigación.

En la metodología de la investigación, se hace referencia a diferentes tipos de diseños o métodos de investigación, de los cuales solo se mencionarán los tres más relevantes.

- Investigación experimental
- Investigación no experimental
- Investigación cuasi experimental

Si el diseño es concebido cuidadosamente, el producto final del estudio, es decir los resultados, tendrán mayores posibilidades de éxito para generar conocimiento. El diseño empleado será el diseño no experimental.

El diseño experimental puede definirse como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente las variables y en los que únicamente se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos.

La investigación no experimental es un parteaguas de varios estudios cuantitativos, como las encuestas de opinión, los estudios post-facto retrospectivos y prospectivos.

A su vez la investigación no experimental la subdividimos en diseños transversales y en diseños longitudinales, de los cuales se enfatizarán los transversales, por ser los que se mostraran presentes en esta investigación.

Los diseños transeccionales recopilan datos en un momento único, su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Por esta razón es el que se aplicará al proyecto, ya que el análisis se hará evaluando las condiciones del lugar en un tiempo determinado.

CAPITULO 5

CÁLCULO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

A continuación, en este capítulo, se mostrarán los cálculos necesarios para su análisis e interpretación con el fin de llevar a cabo la realización de los objetivos planteados inicialmente en ésta tesis.

5.1. Generalidades.

El objetivo del presente trabajo es realizar el análisis estructural y el diseño en acero y en concreto armado del proyecto “Puente Peatonal San José De La Mina” que consta de dos escaleras de concreto de tramos variables cada una, considerando la altura a desplazarse, estas llegan a una estructura reticular, de forma tubular (paso peatonal), que se apoya sobre columnas de acero, las escaleras de Acceso se apoyan en columnas acero verticales unidos y rigidizados las cuales cumplen una Función, estructural y ornamental.

Descripción del proyecto:

El puente peatonal estará ubicado en la ciudad de Uruapan, Michoacán, en el cruce al fraccionamiento “San José de la mina”. en terreno plano, las dimensiones se indican en las siguientes figuras:

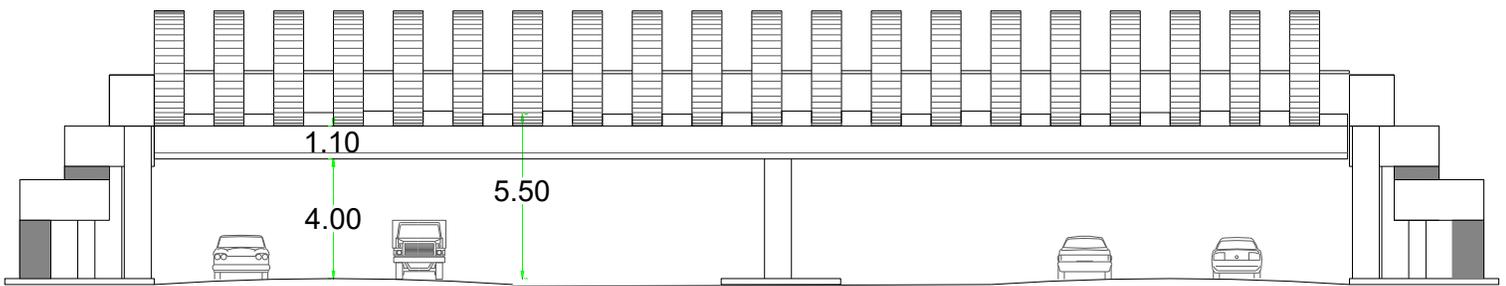


Figura 5.1.- vista alzado de puente peatonal
Fuente: propia con uso de AutoCad 2011

El puente contará con un claro de 28 metros, y una altura de 5.5 metros para libre tránsito de vehículos que alcancen los 4.25 metros de altura de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2-1995, Sobre el peso dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte, el ancho de los escalones será de 1.5 metros.

Contará con dos pilares laterales y uno central de 5.5 metros de altura de acero estructural ASTM A-36, al igual que pilares de apoyo en la parte central del descanso de la escalera, como se muestra en la figura 5.3.

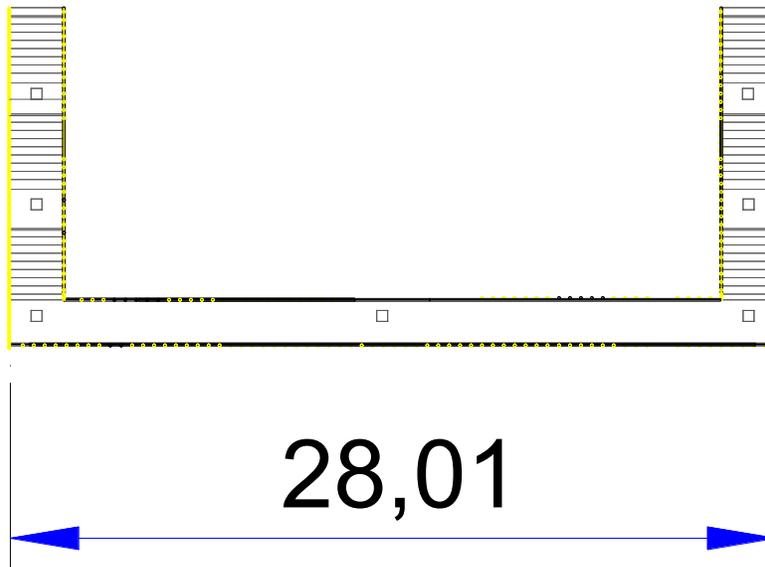


Figura 5.2.- Vista en planta del puente peatonal.
Fuente: Propia con uso de AutoCad2011.

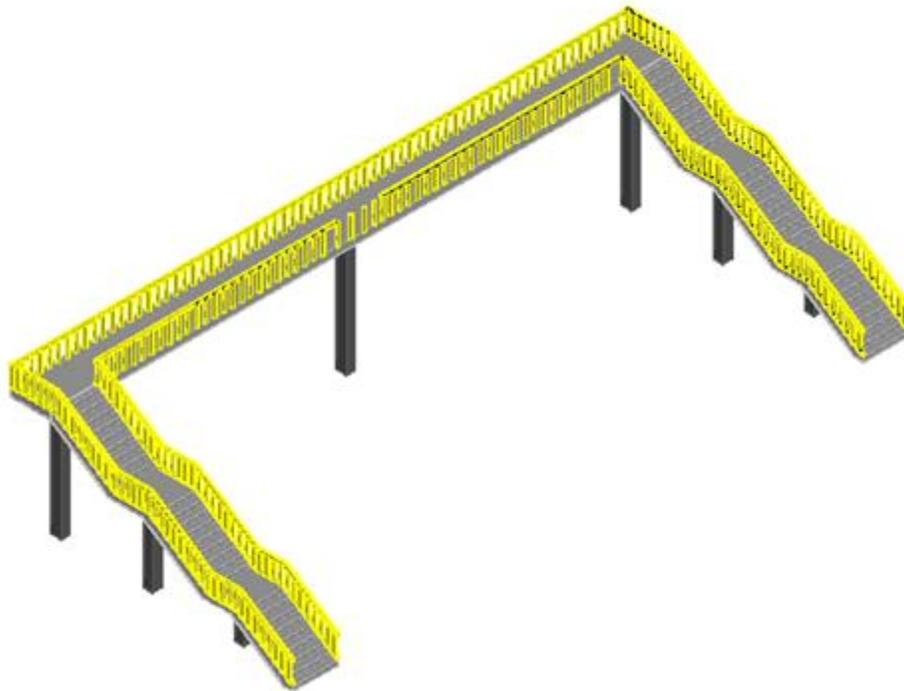


Figura 5.3.- Corte isométrico de puente peatonal.
Fuente: Propia con uso de AutoCad2011.

Se consideran como cargas muertas a los pesos de los elementos que componen la estructura. El cálculo de estas fuerzas se realiza de acuerdo al American Institute of Steel Construction (AISC) teniendo en cuenta el peso indicado por unidad de longitud del elemento.

CARGAS VIVAS Se han considerado para el cálculo del peso de la estructura una sobrecarga de 415 kg/m² de acuerdo al Manual de diseño de puentes, para el cálculo de la masa.

En el proyecto se consideran los siguientes tipos de materiales: CONCRETO: Se utiliza una resistencia de 250 kg/cm² en todos los elementos estructurales de concreto armado. REFUERZO DE ACERO: El acero utilizado tiene un límite de fluencia de $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ ESTRUCTURA METALICA: Se utiliza Acero Estructural ASTM A-36 $F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$.

DETERMINACION DE LAS CARGAS

DATOS:

Carga viva = 500kg/m²

$f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$

Carga viva (concreto fresco)=50kg/m²

$f_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$

La distribución de cargas tiene por finalidad estudiar la influencia de la asimetría de la carga móvil con relación al eje de la sección transversal del tablero. Para fines prácticos es suficiente con idealizar al puente primero como una estructura plana en el sentido longitudinal para determinar los esfuerzos longitudinales y luego efectuar el cálculo transversal del tablero.

Los métodos experimentales para la evaluación de la respuesta dinámica de los puentes involucran varios aspectos, los cuales atienden desde el tipo de excitación empleada hasta la manera en que los resultados son analizados.

5.2. Pre dimensionamiento.

Previamente a la estructuración se deben fijar las dimensiones geométricas de los distintos miembros que forman el sistema estructural. Estas dimensiones se asumen en una primera instancia de acuerdo a criterios y recomendaciones prácticas para posteriormente verificarlas a través del análisis y diseño, solo así estas se convierten en soluciones definitivas.

Para el presente proyecto se ha decidido realizar el cálculo de la estructura en un programa de computadora llamado SAP2000 15 diseñado para cumplir tal propósito.

5.3. Estructuración.

La concepción estructural o estructuración es la etapa principal del diseño estructural, de él depende el comportamiento del puente peatonal, sometido a cargas de gravedad y sobrecargas vivas, esta etapa una vez completa viene a ser la idealización del puente peatonal, a un modelo que representa de la mejor forma el comportamiento de la estructura. Una vez modelada la estructura en el programa antes mencionado, el proceso es puramente Mecánico y la precisión en su solución depende solamente del método a emplearse.

De aquí se concluye que la etapa de concepción estructural es la etapa creativa del diseño, donde se definen las principales características de la estructura tales como forma, ubicación y distribución de los elementos resistentes y su dimensionamiento básico.

Su propósito esencial es de proveer resistencia y en determinadas situaciones rigidez y ductilidad, siempre por los medios más económicos.

SAP

SAP2000 es un programa comercial de cálculo de estructuras basado en el Método de los Elementos Finitos (MEF). El origen de su nombre viene de sus siglas en inglés de Structural Analysis Program (Programa de Análisis Estructural). El SAP2000 es un programa de elementos finitos, con interfaz gráfico 3D orientado a objetos, preparado para realizar, de forma totalmente integrada, la modelación, análisis y dimensionamiento del más amplio conjunto de problemas de ingeniería de estructuras.

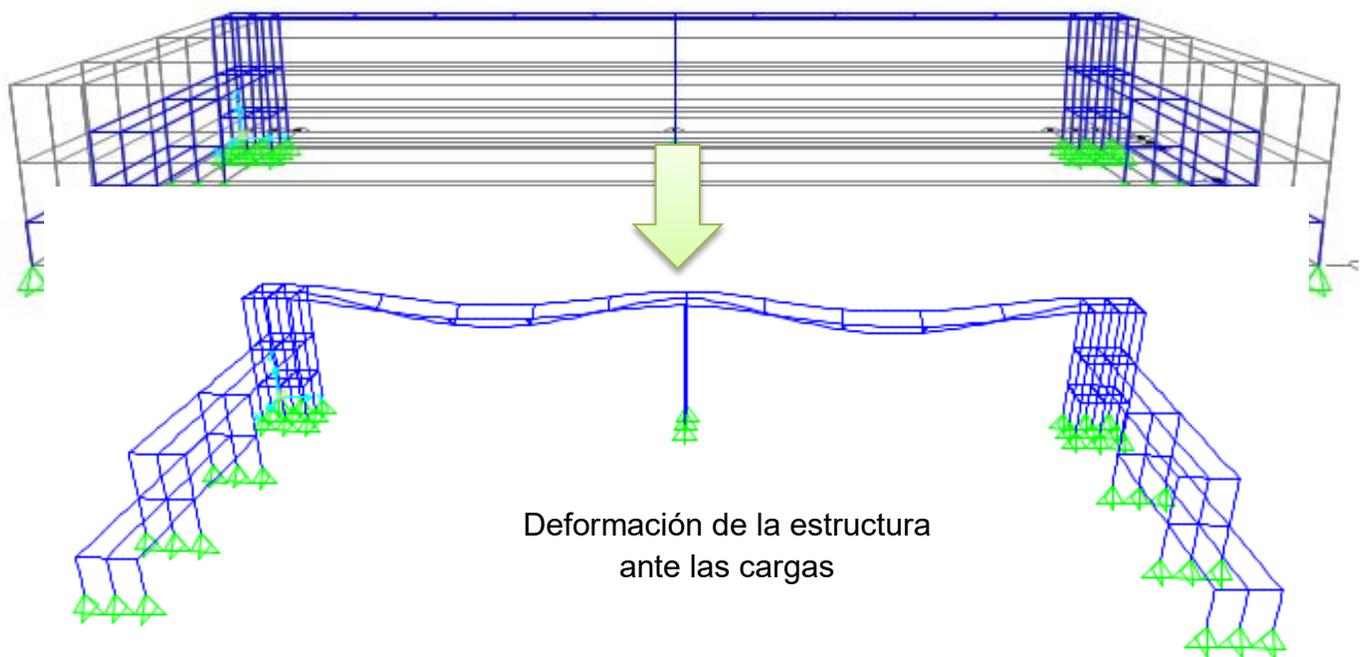
El nombre SAP ha sido sinónimo de métodos analíticos-de-punta desde su introducción hace más de 30 años. SAP2000 sigue en la misma tradición con una interfaz de usuario muy sofisticadas, intuitiva y versátil impulsada por las herramientas de motor y diseño un análisis sin precedentes para ingenieros de trabajo sobre transporte, industrial, obras públicas, deportes y otras instalaciones. De su objeto 3D basado gráfica de entorno a la amplia variedad de análisis y diseño opciones completamente integrada a través de una interfaz de usuario potente, de modelado SAP2000 ha demostrado para ser el propósito general más integrado, productivo y práctico programa estructural en el mercado de hoy.

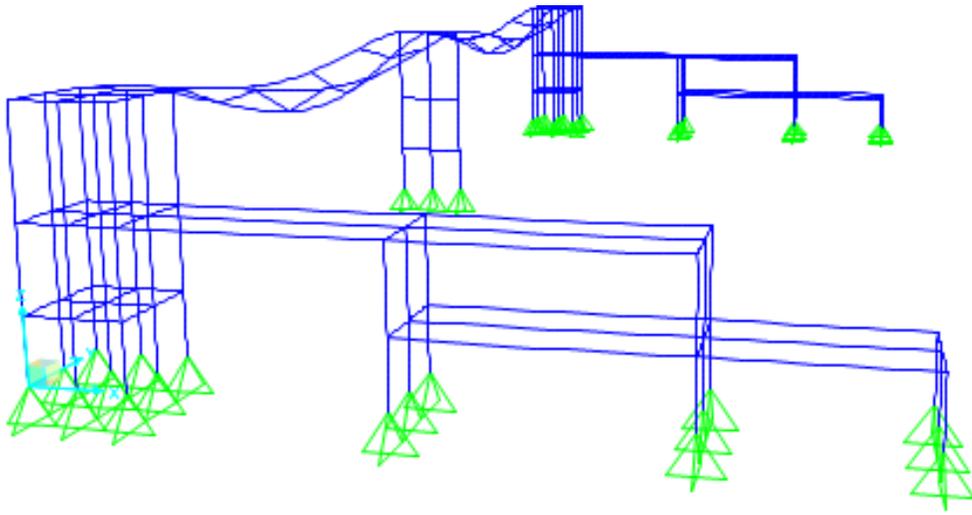
Esta interfaz intuitiva permite crear modelos estructurales intuitivamente y rápidamente sin demoras larga curva de aprendizaje. Ahora usted puede aprovechar el poder de SAP2000 para todas las tareas de análisis y diseño, incluyendo pequeños problemas cotidianos. Modelos complejos pueden ser generados y entrelazados con poderosas plantillas integradas en la interfaz. Las técnicas de analítica avanzada permiten paso a paso grande deformaciones

Analysis, múltiples P-Delta, Eigen y Ritz analysis, análisis de cable, tensión o compresión sólo análisis, análisis pandeo, Blast Analysis, Fast Nonlinear análisis para amortiguadores, Isolators de base y plasticidad de soporte, métodos de energía para el Control Drift y Glomeruloesclerosis de construcción de análisis.

5.4. Comportamiento de la estructura.

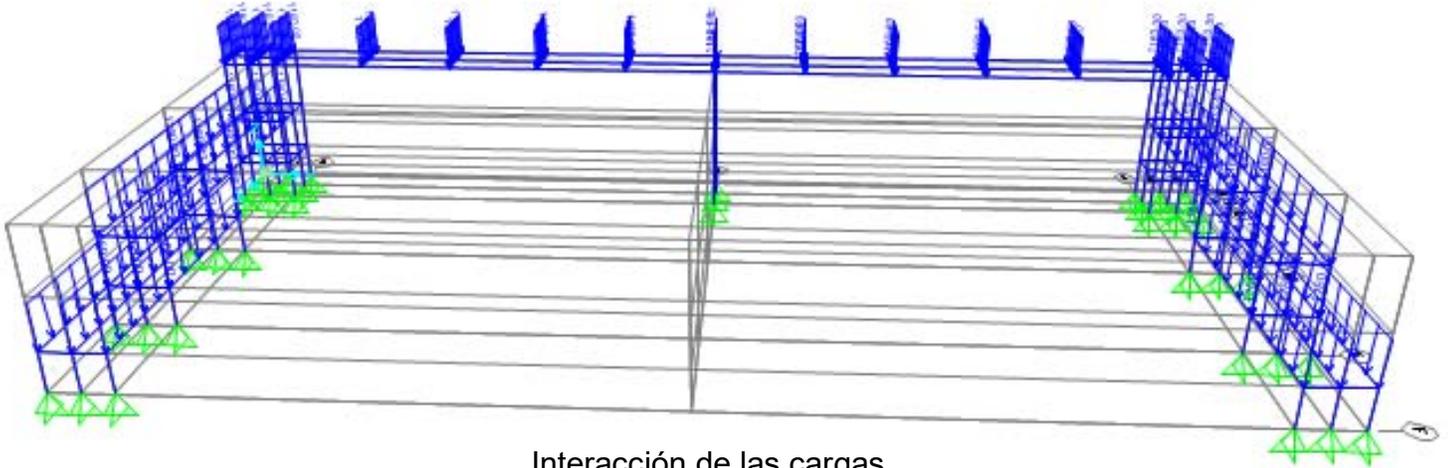
A continuación se muestran los diagramas obtenidos por el programa SAP2000, donde se puede observar con mayor claridad el comportamiento de la estructura en cuestión ante la aplicación de las diversas cargas a las cuales se verá sometida, así como los elementos estructurales más desfavorables ante la aplicación de las mismas.



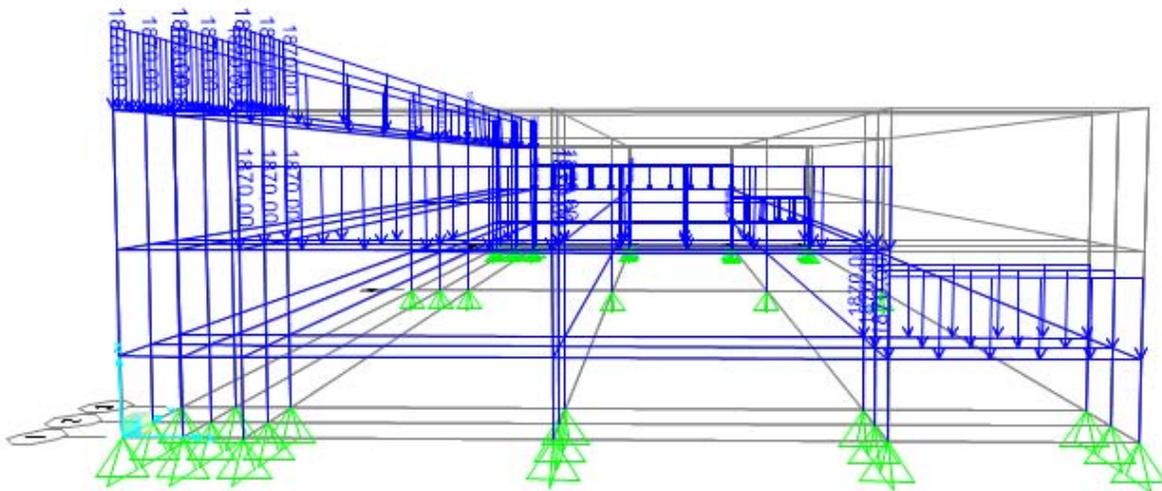


Vista en perfil deformación de la estructura ante las cargas

Cargas sobre la estructura

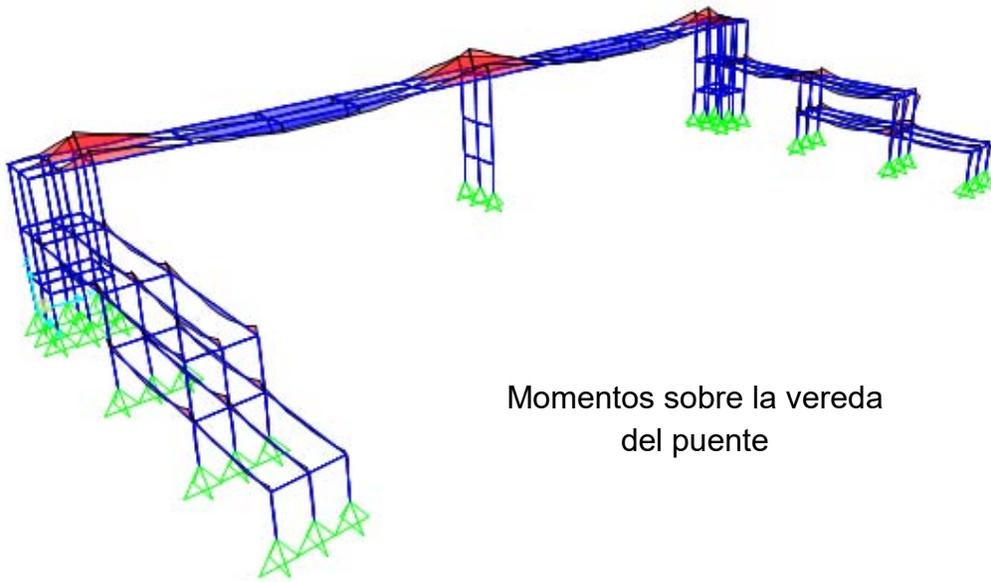


Interacción de las cargas sobre la estructura

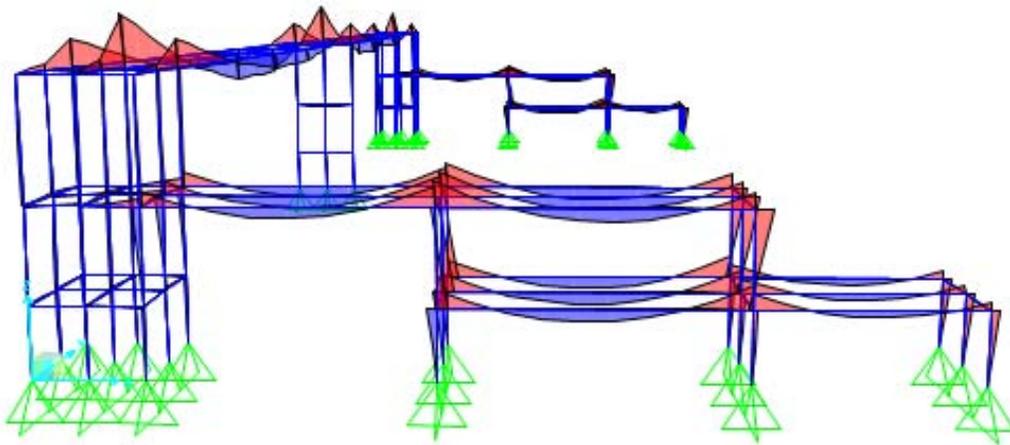


Aplicación de una carga de 1870 kg/m² sobre la estructura

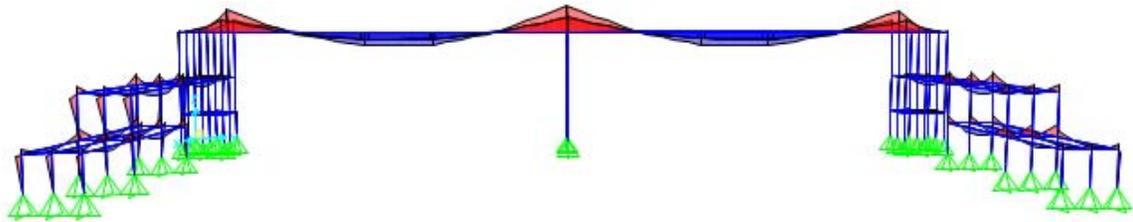
Momentos y cargas axiales



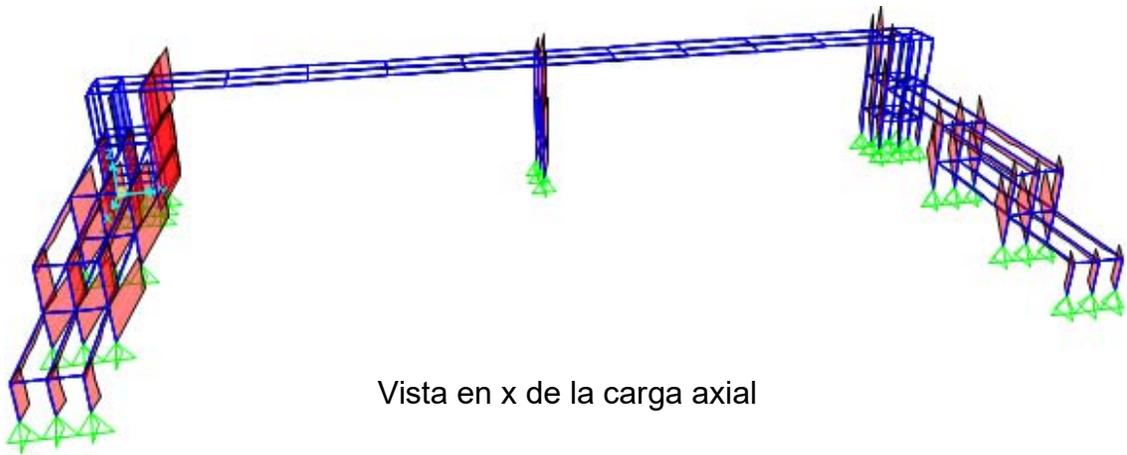
Momentos sobre la vereda del puente



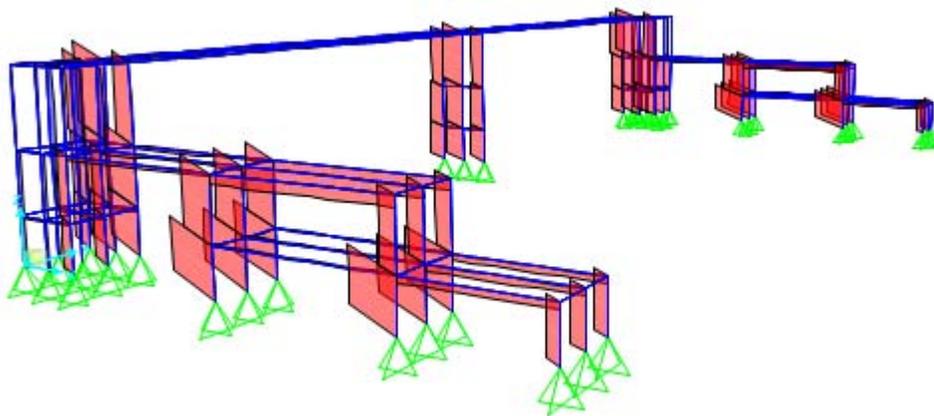
Vista en x de momentos sobre las escaleras y vereda



Vista en x de los momentos
sobre el puente

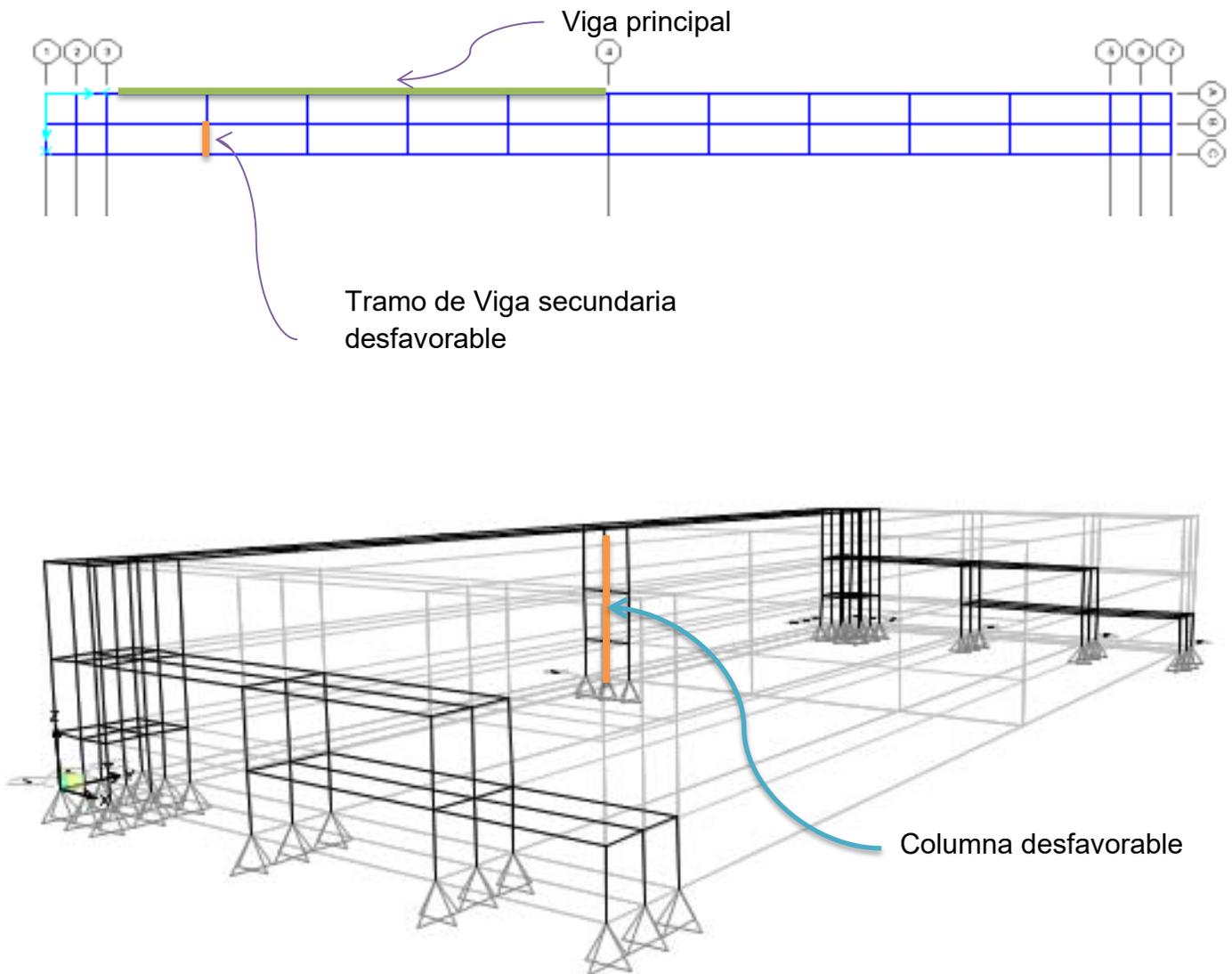


Vista en x de la carga axial



Vista en y de la carga axial

Vigas y columnas más desfavorables



La carga a la que se verá expuesta la estructura será una carga de 1870 kg/m^2 , la finalidad de los diagramas obtenidos es observar con mayor claridad cómo se generan los momentos sobre la estructura, para de esta manera localizar cuáles serán las vigas y columnas más desfavorables ante la interacción de las cargas y así mismo reforzarlas para asegurar seguridad en la estructura.

5.5. Cálculos.

En este apartado se presentarán los cálculos pertinentes para el análisis y diseño de los elementos estructurales propuestos en la realización de la estructura antes mencionada.

Diseño estructural de losa piso de puente peatonal

Volumen de Concreto					
Losacero Sección 4(M ³ /M ²)					
Espesor de concreto sobre la cresta	5cm	6cm	8cm	10cm	12cm
Volumen	0.085	0.095	0.115	0.135	0.155

DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS	
Datos:	
Carga viva=	415 kg/m ²
f'c=	250 kg/cm ²
Carga viva del concreto=	50 kg/cm ²
fy=	2530 kg/cm ²

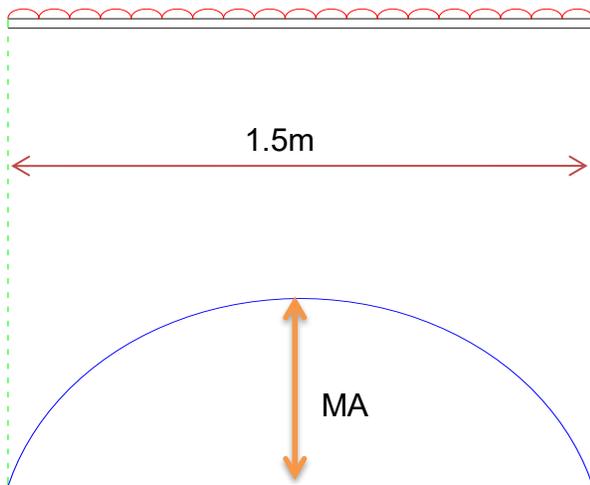
Ahora bien, se tiene una propuesta de separación de apoyos de 3.00mts, así como la idea de implementar losacero de lámina calibre 18 con 10cm de espesor del concreto superior a la cresta, además de recomendar al constructor la colocación de conectores, por lo tanto, con estos datos y con la tabla de cargas admisibles del fabricante del sistema que se está considerando se tiene que:

Solución condición concreto fresco:

Análisis de cargas

	peso propio de la viga	-----	30 kg/cm ²	0.030 tn/m ²
suponiendo	75 kg/m			
área				
tributaria	3 m ²			
	peso losa concreto de 10 cm	-----		0.284 tn/m ²
	peso lámina sin concreto	-----		0.013 tn/m ²
	carga viva	-----		0.050 tn/m ²
			suma	0.3761 tn/m²

* Esta carga se estimó cuando el concreto, estando aún sin fraguar, pueda recibir alguna carga por concepto de peso de personas o de algún material que se apoye sobre la losa.



$$WA = \text{Atrib X } 0.3839 = 0.96 \text{ tn/m}$$

$$MA = \frac{wA * L^2}{8} = 0.27 \text{ ton*m}$$

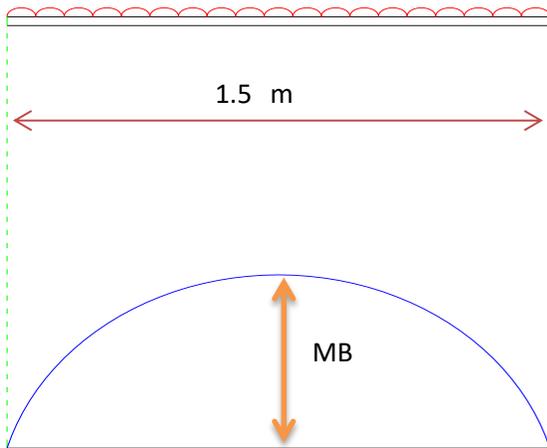
$$MA = 0.27 \text{ ton*m}$$

Condición (concreto fraguado)

Análisis de cargas:

peso losa de concreto	-----	0.284
peso propio de viga		0.030
carga viva	-----	0.415
peso lámina sin concreto	-----	0.013
		0.741

suma



$$WB = \text{Atrib} \times 0.741 = 1.85 \text{ tn/m}$$

$$MB = \frac{wB \cdot L^2}{8} = 0.52 \text{ ton}\cdot\text{m}$$

$$\mathbf{MB = 0.52 \text{ ton}\cdot\text{m}}$$

A continuación se calculará ¿cuál sería la solución para la viga sin considerar la contribución de la losa de concreto al trabajo de la viga de acero? Si consideramos sección compacta: $F_b = 0.66$ $f_y = 1670 \text{ kg/cm}^2$

$$S_{req} = \frac{MB}{F_b} = \frac{52107.89}{1670} = 31 \text{ cm}^3$$

IPS	3					
peso =	8.48	kg/m	área =	10.58	cm ²	
Sx=	27.4	cm ³	Ix=	104.1	cm ⁴	
d alma =	76.2	mm	b patín=	59.18	mm	
tw alma=	4.32	mm	tf patín=	6.6	mm	
			Iy=	19.1	cm ⁴	

Revisión sección compacta:

1) si cumple. Ya que los patines deberán estar conectados en forma continua con el alma

$$2) \text{Patín } b/t \leq \frac{440}{\sqrt{2530}} = 8.8$$

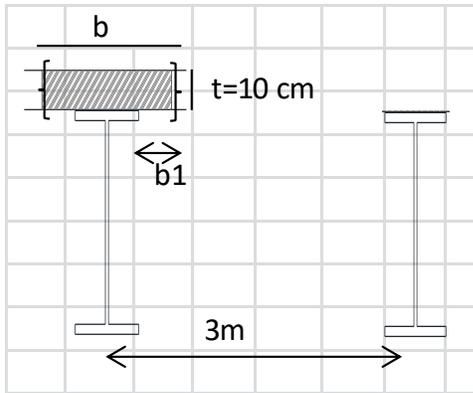
$$\frac{b/2}{t_f} = \frac{3}{6.6} = 1.3 < 8.8 \quad \underline{\underline{\text{CORRECTO}}}$$

$$3) \text{Alma } \frac{d}{t} = \frac{3450}{\sqrt{f_y}} = 69$$

$$\frac{d}{t_w} = \frac{7.62}{0.432} = 17.64 < 69 \quad \underline{\underline{\text{CORRECTO}}}$$

4) Sujeción lateral si la cumple

Ancho de losa que ayudará al trabajo de la viga de acero: (artículo 357)



$$b \leq \frac{\text{CLARO}}{4} = \frac{150}{4} = 37.50 \text{ CM}$$

$$b1 \leq \left[\frac{250}{2} - \frac{5.9}{2} \right] \cdot 3 = 122$$

$$b = 250$$

$$b1 \leq 8t ; 8t = 8 \times 10 = 80 \quad b = 80 + 80 + 10.2 = 170.2 \quad \text{RIGE}$$

$$b = 170$$

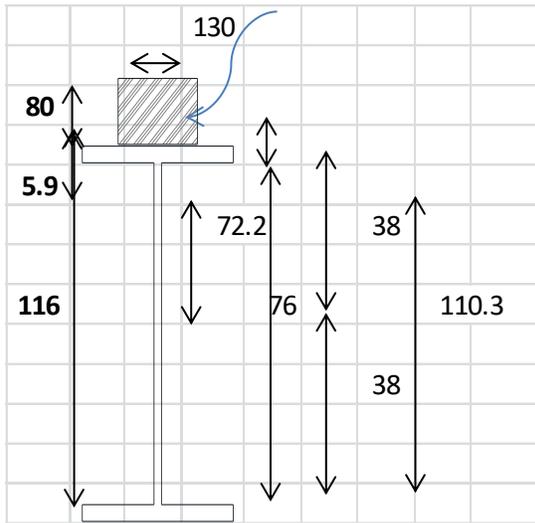
SECCIÓN EQUIVALENTE DE ACERO

Para transformar el área de la losa de concreto en un área equivalente de acero, se procede en igual forma que se hace en el concreto, utilizando la relación entre módulos de elasticidad del acero y del concreto η

$$\eta = \frac{E_s}{E_c} \quad \eta = \frac{2100000}{10000 \sqrt{f_c}} = 13 \quad \eta = 13.282$$

$$b_s = \frac{b}{\eta} = \frac{170.2}{13.282} = 12.815 \quad b_s = 13$$

SECCIÓN EQUIVALENTE DE ACERO= 130 CM²



$$I = 104 \text{ cm}^4$$

$$A = 11 \text{ cm}^2$$

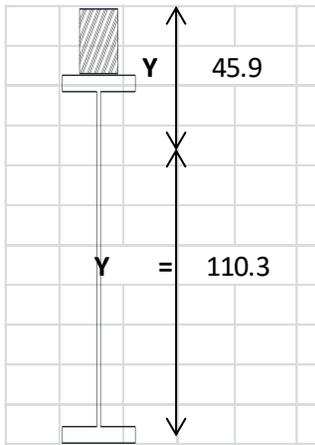
POSICIÓN DEL CENTRO DE GRAVEDAD DEL CONJUNTO TOMANDO MOMENTOS RESPECTO AL EJE X"

$$\bar{y} = \frac{(A_{\text{patin}} \times d/2) + (b_{\text{viga}} \times (d + b/2))}{55.03 + 110} = 11.03$$

VALOR DE Ix:

$$I_x = 45 + 555 + 552 = 1255.54 \text{ cm}^4$$

A continuación se determinarán los esfuerzos máximos de tensión en el acero y de compresión en el concreto que se presentan bajo la acción del momento flexionante máximo (MÉTODO ELÁSTICO)



Esfuerzo máximo de tensión en ①

$$f_t \text{ ①} = \frac{MB}{SB} = \frac{52107.89}{113.8064} = 457.86$$

Esfuerzo máximo de compresión en ②

$$f_a \text{ ②} = \frac{MB}{SB} = \frac{52107.89}{3634.767} = 14.34$$

Se multiplica por n para regresar a la sección de concreto

$$f_t \text{ ①} = 457.86 \text{ kg/cm}^2 \text{ (tensión)} > 0.66f_y \quad 1670 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_a \text{ ②} = 14.34 \text{ kg/cm}^2 \text{ (compresión)} < 0.5f'_c \quad 125 \text{ kg/cm}^2$$

Comprobando con lo que señala el artículo 358 del reglamento, que está basado en el método plástico, en el cual, se calcula el momento resistente de la sección transformada.

Art. 358.

$$a = \frac{Asf_y}{.85 f'_c \cdot b} = \frac{26767.4}{25317.25} = 1.06 < 8 \text{ cm}$$

a= profundidad del eje neutro. Cae dentro de la losa de concreto

$$f^*c = 0.7 \times f'_c = 175$$

$$FR = 0.9$$

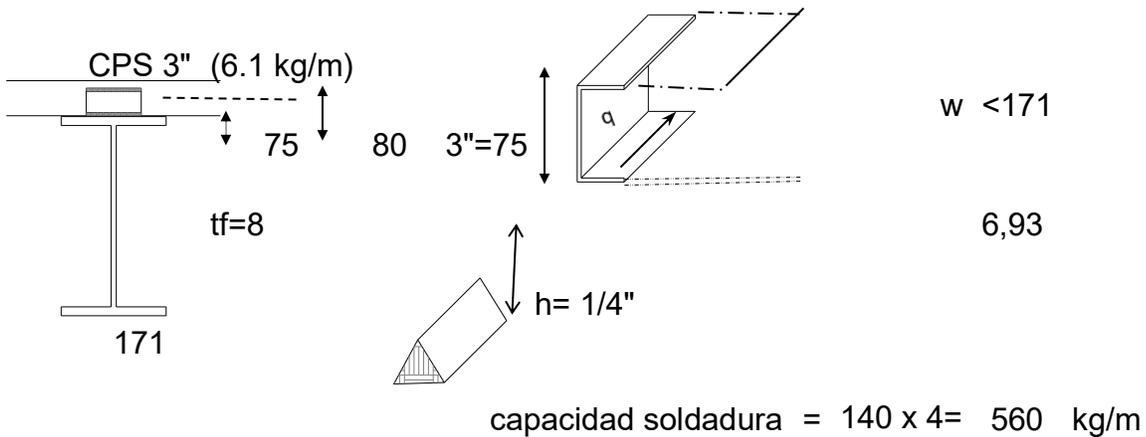
$$MR = (FR)(AS)fy(0.5d+t-0.5a) = 271775.42 \text{ kg-cm}$$

$$MR = 271775.42 > 52657.03125 \text{ kg-cm}$$

Solución:

IPS 3			
peso =	8.48	kg/m	área = 10.58 cm ²
Sx =	27.4	cm ³	Ix = 104.1 cm ⁴
d alma =	76.2	mm	b patín = 59.18 mm
tw alma =	4	mm	tf patín = 6.6 mm
			Iy = 19.1 cm ⁴

Diseño de los conectores usando canales



$$w < 171$$

$$6,93$$

$$\text{capacidad soldadura} = 140 \times 4 = 560 \text{ kg/m}$$

$$W = 10 \text{ kg (ver tabla 360-1)}$$

$$q = 1410w \text{ reglamento)}$$

$$q = 14100 \text{ kg (para } w=8)$$

valor de V_h

$$V_h = 0.85f_c A_c = 0.85 \times 250 \times 170 \times 10 = 361250 \quad \text{kg}$$

$$V_h = A_s f_y = 10.58 \times 2530 = 26767.4 \quad \text{kg} \quad \text{rige el menor}$$

$$\text{Número de conectores} = \frac{1026767.4}{14100} = 1.89 = 2$$

Por lo tanto el número de conectores = 2



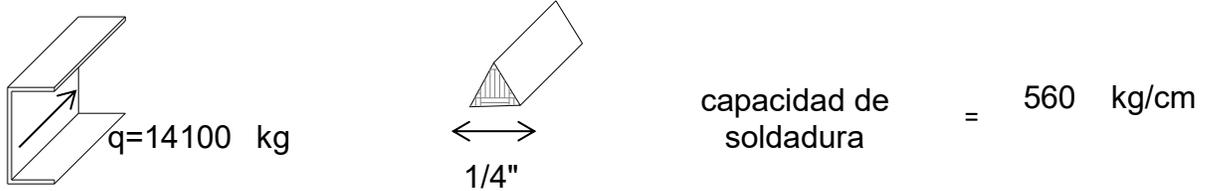
Recuérdese que el número de conectores encontrados es para colocarse entre el punto de momento cero y el punto de momento máximo.

Distribución de los conectores en la viga

$$S = 150/4 = 37.50 \text{ cm@}$$

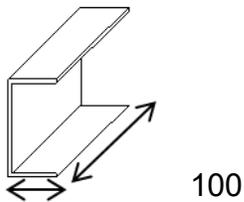
si se dejan 2 espacios de 38cm : 0,76 m
1 espacio de 74
cm : $\frac{0,74}{1,5}$ m

Cálculo de la soldadura para unir los conectores al patín



capacidad de soldadura = 560 kg/cm

$$\text{Long. Soldadura} = \frac{q}{c} = \frac{14100}{560} = 25,18 = 25,2 \text{ cm}$$



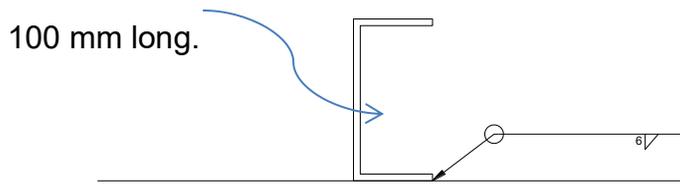
longitud disponible para alojar la soldadura

$$L \text{ disp.} = (10 + 3.6)2 = 27,2 \text{ cm} > 25,2\text{cm}$$

36

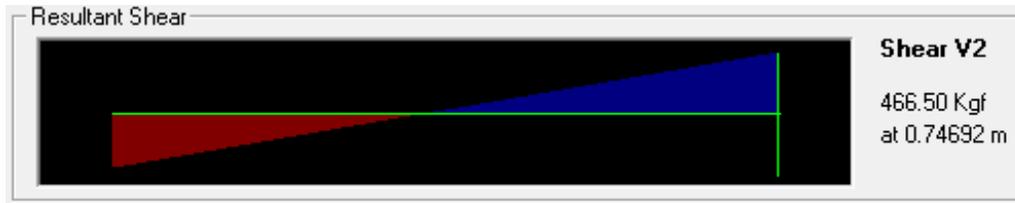
Como el espacio que quedaría sin soldadura es muy pequeño, se preferirá colocar la soldadura "todo alrededor".

CPS 3" (6.10 kg/m)



Diseño de vigas primarias

Diseño para vigas primarias en el centro de la estructura

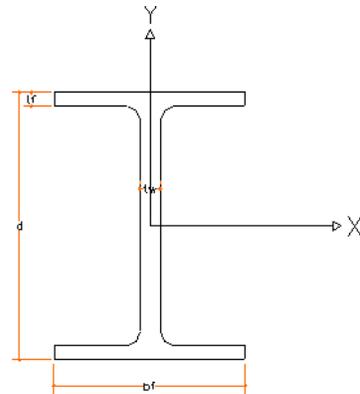


Si se considera sección compacta: $F_b = 0.66f_y = 1670$

$$S_x = \frac{MB}{F_b} = \frac{466.5}{1670} = 27.94 \text{ cm}^3$$

MB fue obtenido de un programa de computadora diseñado para el cálculo de estructuras, denominado SAP2000 v15.

IPS	3			
peso =	8.48	kg/m	área =	10.58
				cm ²
Sx=	27.4	cm ³	Ix=	104.1
				cm ⁴
d alma =	76.2	mm	b patín=	59.18
				mm
tw alma=	4.32	mm	tf patín=	6.6
				mm
			ly=	19.1
				cm ⁴



Revisión sección compacta

1) Sí cumple. Ya que los patines deberán estar conectados en forma continua con el alma.

2) $b/t \leq \frac{440}{\sqrt{2530}} = 8.8$

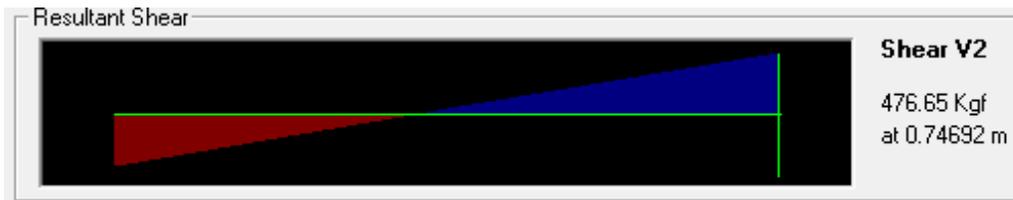
$$\frac{b/2}{t_f} = \frac{29.59}{6.6} = 4.4833 < 8.75 \quad \underline{\underline{\text{CORRECTO}}}$$

$$3) \text{ Alma } \frac{d}{t} = \frac{3450}{\sqrt{f_y}} = 69$$

$$\frac{d}{t_w} = \frac{76.2}{4.32} = 17.639 < 68.59 \quad \underline{\underline{\text{CORRECTO}}}$$

3) sujeción lateral si la cumple

DISEÑO PARA VIGAS PRIMARIAS EN LAS ORILLAS



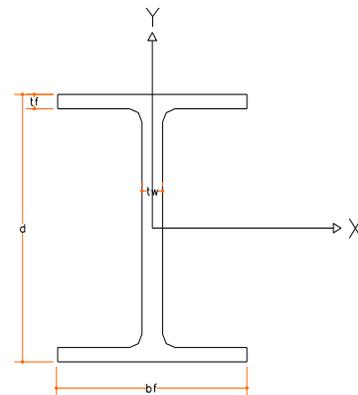
Si consideramos sección compacta:

$$F_b = 0.66f_y = 1670$$

$$S_x = \frac{MB}{F_b} = \frac{476.65}{1670} = 28.545 \text{ cm}^3$$

MB fue obtenido de un programa de computadora diseñado para el cálculo de estructuras, denominado SAP 2000 v15.

IPS	3				
peso =	11.16	kg/m	área =	14	cm ²
Sx =	31.7	cm ³	Ix =	120.7	cm ⁴
d alma =	76.2	mm	b patín =	63.73	mm
t _w alma =	8.86	mm	t _f patín =	6.6	mm
			I _y =	24.6	cm ⁴



Revisión sección compacta:

1) Si cumple. Ya que los patines deberán estar conectados en forma continua con el alma.

$$2) \text{ Patín } b/t \leq \frac{440}{\sqrt{2530}} = 8.8$$

$$\frac{b/2}{t_f} = \frac{31.865}{6.6} = 4.83 < 8.75 \underline{\underline{\text{CORRECTO}}}$$

$$3) \text{ Alma } \frac{d}{t} = \frac{3450}{\sqrt{f_y}} = 69$$

$$\frac{d}{t_w} = \frac{76.2}{8.86} = 8.6005 < 68.59 \underline{\underline{\text{CORRECTO}}}$$

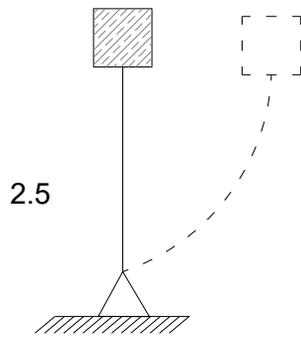
4) Sujeción lateral si la cumple

DISEÑO DE COLUMNAS

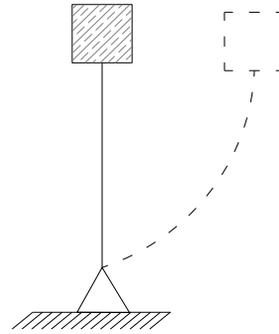
Se requiere admitir una carga de 120 TON, para lo cual se debe diseñar una columna IPR.

a) Valores de K y orientación del perfil.

El perfil se orientará de manera que su eje de menor momento de inercia sea normal al plano impedido.



$$K1= 2.00$$



b) relación de esbeltez

$$\lambda1= \frac{k1h}{rx} = \frac{2.0 \times 250}{rx} = \frac{500}{rx}$$

$$K2= 2.0$$

$$\lambda2= \frac{k2h}{ry} = \frac{2.0 \times 250}{ry} = \frac{500}{ry}$$

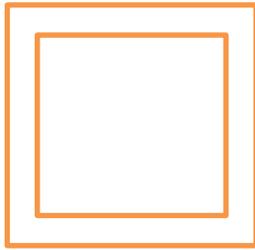
Se desconocen los valores rx , ry y en consecuencia $\lambda1$ y $\lambda2$. Lo ideal sería:

$\lambda1= \lambda2 \leq 200$ entonces se proponen $\lambda1$ y $\lambda2= 30$ para hacer una preselección del perfil en función de rx y ry .

$$\lambda1= \frac{500}{rx} \quad rx = \frac{500}{30} = 16.7\text{cm}$$

$$\lambda2= \frac{500}{ry} \quad ry= \frac{500}{30} = 16.7\text{cm}$$

Atendiendo al Manual de Diseño (Auxiliar Didáctico de la clase Diseño Estructural II), se propondrá un perfil de acero estructural cuadrado de 80 mm de espesor (peso 7.07 kg/m) con las características siguientes:

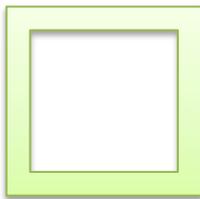


$$\begin{aligned}
 A &= 9.01 \text{ cm}^2 \\
 d &= 0.3 \text{ cm} \\
 b &= 0.3 \text{ cm} \\
 t_f &= 0.3 \text{ cm} \\
 t_w &= 0.3 \text{ cm} \\
 r_x &= 3.12 \text{ cm} \\
 r_y &= 3.12 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

c) Verificación del pandeo local

Para viga I

relaciones b/t



$$\text{patín} = \frac{b/2}{t_f} = \frac{0.15}{0.3} = 0.50$$

$$\text{alma} = \frac{d}{t_w} = \frac{0.3}{0.3} = 1.00$$

Relaciones b/t de la tabla 322-I $f_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$ elementos no atiesados Caso

A1.

$$\frac{b}{t} \leq \frac{640}{\sqrt{f_y}} = \frac{640}{50.299} = 12.72$$

Columna $0.50 < 12.72$, por lo anterior la columna no presentará pandeo local prematuro.

d) Esfuerzo de compresión permisible

$$I1 = \frac{500}{r_x} = \frac{500}{3.12} = 160.26$$

$$I2 = \frac{500}{r_y} = \frac{500}{3.12} = 160.26 \text{ RIGE}$$

$$\left. \frac{KL}{r} \right]_c = \frac{6340}{\sqrt{f_y}} = \frac{6340}{50.30} = 126.05$$

∴ el esfuerzo permisible será el dado por la ecuación 324-I

Columna larga con pandeo elástico (324-I)

$$F_a = \frac{12 \pi^2 E}{23 (KL/r)^2}$$

$$F_a = \frac{12 \pi^2 (2.1 \times 10^6)}{23 \cdot 25682.12} = 421.06 \text{ kg/cm}^2$$

$$\therefore PR = A \times F_a$$

$$PR = 9.01 \times 421.06$$

$$PR = 3793.7 \text{ kg}$$

$$PR = 3.7937 \text{ ton}$$

Verificación de la tolerancia

$$T = \left(\frac{PR}{P} - 1 \right) \times 100 = \left(\frac{3.7937}{120} - 1 \right) 100 = -96.84 > 10\%$$

Tomando en cuenta los cálculos presentados anteriormente se pueden establecer el diseño de las dimensiones que tendrá la estructura, de igual manera el calibre y tipo de elementos estructurales que se utilizarán en la elaboración de ésta.

Los conectores que se emplearán y el tamaño de la junta empleada para unir los elementos, también se muestran en los cálculos anteriormente realizados.

CONCLUSIONES

Luego de realizar la presente investigación, se dan a conocer los resultados obtenidos mediante el análisis e investigación acerca del tema análisis y diseño estructural de puente peatonal en el cruce al fraccionamiento “San José de La Mina” en Uruapan Mich.

El objetivo general de la presente, era analizar y diseñar la estructura de un puente peatonal en el cruce al fraccionamiento “San José de la mina”, el cual se cumplió basándose en las normas establecidas para la construcción de puentes dada por el RCDF y las normas oficiales mexicanas y analizando la estructura en el programa especializado para este caso, denominado SAP2000 15.

Para llevar a cabo el análisis de la estructura en tal programa, se inició por establecer las cargas a las que será sometida la estructura durante su tiempo de vida útil, posteriormente se modela la estructura en el programa para simular las deformaciones y el comportamiento que éstas provocarán en la estructura.

De igual manera, al inicio de la investigación se plantearon una serie de objetivos particulares, los cuales eran:

Definir el tipo de puentes peatonales que se construyen en México: después de realizar los estudios necesarios, se determinó que la mayoría de los puentes construidos en México, son puentes de concreto y se observó que pocos de los puentes peatonales que se construyen, están construidos en base a las especificaciones de diseño que se requieren para seguridad y libre tránsito del peatón.

Establecer la importancia de la construcción y uso de puentes peatonales: En base al análisis, se obtuvo que realizar la construcción de puentes peatonales en zonas de alto riesgo es una buena medida de seguridad que beneficia a ambas partes, peatón y chofer, puesto que al existir éstos, el peatón ya no tiene que estar arriesgando su vida corriendo de un extremo a otro para cruzar una calle o avenida, de igual forma el chofer no pone en riesgo su seguridad y la de terceros al esquivar bruscamente para evitar atropellar a los peatones que cruzan inconscientemente la avenida.

Determinar la carga viva estimada, para determinar análisis de cargas en el diseño: De acuerdo con el manual de diseño de puentes, para el cálculo de la masa se estima una sobrecarga de 415 kg/m^2

Definir el concepto de análisis estructural: Recordando lo citado en el capítulo 2 se tiene que “El Análisis Estructural, es una ciencia que se encarga de la elaboración de métodos de cálculo, para determinar la resistencia, rigidez, estabilidad, durabilidad y seguridad de las estructuras, obteniéndose los valores necesarios para un diseño económico y seguro.” (Villarreal Castro; 2009:4)

Normas o requisitos para el diseño estructural de puentes peatonales: las normas de diseño para los puentes peatonales en México varían dependiendo la región, sin embargo los requisitos son los mismos para toda la República, las dimensiones de la acera, y los señalamientos son esenciales en cualquier parte puesto que siempre habrá personas invidentes o minusválidas.

Diseño estructural del puente peatonal “San José de la Mina”: El puente contara con un claro de 28 metros, y una altura de 4 metros para libre tránsito de vehículos que rebasen los 2 metros de altura y que posean sobre-carga, el ancho de los escalones será de 1.5 metros. Contará con dos pilares laterales y uno central de 5 metros de altura de acero estructural ASTM A-36, al igual que pilares de apoyo en la parte central del descanso de la escalera.

Entonces se tiene que los elementos a utilizarse en la fabricación del puente peatonal serán:

Lámina de losacero calibre 18, viga IPS3, conectores de canal CPS 3” y para columnas perfil IPR de 80 mm de espesor.

Cómo conclusión a estos se puede decir que la mayoría de los tipos de puentes peatonales que se construyen en México, aunque no están mal calculados, si están mal diseñados puesto que no cumplen con los requisitos que el RCDF y las normas oficiales mexicanas establecen.

Cabe mencionar que en México no se cuenta con la cultura del uso de puentes peatonales, aunque estos estén contruidos, el peatón prefiere siempre utilizar la vía fácil y cómoda de transitar por debajo de ellos aunque esto implique poner en riesgo su seguridad o en extremo caso su vida.

Y finalmente englobando los últimos cuatro objetivos se puede decir que de no haber tomado en cuenta alguno de ellos, no se hubiese podido realizar el cálculo para el diseño del proyecto correctamente.

Al culminar con el proyecto de investigación y diseño, se pretendía dar respuesta a la siguiente pregunta ¿Cuál es el diseño estructural idóneo para la realización de un puente peatonal?

La respuesta a la pregunta de investigación en cuestión, como ya se mencionó anteriormente, es que el diseño está normado conforme a la zona y/o estado donde se desee construir y esta aunado a cumplir con ciertas características y requerimientos que le brinden confianza, seguridad y que sea agradable a la vista del peatón, para crear en él la necesidad de transitarlo.

Lo más relevante encontrado durante la investigación para el diseño de la estructura del puente peatonal en el cruce al fraccionamiento “San José de la mina”, es ver que el RCDF y las normas establecen como especificaciones para éste y todas las obras de pasos peatonales, elementos para la seguridad y comodidad de las personas invidentes, y que en México ninguna de las obras que se construyen o que se han construido, cuenta con estos requerimientos.

BIBLIOGRAFÍAS

AHMSA International Inc. (2013)

Manual de Diseño para la Construcción con Acero

Ed. Limusa, México

Alford B., Johnson (2012)

Construcción de puentes de acero: Mitos y Realidades

ED. Limusa, México

American Welding Society (2010)

Código de Soldadura Estructural- Acero

Ed. Le Jeune Road, Miami

Arnal Simón, Luis (2011)

Compendio de Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal

Ed. Trillas, México

Azrak Cherem, David (1963)

Proyecto definitivo de un puente carretero en el kilómetro 38+840 del camino costero del pacífico, para cruzar el río Escobillero en el tramo Playa Azul-Cerro de Ortega, con origen en La Placita, Mich.

Tesis inédita de la escuela de Ingeniería Civil, de la Universidad UNAM, en la ciudad de México

Cuellar Jaramillo, Eden Richelieu y Hernández Cruz, Ernesto (2009)

Proyecto del puente vehicular “El Bejuco” de la carretera Tepic- Mazatlán tramo Ent. San Blas- Villa Unión Km 62+745.00 origen en Tepic Nayarit

Tesis inédita de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura unidad Zacatenco, de la universidad IPN en Zacatenco, México D.F.

Hernández Sampieri, Roberto y Cols. (2004)

Metodología de la investigación

Ed. Mc Graw Hill, México

IMCA (2014)

Manual de Construcción en Acero 5ª edición

Ed. Limusa, México

Jerez Castillo, Sandra Milena (2001)

Manual de diseño de infraestructura peatonal urbana

Compilación de libros para la escuela de Transporte y Vías, España

Luna Esquivel, Diego Juvenal (2014)

Análisis y diseño estructural en acero para una nave industrial en un empaque de aguacate en Uruapan, Mich.

Tesis inédita de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Don Vasco en Uruapan, Michocán.

Manual de diseño de puentes (2010)

Ed. Macro, Lima Perú

Meli Piralla, Roberto (2008)

Diseño estructural

Ed. Limusa, México

Mendieta Alatorre (2005)

Introducción a la Metodología de la Investigación

Ed. Porrúa, México

Nilson, Arthur H. (2001)

Diseño de estructuras de concreto

Ed. Mc Graw Hill, Colombia

Talavera Montiel, Fernando (1998)

Manual de Diseño (Auxiliar didáctico de la clase de Diseño Estructural II)

Ed. Casa del Lago, México

Tamayo y Tamayo, Mario (2000)

El proceso de la investigación científica

Ed. Limusa, México

Villareal Castro, Genner (2009)

Análisis estructural

Asamblea Nacional de Rectores, Lima Perú

HEMEROGRAFÍA

Peraza Sánchez, Fernando (2008)

Puentes

Revista "AITIM"; 255: 48-57

OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN

<http://detallesconstructivos.cype.es/CCM012.html>

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10618968004>

<http://www.merle.es/images/zapata-combinada.JPG>

[http://1.bp.blogspot.com/-
BQV53ZrK10I/TtZzyABYOhI/AAAAAAAAABYM/k1aKXR8YM3s/s400/z2.bmp](http://1.bp.blogspot.com/-BQV53ZrK10I/TtZzyABYOhI/AAAAAAAAABYM/k1aKXR8YM3s/s400/z2.bmp)

<http://es.wikipedia.org/wiki/Uruapan>

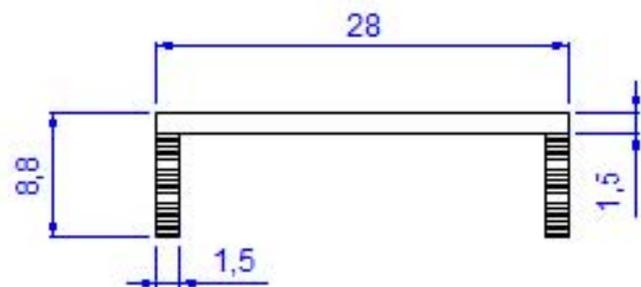
[https://www.google.com.mx/maps/place/San+Jos%C3%A9+de+La+Mina,+Uruapan,+
MICH/@19.4330741,-
102.0255214,17z/data=!3m1!4b1!4m2!3m1!1s0x842de3cb40a1d52d:0x8c4cef8ed9a4
21a5](https://www.google.com.mx/maps/place/San+Jos%C3%A9+de+La+Mina,+Uruapan,+MICH/@19.4330741,-102.0255214,17z/data=!3m1!4b1!4m2!3m1!1s0x842de3cb40a1d52d:0x8c4cef8ed9a421a5)

[http://www.mundoconstructor.com.ec/noticias/827-materiales-la-base-de-la-
construccion.html](http://www.mundoconstructor.com.ec/noticias/827-materiales-la-base-de-la-construccion.html)

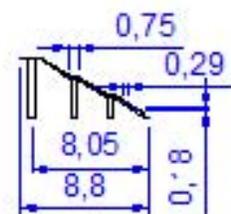
<http://imgs.wke.es/1/6/4/1/im0000191641.jpg>

<http://www.arqhys.com/contenidos/clasificacion-soldaduras.html>

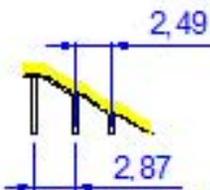
ANEXOS



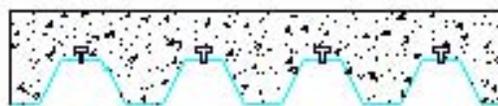
VISTA EN PLANTA



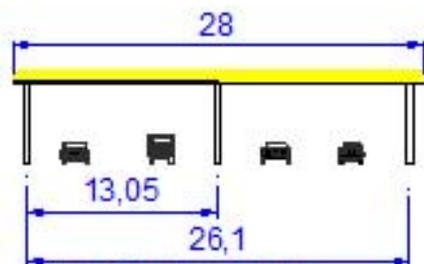
DETALLE DE ESCALERA



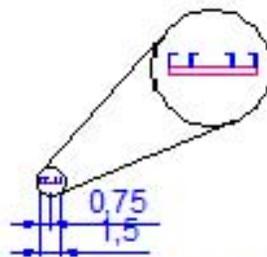
CORTE LONGITUDINAL



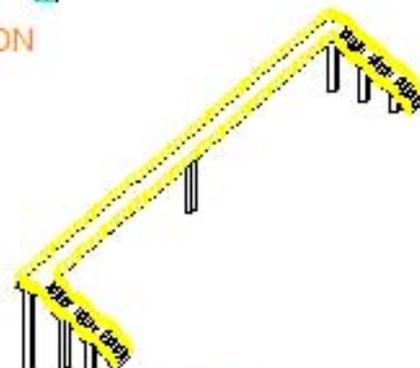
DETALLE DE LOSACERO CON CONCRETO



VISTA LATERAL



DETALLE DE CONECTORES



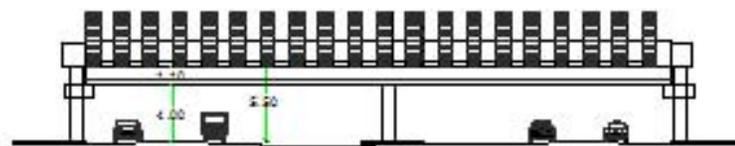
ISOMÉTRICO



DETALLE SEPARACIÓN DE APOYOS



SOLDADURA



FACHADA