



UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.

Incorporación No. 8727-15

A la Universidad Nacional Autónoma de México.

Escuela de Ingeniería Civil

DETERMINACIÓN DE LOS DIAGRAMAS DE
INTERACCIÓN PARA OPTIMIZAR COSTOS Y
RESISTENCIAS EN EL DISEÑO DE TRABES Y
COLUMNAS DE CONCRETO REFORZADO.

Tesis

que para obtener el título de

Ingeniero Civil

Presenta:

Arturo Chávez Quesada

Asesor: M.I. Luis Arturo Muñoz Galindo

Uruapan, Michoacán, a 28 de Marzo del 2017.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

AGRADECIMIENTOS.

Primeramente agradecer a Dios, por darme un día más de seguir viviendo y disfrutando de cada momento en el transcurso de la vida que he tenido.

A mis padres, Arturo Chávez Rodríguez y a mi madre África Benet Quesada Ruíz, por brindarme la oportunidad de cumplir una de las metas más anheladas en mi vida, la de poder concluir una carrera universitaria y para mí es un orgullo graduarme como ingeniero civil, sin su apoyo éste día no podría haber llegado, me siento orgulloso de ser su hijo, a mi hermana Laura Chávez Quesada por apoyarme en momentos de angustia o desesperación.

A mi compañera María de Los Ángeles González Sánchez, por brindarme apoyo en la realización de dicha tesis, para que sea brindado el honor de recibir el título como ingenieros civiles.

A todos los profesores que fueron creando los cimientos de mi carrera como ingeniero civil, los cuales fueron un apoyo para cumplir esta meta, principalmente al asesor M.I. Luis Arturo Muñoz Galindo, por formar parte de este proyecto durante un año y brindar apoyo de una manera consecutiva, además de compartir parte de su conocimiento como ingeniero civil titulado.

Y por último, pero no menos importante a mis mejores amigas Lucero Renzo y Anahí Macedo, que nunca dejaron que me rindiera por muy oscuro que se tornará el camino, me hacían encontrar esa luz en el sendero, además de sus ánimos y deseos durante mi último año, son de gran importancia y valor personal.

ÍNDICE.

Introducción.

Antecedentes.	1
Planteamiento del problema.	3
Objetivo.	4
Pregunta de investigación.	5
Justificación.	5
Marco de referencia.	6

Capítulo 1.- Diseño Estructural.

1.1 Concepto de Diseño Estructural.	8
1.2 Proceso de Diseño Estructural.	9
1.2.1 Estructuración.	10
1.2.2. Análisis.	11
1.2.3. Dimensionamiento.	13
1.3. Concreto reforzado.	15
1.3.1 Acero de refuerzo.	16

1.3.2. Grados del acero de refuerzo.	17
1.3.3. Tipos de cemento Portland.	18
1.3.4. Agregados.	19
1.3.5. Propiedades del concreto reforzado.	20
1.3.5.1. Resistencia a la compresión.	20
1.3.5.2. Resistencia a la tensión.	22
1.3.5.3. Módulo de elasticidad.	24
1.3.6. Ventajas del concreto reforzado como material estructural.	25
1.3.7. Desventajas del concreto reforzado como material estructural.	26
1.4. Criterios de diseño.	27
1.4.1. Esfuerzos de trabajo.	28
1.4.2. Diseño por factores de carga y factores de resistencia (LRFD)	30
1.5. Diseño por desempeño.	32
1.5.1. Espectros de respuesta.	33
1.5.2. Espectros de diseño.	35
1.6. Porcentaje de acero.	37
1.6.1. Porcentaje de acero máximo permisible.	37

1.6.2. Porcentaje mínimo de acero.	38
------------------------------------	----

Capítulo 2.- Teoría de costos constructivos.

2.1. Concepto para materiales de construcción.	40
--	----

2.1.1. Clasificación de los materiales.	42
---	----

2.2. Concepto de costos.	45
--------------------------	----

2.2.1. Concepto de costo directo..	46
------------------------------------	----

2.2.2. Cuantificación.	47
------------------------	----

2.2.3. Costo de mano de obra.	49
-------------------------------	----

2.2.3.1. Remuneración.	49
------------------------	----

2.2.3.2. Salario.	50
-------------------	----

2.2.3.3. Salario diario total.	52
--------------------------------	----

2.2.3.4. Prestaciones y derechos.	52
-----------------------------------	----

2.2.3.5. Factor de salario real.	54
----------------------------------	----

2.3. Rendimientos de obra.	56
----------------------------	----

2.3.1. Concepto de rendimiento de obra.	57
---	----

2.3.2. Rendimiento de mano de obra	57
------------------------------------	----

2.3.3. Consumo de mano de obra	57
2.3.3.1. Factores que afectan el rendimiento o consumo de mano de obra.	59
2.4. Precios unitarios.	60
2.4.1. Concepto de precios unitarios.	60
2.4.2. Elaboración del presupuesto.	60
2.4.2.1. Los costos en la construcción.	62
2.4.2.2. Etapas en el estudio de un presupuesto.	63

Capítulo 3.- Resumen de macro y micro localización.

3.1. Generalidades..	65
3.1.1. Objetivo.	66
3.1.2. Alcance del proyecto.	66
3.2. Resumen ejecutivo.	68
3.3. Entorno geográfico.	69
3.3.1. Macro y microlocalización.	69
3.3.2. Geología regional y de la zona de estudio.	72
3.3.3. Hidrología regional y de la zona de estudio.	73

3.3.4. Uso de suelo regional y de la zona de estudio.	73
3.3.4.1. Flora de la región.	74
3.3.4.2. Fauna de la región.	75
3.4. Informe fotográfico.	75
3.4.1. Problemática actual.	76
3.4.2. Estado físico actual.	76
3.5. Alternativas de solución.	81
3.5.1. Planteamiento de alternativas.	81
3.6. Procesos de análisis.	82

Capítulo 4.- Metodología.

4.1. Método empleado.	83
4.1.1. Método matemático.	84
4.2. Enfoque de la investigación.	85
4.2.1. Alcance de la investigación.	86
4.3. Diseño de la investigación.	86
4.4. Instrumentos de recopilación de datos.	87

4.5. Descripción del proceso de investigación.	89
--	----

Capítulo 5.- Cálculo, análisis e interpretación de resultados.

5.1. Descripción y propiedades de las trabes y columnas.	91
5.2. Análisis y diseño de trabes de concreto reforzado	94
5.2.1. Ejemplo para análisis y diseño de la trabe T6C3.	95
5.3. Análisis y diseño de columnas de concreto reforzado.	104
5.4. Cálculo de precios unitarios de trabes de concreto reforzado.	113
5.4.1. Ejemplo de cálculo de precios unitarios para la trabe T6C3.	114
5.5. Cálculo de precios unitarios de columnas de concreto reforzado.	116
5.5.1. Ejemplo de cálculo del precio unitario para la columna CL3C15.	117
5.6. Diagramas de interacción en trabes de concreto reforzado.	120
5.6.1. Diagramas de interacción Porcentaje de acero-costo en trabes.	120
5.6.2. Diagramas de interacción Volumen de concreto-costo en trabes.	122
5.7. Diagramas de interacción de columnas de concreto reforzado.	124
5.7.1. Diagramas de interacción Porcentaje de acero-costos en columnas.	124
5.7.2. Diagramas de interacción Volumen de concreto-costo en columnas.	126

Conclusión.. 131

Bibliografía.. 136

Anexos

INTRODUCCIÓN.

Antecedentes.

Dentro de la investigación realizada en las instalaciones de la biblioteca de la Universidad Don Vasco A.C., no se encontraron antecedentes algunos sobre el estudio comparativo de optimización en trabes y columnas, por lo cual ésta realización de tesis será la primera con este tipo de tema, llevándola a cabo dentro de la ciudad de Uruapan, por lo que cabe resaltar en el tema, debido a que todo tipo de estructuras grandes o pequeñas, dependen en su gran mayoría de las trabes y columnas, y de manera general son bastantes necesarias porque abarca todas y cada una de las construcciones que se deseen mencionar en cuanto a estructuras se refiere, dentro del ámbito laboral de la Ingeniería Civil.

Además, se realizó una revisión en una página electrónica denominada www.civilgeeks.com y se encontró una tesis que tiene cierta relación, la cual se titula “Análisis técnico-económico de la influencia que presenta el empleo de diferentes materiales y tipologías estructurales en el proyecto de estructuras de edificios”, la cual es una tesis doctoral y su autor es Jesús Gómez Hermoso, de procedencia española, específicamente la ciudad de Madrid.

Para tener una referencia de lo que son estos elementos, a continuación, se presentan las definiciones de estos elementos; se entiende por columna, a aquel soporte vertical, de forma alargada, el cual tiene como principal función sostener el peso de la estructura y bajar la carga hasta la cimentación. Y trabe o viga ya sea de madera, concreto o acero estructural, a aquel elemento que sirva para reforzar

y darle una mayor firmeza a la construcción; en particular el de sostener losas, muros.

De acuerdo con Meli Piralla (2004), las técnicas tanto para el análisis y diseño se han ido modificando o perfeccionando de tal manera que se vuelvan más precisas, incluyendo métodos cuantitativos, debido a que antiguas construcciones realizadas hace bastantes años, incluso siglos, no fue necesaria su revisión en cuanto a los esfuerzos que soportaba la estructura.

Cabe señalar que, en la mayoría de las obras civiles llevadas a la construcción, este tipo de elementos son principales y primordiales, debido a que son los que van a soportar las cargas que se necesiten en la estructura.

Por medio de estudios que se realizan al momento de analizar o revisar una estructura en el proceso de su construcción, es importante tomar en cuenta ciertas condiciones de diseño en el cálculo de cantidad de acero, debido a la gran problemática en cuanto a desperdicio se esté hablando.

Basado en lo dicho por Meli Piralla (2004), se refiere que estos métodos actuales son irrelevantes, porque se han presentado fallas o fracturas estructurales, a consecuencia de no haber llevado a cabo un buen análisis y diseño, antes de poder llevarlo a la práctica. Es por eso que se debe de tener en cuenta un factor de seguridad y costo-beneficio, sin afectar la resistencia de diseño en los elementos que se analizarán en esta tesis.

Planteamiento del problema.

En la actualidad existen diferentes métodos para el predimensionamiento de secciones estructurales como trabes y columnas, éstas son de suma importancia debido a que son elementos principales o primarios en la estructura, es necesario tener un rango óptimo para el cálculo de materiales necesarios, porque la principal problemática en cuanto a construir este tipo de elementos es el desperdicio de material que se tiene, por no haber tomado en cuenta factores de seguridad, así como de desperdicio adecuado.

Por lo cual es necesario calcular este rango para evitar material sobrado o desperdicio en exceso, porque así el costo de estos elementos se podría elevar de manera desmedida o reducirlo a un costo aceptable y favorable, teniendo como respaldo, cantidad y calidad del acero necesario, así como un grado razonable de seguridad de que no tendrán una falla o fractura por falta de acero.

De acuerdo con Meli Piralla (2004), las estructuras de concreto reforzado que se han diseñado conforme a la práctica moderna poseen características muy favorables para poder distribuir uniformemente la carga que éstas reciban, sin que lleguen a tener fractura alguna.

Debido a esto es la necesidad de obtener el rango óptimo o necesario que funcione como referencia en los cálculos, que se llevarán a cabo para diferentes propósitos en la construcción, de tal manera que se beneficie su proceso de análisis y diseño. Entonces, ¿es posible determinar el rango óptimo, para el

cálculo de dimensiones y cantidad de materiales sin que se afecte la resistencia de los elementos?

Objetivo.

Objetivo general:

Determinar mediante gráficas analizadas y realizadas en un programa, el cual nos ayudará a mostrar el comportamiento de interacción entre costos y materiales, y así mismo obtener el porcentaje de acero necesario, sin la necesidad de que se desperdicie, así como la realización de predimensionar diferentes secciones para saber cuál pueda ser la principal causa, y determinar si es en las medidas de las secciones de dichos elementos o el hecho de que se use un porcentaje de acero excesivo dentro de ellos.

Objetivos particulares.

- 1) Obtener el rango óptimo del porcentaje de acero.
- 2) Demostrar mediante gráficas el porcentaje de acero necesario.
- 3) Dimensionar las secciones de trabes y columnas.
- 4) Obtener una relación de costo-beneficio.
- 5) Respetar la resistencia de los elementos estructurales.
- 6) Delimitar el porcentaje real de acero.

Pregunta de investigación.

En el diseño de las diferentes estructuras para las edificaciones se considerarán tres factores muy importantes, seguridad, estética y economía, por lo que en estos dos últimos factores se enfoca la investigación presente. En general, la economía y seguridad varían inversamente, y una estructura de costo razonable no necesariamente es segura. Entonces, ¿es posible determinar el costo para trabes y columnas obteniendo un rango de optimización de los materiales dentro del cálculo de estas secciones?

Justificación.

El proceso de diseño de los diferentes elementos de una estructura puede llegar a ser desfavorable económicamente, los criterios de diseño para las estructuras que serán analizadas a lo largo de la investigación no arrojan un resultado exacto o definitivo, hecho que lleva a originar diferentes elecciones que terminan por ser desfavorables relativo a los costos.

Por lo tanto, es favorable obtener una herramienta que sea de apoyo para tomar una decisión en cuanto al uso de algún tipo de elemento estructural en un proyecto, definiendo así los materiales a utilizar con un costo óptimo sin afectar la capacidad de funcionamiento del elemento o estructura a diseñar.

La realización de esta investigación tiene como finalidad servir como herramienta a ingenieros civiles o arquitectos que tengan la necesidad de llevar a

cabo cálculos de las diferentes secciones de una estructura para un proyecto, en caso particular, trabes y columnas. Esta herramienta podrá agilizar el proceso de cálculo y diseño de los elementos estructurales específicamente elementos de concreto reforzado.

El costo óptimo se enfoca en la reducción de acero, se tiene claro que el material que eleva el costo de los elementos estructurales es precisamente el acero, por lo tanto, la investigación está enfocada en el resultado que dependerá del tipo de elemento estructural, de sus dimensiones y la cantidad de material necesario para su construcción.

Marco de referencia.

La presente investigación se basa en las diferentes edificaciones situadas en la ciudad Uruapan, Michoacán, México, por lo tanto, los costos y tipo de material utilizados para la investigación son los disponibles en la misma ciudad. Los procesos constructivos que se llevan a cabo para dichas edificaciones tienen como referencia las Normas Técnicas de Construcción del Distrito Federal, por lo que todo método de cálculo y análisis utilizado a lo largo de la investigación se basa fielmente a estas normas.

En la ciudad de Uruapan, Michoacán, se distinguen algunas de las edificaciones como casas habitacionales, sin embargo, existen también edificios para diversos usos que implican una mayor inversión económica, así como la

necesidad de que éstos cumplan con los requisitos estipulados en las normas de construcción.

El cumplimiento de estas normas requiere el uso de los mismos métodos de diseño y análisis para determinar ciertas dimensiones y características que deben cumplir los elementos de las distintas estructuras, lo cual implica el problema ya planteado, en algunos casos pueden presentarse propuestas de estructuras en las cuales su costo es elevado por la falta de análisis en la comparación de otras propuestas. Por lo que es un caso común encontrar soluciones de diseño sin previamente haber obtenido una revisión comparativa con algunas otras propuestas para disminuir el costo de construcción de éstas sin verse afectada la resistencia para la función destinada del elemento o elementos.

CAPÍTULO 1

DISEÑO ESTRUCTURAL

En el presente capítulo se hablará del tema de diseño estructural, el cual abarcará subtemas como concreto reforzado, criterios de diseño, factores de carga, método LFRD, de los cuales se darán todos los detalles necesarios para poder realizar los cálculos necesarios de manera eficiente. Y así mismo llegar a los resultados que se están buscando para la solución del problema de optimizar los costos y resistencias en el predimensionamiento de elementos estructurales, en este caso, trabes y columnas.

1.1. Concepto de diseño estructural.

El diseño estructural es una amplia rama de la ingeniería civil que abarca diversas actividades, las cuales son llevadas a cabo por el ingeniero proyectista, persona encargada de dar forma, dimensiones y las características detalladas que se necesitan en la estructura, o sea, que es aquella parte fundamental de una construcción, y como su principal función es la de cumplir todas y cada una de las solicitudes, así como los requerimientos por parte de reglamentos, y la de absorber las solicitudes dadas para todas las etapas de su vida útil.

Retomando lo descrito con anterioridad, el diseño estructural se encuentra vinculado a fondo en el proceso general del proyecto de obra civil, entrando en detalles específicos sobre el comportamiento adecuado que debe tener la

construcción para que cumpla de manera inequívoca todas las funciones a la cual está destinada para desempeñar.

En particular, el ingeniero estructural no debe olvidar que como lo expresó Eduardo Torroja “Las obras no se construyen para que resistan, se construyen para alguna otra finalidad o función que lleva, como consecuencia esencial, el que la construcción mantenga su forma y condiciones a lo largo del tiempo. Su resistencia es una condición fundamental, pero no es la finalidad única, ni siquiera la finalidad primaria”. (Meli Piralla; 2004: 49)

Basado en lo citado por Meli Piralla (2004), una construcción u obra puede concebirse con un sistema, entendiéndose por sistema un conjunto de subsistemas y elementos que son combinados con un orden específico, de manera que funcionen en su totalidad y dependiendo de uno como el otro, para cumplir con los requerimientos citados.

1.2. Proceso de diseño estructural.

El diseño es un proceso de creatividad a través del cual se definirán todas las características del sistema de tal manera que cumpla de forma óptima y adecuada con sus objetivos principales, los cuales son soportar las cargas que actuarán en ellas. “Las soluciones estructurales están sujetas a las restricciones que surgen de la interacción con otros aspectos del proyecto y a las limitaciones generales de costo y tiempo de ejecución”. (Meli Piralla; 2004: 21)

Según Meli Piralla (2004), es conveniente resaltar que la necesidad de imaginar un sistema estructural es de gran importancia para que el mismo resulte ser el más idóneo para absorber los efectos de las acciones exteriores a las que estará sujeto.

El sistema que se propone debe ser confirmado o rechazado con la teoría de diseño estructural que involucra a los cálculos y comprobaciones posteriores a la proposición del sistema.

Suele lograrse que una estructura con un sistema mal ideado cumpla con los requisitos de estabilidad, pero probablemente se tratará de una solución antieconómica o antifuncional, la intuición de un sistema estructural eficiente y de aspectos esenciales es solo el fruto en parte de la asimilación de conocimientos teóricos y experiencia adquirida en el ejercicio del proceso de diseño y en la observación del comportamiento de las diferentes estructuras.

Es útil entender tres aspectos fundamentales para el proceso de diseño: estructuración, análisis y dimensionamiento.

1.2.1. Estructuración.

En esta parte del proceso de diseño se determinarán los materiales que se necesitarán para los elementos a diseñar, incluyendo el predimensionamiento necesario u óptimo, y las características más esenciales abarcadas de manera global, para así mismo poder definirlo de manera concreta.

1.2.2. Análisis.

Dentro de este concepto se incluyen las actividades que llevan a la determinación de la respuesta de la estructura ante las diferentes combinaciones de acciones exteriores que pueden afectar a ésta. Es factible entender la determinación de los efectos de las diferentes cargas actuantes en la vida útil de la estructura, de acuerdo con Meli Piralla (2004), para esta determinación se requiere lo siguiente:

- a) Modelar la estructura, en otras palabras, se idealiza la estructura por medio de un modelo teórico factible de ser analizado con los procedimientos disponibles. Para visualizar más a fondo, podemos usar como ejemplo un edificio de columnas, vigas y losas concreto por medio de un sistema de marcos planos formados por barras los cuales tienen propiedades equivalentes. En esta parte del proceso es común cometer errores graves como lo es ignorar elementos que contribuyen a la respuesta de la estructura o emplear un modelo demasiado simple que no representa de manera adecuada la respuesta estructural. Por lo tanto, la modelación debe incluir las diversas propiedades de los elementos que componen al modelo lo cual implica la recolección de diversos datos y la suposición de características de gran importancia como son las propiedades elásticas de los materiales y sus propiedades geométricas. Todos los valores supuestos a lo largo del proceso pueden tener que modificarse y refinarse a medida que se obtienen los resultados del análisis.

- b) Determinar las acciones de diseño. En muchas ocasiones los reglamentos o códigos definen las cargas y otros agentes que introducen esfuerzos en la estructura y es obligación del proyectista sujetarse a ellos. Sin embargo, es frecuente que la determinación del valor de diseño de alguna carga quede a criterio del proyectista o al menos la obtención de los diversos datos locales que definen las acciones de diseño, por lo que éstas dependen básicamente del tipo de estructura que se esté analizando, ya que las cargas varían dependiendo a la ubicación y la función a la que esté destinada. Cabe hacer notar que en esta etapa se tiene incertidumbre y se llegan a cometer graves errores que dan al traste con la precisión que se pretende en las demás etapas del análisis.
- c) Determinar los efectos de las acciones de diseño en el modelo de estructura elegido. En esta etapa del análisis se determinan las fuerzas internas (como lo son los momentos flexionantes y de torsión, así como fuerzas axiales y cortantes), incluyendo también las flechas y deformaciones de la estructura. En general los métodos de análisis suponen un comportamiento elástico-lineal para los elementos. Es importante mencionar que los métodos de análisis han evolucionado en las últimas décadas mucho más que otros aspectos de diseño; gracias al empleo de las computadoras es posible analizar con precisión modelos estructurales cada vez más complejos.

1.2.3. Dimensionamiento.

En esta etapa se define a detalle la estructura y se revisa de tal manera que cumpla con los requisitos de seguridad adoptados. Para su representación se elaboran planos y especificaciones de construcción de la estructura, estas actividades se encuentran ligadas, como ya se había mencionado en etapas anteriores, a los diferentes reglamentos o códigos que rigen el diseño de la estructura. Un aspecto general son los criterios de seguridad y la estructura de los procedimientos de diseño.

Retomando lo dicho por Meli Piralla (2004), se pueden distinguir las siguientes fases que se llevan a cabo durante el análisis de la secuencia temporal con que se realiza el diseño:

- 1) Planteamiento de soluciones preliminares. Se requiere determinar las funciones a las que debe estar sujeta la estructura, así como las restricciones que tiene ésta referente a las condiciones del entorno físico y del proyecto. Es entonces necesario tener una recopilación de datos al menos preliminares sobre las condiciones ambientales y requisitos del proyecto mismo. Es importante en esta fase que el estructurista en conjunto con los especialistas de cada subsistema de la obra, definan sus necesidades ante el proyecto y resuelvan en colaboración la problemática analizando las posibles soluciones. Es aquí donde el proyectista juega un papel importante con su criterio.

- 2) Evaluación de soluciones preliminares. Se realiza un procedimiento comúnmente llamado “prediseño”, el cual involucra definir las características esenciales de la estructura en diversas alternativas, con el fin de poder cuantificar sus partes y llegar a una conclusión de estimación de costos de las diversas soluciones. Para poder elegir una de las soluciones propuestas más conveniente no solo se revisa el costo de la estructura en cada caso; hay también que considerar la eficacia con la que ésta se adapta a los aspectos que en general involucra el proyecto, además de tener en cuenta la disponibilidad de los materiales necesarios para el desarrollo de la estructura, la facilidad o dificultad de las técnicas de construcción requeridas para los elementos estructurales, los problemas de mantenimiento, otro punto muy importante es el aspecto estético de la solución propuesta y, en obras de gran impacto, interesan factores del tipo socioeconómico.
- 3) Diseño detallado. Una vez ya seleccionada la propuesta que conviene más al proyecto, se procede a obtener un informe detallado de todo el procedimiento que se llevó a cabo con las distintas etapas ya mencionadas.
- 4) Transferencia de los resultados del diseño. No sólo es importante encontrar la solución más acertada para el proyecto, los resultados deben ser transmitidos a los constructores, en forma clara y completa. Se deben entonces elaborar planos con los diferentes datos requeridos por las personas involucradas en el desarrollo del proyecto, especificando materiales y procedimientos, sin olvidar la elaboración de una memoria de

cálculo que facilite la implantación de cualquier cambio que resulte necesario por sucesos no previstos durante el proceso de diseño.

- 5) Supervisión. En esta etapa cabe destacar la importancia de la presencia de las personas responsables del proyecto estructural, es necesario que comprueben que se está interpretando correctamente su diseño y, sobre todo, que puedan estar presentes en el caso donde surja un problema que requiera una solución propuesta por los proyectistas, de manera que no se altere la seguridad de la estructura y los criterios sean congruentes con los cálculos adoptados.

La importancia que adquiera cada una de las fases mencionadas dependerá de las características particulares de cada estructura, así como sus necesidades.

1.3. Concreto reforzado.

Como es sabido, el concreto es una mezcla de arena, grava, roca triturada u otros agregados, que estarán unidos en una mezcla de masa rocosa por medio de pasta de cemento y agua. En ocasiones, suelen agregarse, algún aditivo, el cual al momento de mezclarse cambiará ciertas características del concreto, como ejemplo es la ductilidad, durabilidad y su tiempo de fraguado.

Al respecto McCormac (2006), señala que el concreto tiene una alta resistencia a la compresión y una muy baja resistencia a la tensión.

1.3.1 Acero de refuerzo.

El acero de refuerzo que se utiliza son barras o varillas, que pueden ser lisas o corrugadas. Las varillas corrugadas tienen unas protuberancias en su superficie, con el fin de obtener una mayor adherencia al concreto. En cuanto a la varilla lisa, no tiende a usarse con frecuencia, a excepción de poder rodear barras longitudinales, sobre todo en las columnas.

A continuación, se muestra una tabla en la cual se especifican algunas de las características principales de las varillas usadas como acero de refuerzo en elementos estructurales, como los que analizaremos en la presente tesis.

DIMENSIONES DE LAS BARRAS DE REFUERZO. (Diámetros basados en pulgadas) Tabla NSR-10					
Designación de la barra.	Diámetro en pulgadas.	Dimensiones nominales.			Masa (kg/m)
		Diámetro (mm)	Área (mm ²)	Perímetro (mm)	
N° 2	1/4"	6.4	32	20	0.25
N° 3	3/8"	9.5	71	30	0.56
N° 4	1/2"	12.7	127	40	0.994
N° 5	5/8"	15.9	199	50	1.552
N° 6	3/4"	19.1	284	60	2.235
N° 7	7/8"	22.2	387	70	3.042
N° 8	1"	25.4	510	80	3.973
N° 9	1 - 1/8"	28.7	645	90	5.06
N° 10	1 - 1/4"	32.3	819	101.3	6.404
N° 11	1 - 3/8"	35.8	1006	112.5	7.907
N° 14	1 - 3/4"	43	1452	135.1	11.38
N° 16	2 - 1/4"	57.3	2581	180	20.24

Nota: El N° de la barra indica el número de octavos de pulgada del diámetro.

Tabla 1.1.- Especificaciones del acero de refuerzo.

Fuente: Propia.

1.3.2. Grados del acero de refuerzo.

Las barras o varillas en su caso son realizadas en acero de lingotes, acero de ejes de locomotoras o de rieles de la vía del tren, la mayoría de las ocasiones el acero se fabrica con acero de lingotes o acero nuevo, pero en ocasiones se fabrica con los rieles o ejes de acero, ya mencionados con anterioridad. Estos últimos, después de que han sido trabajados en frío durante años, tienen una desventaja de que ya no son tan dúctiles en comparación con un acero nuevo.

Como indica McCormac (2005), hay varios tipos de acero de refuerzo con designaciones de la ASTM. En los cuales, un acero con grado 40, significa que tiene un punto de fluencia de 40,000 lb/pulg²; un grado 50 implica en 50,000 lb/pulg², etcétera. Por consiguiente, se muestran los diferentes grados de acero:

- 1) ASTM A615, acero de lingote, grados 40 y 60.
- 2) ASTM A615, acero de lingote, grado 75 para barras #11, #14 y #18.
- 3) ASTM A616, acero de riel, grados 50 y 60.
- 4) ASTM A617, acero de eje, grados 40 y 60.
- 5) ASTM A706, acero de baja aleación, grado 60.

En la mayoría de las ocasiones el acero de refuerzo cumple con la especificación A615, por lo que su fabricación es solamente realizada con acero usado. “Es pequeña la diferencia en costo entre los aceros de refuerzo con resistencia de fluencia de 40 klb/pulg² y 60 klb/pulg². Por ello, las barras de 60 klb/pulg² son las más comúnmente usadas en el diseño de concreto reforzado”. (McCormac; 2005: 26)

Esto tiene una relación en cuanto al avance tecnológico, por lo que el diseño de estructuras de alturas considerablemente altas, es necesario aligerar la estructura, por lo cual en ocasiones es requerido el ordenamiento de un acero grado 75, el cual es demasiado caro en cuanto a fabricación y solo es viable para el fabricante solamente si el pedido es de 50 o 60 toneladas aproximadamente.

“El concreto reforzado es una combinación de concreto y acero en la que el refuerzo de acero proporciona la resistencia a la tensión de que carece el concreto. El acero de refuerzo es también capaz de resistir fuerzas de compresión y se usa en columnas, así como en otros miembros estructurales”. (McCormac; 2005: 1)

1.3.3. Tipos de cemento Portland.

En general, los concretos hechos con cemento Portland normal necesitan aproximadamente dos semanas para adquirir la resistencia suficiente para retirar la cimbra y comenzar a aplicar cargas. A los 28 días estos concretos alcanzan su máxima resistencia y ganan a lo largo del tiempo una mayor resistencia.

En Estados Unidos de América, la American Society for Testing and Materials (ASTM) clasifica los cementos portland en cinco tipos. La diferencia entre estos cinco tipos de cementos son sus propiedades debido a que el procedimiento de fabricación es casi el mismo. El cemento más utilizado en la construcción es el tipo I, pero hay otros con distintas propiedades requeridas en ciertas situaciones.

Tipo I.- Es el cemento más utilizado por sus múltiples usos en trabajos de construcción.

Tipo II.- Se designa al cemento modificado que tiene menor calor de hidratación que el tipo I y puede resistir la exposición a los sulfatos.

Tipo III.- Cemento de fraguado rápido que en las primeras 24hrs produce un concreto de una resistencia aproximadamente doble que la del cemento tipo I. Produce calor de hidratación muy alto.

Tipo IV.- Un cemento de bajo calor que produce un concreto que disipa muy lentamente el calor. Se usa en estructuras de gran tamaño.

Tipo V.- Es un cemento usado para concretos que estarán expuestos a altas exposiciones de sulfatos.

1.3.4. Agregados.

Según McCormac (2005), los agregados son utilizados en un concreto y ocupan aproximadamente tres cuartas partes del volumen del concreto. Se emplean agregados finos (arena) y gruesos (grava o piedra triturada).

Los tamaños de agregados que pueden usarse en concreto reforzado están especificados en la sección 3.3.2 de código ACI (American Concrete Institute), “estos valores límites son los siguientes: $1/5$ de la dimensión más corta entre los lados de la cimbra, $1/3$ del espesor de las losas o $3/4$ de la separación libre mínima entre las barras de refuerzo”. (McCormac; 2005: 20)

Los agregados deben ser resistentes y limpios. La presencia de polvos o algún tipo de impureza puede interferir en la adherencia entre la pasta del cemento y los agregados, por lo tanto, es importante la calidad de los materiales con que se pretende producir el concreto.

1.3.5. Propiedades del concreto reforzado.

Así mismo McCormac (2005), especifica que es necesario tener un conocimiento base sobre las propiedades y comportamientos principales del concreto reforzado, ya que depende mucho para el diseño y análisis de los elementos estructurales que se vayan a realizar.

1.3.5.1. Resistencia a la compresión.

La resistencia a la compresión del concreto ($f'c$), es determinada a través de unas pruebas de falla de cilindros de 15cm de radio y 30 cm de altura, los cuales serán colocados durante un transcurso de 28 días en agua o en algún lugar donde la humedad sea máxima.

Con base en lo dicho por McCormac (2005), la mayoría de los valores que se obtienen dependen en gran parte de las medidas de los especímenes de concreto realizados y su capacidad para poder soportar la carga a la compresión, ya que si estos no cumplen con los requisitos necesarios, se tendrían fallas de manera estructural las cuales no serían buenas, debido a que se implican más

gastos innecesarios, pudiéndose prevenir desde el inicio de la construcción haciendo los estudios requeridos y que se cumplan los resultados esperados en laboratorio.

Retomando lo anterior, se hará referencia a que existen diferencias relativas en cuanto a costos al hacer uso de concretos con diferentes resistencias, debido a que no se usa el mismo tipo de concreto para zapatas, columnas, trabes o miembros presforzados.

Así mismo, se menciona el hecho de que en condiciones de campo no son las mismas que en el local de curado y que las resistencias a los 28 días antes descritas, se logren cumplir debido a que debería tener las condiciones casi perfectas en la dosificación, mezclado, vibrado y curado, como se realiza de manera local en el laboratorio al hacerse las pruebas de laboratorio. De la misma manera se debe de llevar un control de calidad muy rígido, debido a que también en obra se supervisará que sea fabricado de la manera correcta.

Es por esto mismo que el laboratorio después de obtener los resultados debe mandarlos a una computadora la cual los grafique y así determine los diagramas de esfuerzo deformación, en las cuales se demuestre el comportamiento a las cargas impuestas en los elementos estructurales. Las curvas esfuerzo-deformación, representan los resultados obtenidos en las pruebas de compresión realizadas a los cilindros de concreto, los cuales han permanecido 28 días de manera continua sumergidos en agua.

El concreto se clasifica para su uso en las diferentes estructuras, de acuerdo con el RCDF (Reglamento de construcciones del Distrito Federal) el concreto de resistencia normal empleado para fines estructurales puede ser de dos clases: clase 1, con un peso volumétrico en estado fresco superior a 22 kN/m^3 (2.2 t/m^3) y clase 2 con peso volumétrico en estado fresco comprendido entre 19 y 22 kN/m^3 (1.9 y 2.2 kN/m^3).

Se considera que el concreto clase 1 tendrá un resistencia especificada, f'_c , igual o mayor que 25 MPa (250 kg/cm^2). La resistencia especificada del concreto clase 2 será inferior a 25 MPa (250 kg/cm^2) pero no menor que 20 MPa (200 kg/cm^2). Todo concreto estructural debe mezclarse por medios mecánicos. El concreto de clase 1 debe proporcionarse por peso, mientras que el concreto de clase 2 puede proporcionarse por volumen.

Para diseñar se usará el valor nominal de f^*c , que se determina con la expresión $f^*c = 0.8f'_c$. El valor de f^*c se determinó de manera que la probabilidad de que la resistencia del concreto en la estructura no lo alcance es de 2%. Y como complemento se dice que el 0.8 es un factor de seguridad o riesgo del 80% para poder diseñar de la manera adecuada.

1.3.5.2. Resistencia a la tensión.

De acuerdo con McCormac (2005), la resistencia del concreto a tensión puede variar entre 8% y 15% de su resistencia a la compresión. Una de las razones principales para que la tensión sea de bajo valor es que el concreto

contiene un gran número de grietas, lo que afecta considerable si el concreto es sometido a fuerzas de tensión, en el caso contrario de la compresión, las grietas no son un factor importante para afectar su valor.

Se puede estimar la resistencia media a tensión \bar{f}_t de un concreto, que con base en el RCDF se obtiene como:

a) Concreto clase 1

$$0.47 \sqrt{f'_c}, \text{ en MPa } (1.5\sqrt{f'_c}, \text{ en kg/cm}^2)$$

b) Concreto clase 2

$$0.38 \sqrt{f'_c}, \text{ en MPa } (1.2\sqrt{f'_c}, \text{ en kg/cm}^2)$$

La resistencia media a tensión por flexión o módulo de rotura \bar{f}_f se puede suponer igual a:

a) Concreto clase 1

$$0.63 \sqrt{f'_c}, \text{ en MPa } (2\sqrt{f'_c}, \text{ en kg/cm}^2)$$

b) Concreto clase 2

$$0.44 \sqrt{f'_c}, \text{ en MPa } (1.4\sqrt{f'_c}, \text{ en kg/cm}^2)$$

Para diseñar se usará un valor nominal f_t^* , igual a $0.75 \bar{f}_t$. También puede tomarse:

a) Concreto clase 1

$$0.41 \sqrt{f'_c}, \text{ en MPa } (1.3\sqrt{f'_c}, \text{ en kg/cm}^2)$$

b) Concreto clase 2

$$0.31 \sqrt{f'_c}, \text{ en MPa } (1.0\sqrt{f'_c}, \text{ en kg/cm}^2)$$

Y el módulo de rotura f_f^* , se puede tomar igual a:

a) Concreto clase 1

$$0.53 \sqrt{f'_c}, \text{ en MPa } (1.7\sqrt{f'_c}, \text{ en kg/cm}^2)$$

b) Concreto clase 2

$$0.38 \sqrt{f'_c}, \text{ en MPa } (1.2\sqrt{f'_c}, \text{ en kg/cm}^2)$$

1.3.5.3. Módulo de elasticidad.

El concreto no tiene un módulo de elasticidad bien definido que permita el análisis de manera confiable, ya que “su valor varía con las diferentes resistencias del concreto, con la edad de éste, con el tipo de carga y con las características del cemento y los agregados”. (McCormac; 2005:12). Sin embargo, existen determinadas fórmulas para calcular el módulo de elasticidad en ciertos casos, de tal forma que se cumpla con la necesidad de obtener estos datos requeridos.

Según el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (RCDF), deben utilizarse las siguientes fórmulas para determinar el módulo de elasticidad del concreto de acuerdo a su clasificación como se muestra enseguida:

Para concretos clase 1, el módulo de elasticidad, E_c , se supondrá igual a

$$4400 \sqrt{f'_c}, \text{ en MPa } (14\ 000 \sqrt{f'_c}, \text{ en kg/cm}^2)$$

para concretos con agregado grueso calizo, y

$$3500 \sqrt{f'_c}, \text{ en MPa (11 000 } \sqrt{f'_c}, \text{ en kg/cm}^2\text{)}$$

para concretos con agregado grueso basáltico.

Para concretos clase 2 se supondrán igual a

$$2500 \sqrt{f'_c}, \text{ en MPa (8 000 } \sqrt{f'_c}, \text{ en kg/cm}^2\text{)}$$

Los valores mencionados están respaldados, se pueden utilizar otros valores distintos a los mostrados en esta sección que estén lo suficientemente respaldados por los resultados de laboratorio.

1.3.6. Ventajas del concreto reforzado como material estructural.

El concreto reforzado es probablemente el material disponible de mayor importancia para el ámbito constructivo. Por su amplio uso de diferentes maneras en todo tipo de estructuras, ya sean grandes o pequeñas, como puentes, edificios, muro de contención o retención, etcétera.

Su gran éxito como material universal en la construcción se explica fácilmente, con ventajas y desventajas. Algunas son las siguientes:

- 1) Tiene una amplia resistencia a esfuerzos de compresión, en comparación con otro tipo de material.
- 2) Tienen una suficiente resistencia al fuego y al agua, y es el mejor material estructural que exista, para los casos donde se encuentre en contacto con

el agua. Y en los incendios los únicos daños serán superficiales debido a que el fuego solo está en contacto con el concreto, dejando el acero intacto y sin ningún tipo de falla.

- 3) Su rigidez es de gran magnitud.
- 4) No requiere de mantenimiento constante.
- 5) En comparación con otros materiales, tienen una larga vida de servicio, bajo las condiciones adecuadas, aparte no reducir su capacidad de carga, debido a que con el paso de los años su consolidación irá aumentando.
- 6) Una característica especial del concreto es su gran variedad para el colado, porque van desde losas, vigas, columnas, incluso grandes arcos y cascarones (cúpulas).

1.3.7. Desventajas del concreto reforzado como material estructural.

Así como el concreto tiene diferentes ventajas, éste tiene también sus desventajas a ciertos aspectos estructurales, que se mencionan a continuación:

- 1) Se requiere de cimbras para mantener el concreto en su posición durante el colado, hasta que tenga una dosificación aceptable, y así poder retirar la cimbra.
- 2) Tiene una baja resistencia por unidad de peso lo cual conlleva a que sea pesado. Y esto es un factor importante en estructuras de grandes claros, porque el peso muerto del concreto tiene efecto sobre los momentos flexionantes.

- 3) Así mismo, su baja resistencia de peso por unidad de volumen del concreto implica que las dimensiones sean mayores, y es consideración para edificios y estructuras e grandes claros.
- 4) Las propiedades del concreto, son de gran variabilidad en cuanto a su dosificación y mezclado del mismo, por lo cual el colado y curado no son tan cuidadosamente controlados como la producción de otro material, un ejemplo el acero estructural y la madera laminada.

1.4. Criterios de diseño.

Según Meli Piralla (2004), el diseño debe permitir algunos parámetros que comprueben cierta certeza en cuanto a la seguridad de la estructura a diseñar. Es por esto que se plantean lo estados límite de falla, ya que se realiza la comparativa entre la resistencia de la estructura con estos estados de falla, al poder determinar diferentes tipos de resultados y efectos de la misma estructura.

La manera más simple de poder realizar el diseño debería de ser a través de un único factor de seguridad que englobe el grado de incertidumbre para el cual el ingeniero estructurista desee trabajar o usar como base, este factor se calcula estimando la respuesta que se espera de la estructura y el efecto de mayor intensidad que se especifique en las normas. Por lo cual se necesitará la siguiente fórmula:

$$FS = \frac{\text{Resistencia}}{\text{Solicitaciones}}$$

Como menciona Meli Piralla (2004), es sabido que puede traer consigo una serie de inconvenientes, debido a que para cada caso en específico los grados de incertidumbre son muy diferentes y éstos varían conforme a la forma en que se esté diseñando, es por esto que debe de tomarse en cuenta diferentes factores de seguridad para el diseño en casos particulares.

“El recíproco del factor de incertidumbre multiplicado por el esfuerzo último (o a veces de fluencia) proporciona un esfuerzo permisible de trabajo usado con las cargas reales (esto es, de trabajo)”. (Hill; 1995:8)

De acuerdo con Meli Piralla (2004), afirma que de acuerdo a lo anteriormente planeado la comparación de la resistencia y estados límite conducen directamente al criterio de diseño por resistencia última, siendo éste el método a utilizar durante el diseño estructural.

1.4.1. Esfuerzos de trabajo.

Para el diseño de una estructura se debe realizar de acuerdo a un método de diseño, por lo que se debe tener conocimiento de los métodos existentes. Por lo cual es necesario saber cómo se realiza el método de esfuerzos de trabajo. “En todo miembro estructural, la resistencia esperada se expresa como como un esfuerzo de tensión o compresión, dividido por un factor de seguridad de seguridad para obtener un esfuerzo permisible de trabajo. Esto obliga a diseñar el elemento estructural de tal forma que el esfuerzo provocado por la carga esperada de servicio, sea siempre igual o menor que el valor permisible. A este

procedimiento se le conoce como diseño por esfuerzos permisibles o de trabajo, más comúnmente se le llama diseño elástico”. (Pérez; 1993: 9)

Esto se puede expresar como:

$$\text{Esfuerzo de trabajo} \leq \text{Esfuerzo permisible}$$

$$\sigma \text{ trabajo} \leq \sigma \text{ permisible}$$

Con base en lo dicho por Meli Piralla (2004), para poder tratar adecuadamente el problema de seguridad durante el proceso de diseño, es necesario plantear el diseño en términos que nos permitan identificar de manera clara contra que se pretende tener la seguridad, en que parte se debe aplicar los factores de seguridad y que efectos se pretenden eliminar o prevenir. Por lo cual el planteamiento de los estados límites es el más indicado, ya que nos permite comparar la resistencia para cada estado límite contra la acción que vaya a corresponder. La forma más adecuada de diseñar sería mediante un solo factor de seguridad que relacione de la manera más adecuada posible la resistencia, representándola a través de la media o valor que se espera obtener M_R , así como, la mejor estimación que pueda hacerse de la acción M_S . Así mismo, habría que calcular de manera detenida esta relación que hay entre ambas acciones y se obtenga un factor de seguridad óptimo, el cual puede expresarse de la siguiente manera:

$$FS = \frac{M_R}{M_S}$$

Donde:

MR= Momento resistente último.

MS= Momento de servicio.

Por lo cual esta manera de continuar presenta ciertos inconvenientes en la práctica. Uno de los más importantes es que un solo factor de seguridad no puede utilizarse para todo el diseño, a causa de que hay casos particulares en los que la incertidumbre se comporta de distinta manera, de la misma manera durante el proceso de diseño es muy diverso y los valores que se le asignen deberán ser diferentes para los casos particulares. Por lo cual, mediante reglamentos, se debería de marcar y hacer énfasis en que al estructurista y calculista se le permita determinar el factor de seguridad en base a los datos que tenga en la práctica.

Por consiguiente, es necesario hacer una referencia a saber que incertidumbres pueda obtener la estructura. “Para mayor sencillez de presentación y para definir en forma más rígida los factores de seguridad, en los reglamentos se prefiere tomar en cuenta las incertidumbres en las variables donde estas aparecen, por medio de factores de seguridad parciales, en lugar de acumularlos hasta determinar un solo factor de seguridad final” (Meli Piralla; 2004: 95)

1.4.2. Diseño por factores de carga y factores de resistencia (LRFD)

Durante las últimas dos décadas se ha actualizado el diseño estructural hacia un procedimiento más racional, el cual consiste en una metodología que se basa en el estado límite, condición de la estructura que determina el tiempo de

función de la misma. Los estados límite permiten el uso de dos factores importantes dentro del diseño estructural de los elementos, factores de resistencia y de carga.

El diseño por resistencia, presenta la ventaja de tener un factor de seguridad que puede ser determinado. El punto del este criterio es amplificar las cargas de servicio y la reducción de la resistencia teórica del elemento o reducción de su capacidad.

De acuerdo con el RCDF (2005) y las resistencias deben afectarse por un factor de reducción, F_R . Los factores tendrán los valores siguientes:

- a) $F_R = 0.9$ para flexión.
- b) $F_R = 0.8$ para cortante y torsión.
- c) $F_R = 0.7$ para transmisión de flexión y cortante en losas o zapatas.
- d) Flexocompresión:
 - $F_R = 0.8$ cuando el núcleo esté confinado con refuerzo transversal circular.
 - $F_R = 0.8$ cuando el elemento falle en tensión;
 - $F_R = 0.7$ si el núcleo no está confinado y la falla es en compresión.
- e) $F_R = 0.7$ para aplastamiento.

Para lo cual se establece que “las resistencias reducidas (resistencias de diseño) son las que, al dimensionar, se comparan con las fuerzas internas de diseño que se obtienen multiplicando las debidas a las cargas especificadas en Normas Técnicas Complementarias sobre Criterios y Acciones para el Diseño

Estructural de las Edificaciones, por los factores de carga ahí prescritos. (RCDF; 2005: 307)

Existen también factores de resistencia de acuerdo con especificación del criterio LRFD, que son los siguientes:

- a) $F_R = 1.0$ para aplastamiento en áreas proyectantes de pasadores.
- b) $F_R = 0.9$ para flexión y cortante.
- c) $F_R = 0.85$ para columnas, aplastamiento del alma.
- d) $F_R = 0.75$ para tensión.
- e) $F_R = 0.65$ para aplastamiento de tornillos.
- f) $F_R = 0.60$ para aplastamiento en cimentaciones de concreto.

En el caso de los factores de carga,

1.5. Diseño por desempeño.

El diseño por desempeño es una forma de poder plantear los criterios de aceptación, para el análisis y diseño de algunas estructuras, haciendo énfasis en el comportamiento que se espera, el control de daños estructurales y no estructurales, así como los niveles de seguridad establecidos.

Basado en lo dicho por Dr. Aguiar Falconí (2008), el objetivo básico de este enfoque es la seguridad cuando el suelo se encuentre en movimiento. Por lo que se tiene que basar en los códigos de estructurales que proporcionan una fuerza de diseño sísmico y se detallan los requisitos, pero el diseño de desempeño no se

define explícitamente, como tampoco se detalla en el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.

El sistema de su resistencia a una carga sísmica se proyecta tomando como principal base la fuerza sísmica, la cual se verá reducida por un factor de ductilidad Q , en prevención de un comportamiento no lineal de sus distintos componentes, sin que lleve ningún tipo de análisis o criterios específicos, solamente se tomaran en cuenta las características geométricas que deba cumplir la estructura de cada grado de ductilidad.

Se recomienda dar lectura al libreo “Dinámica de Estructuras con MATLAB”, Aguiar (2007) en el que se trata sobre la forma de cómo lograr obtener la respuesta en el tiempo de un sistema de un grado de libertad ante la acción sísmica definida por un acelerograma, luego se presenta como se encuentran los espectros de respuesta y finalmente se indica como a partir de estos espectros de respuesta se encuentran los espectros de diseño.

1.5.1. Espectros de respuesta.

Se puede definir el espectro de respuesta como la respuesta máxima de un conjunto de osciladores de 1 grado de libertad que tiene el mismo amortiguamiento, sometidas a una historia de aceleraciones dadas. En la siguiente figura se muestran los esquemas de cálculo de los espectros de respuesta. Del lado izquierdo se localizan un conjunto de osciladores de 1 grado de libertad, todos tienen un coeficiente de amortiguamiento $\xi = 0.05$. Cada uno de estos

osciladores, representan a estructuras de un piso, que será sometido al sismo cuyo acelerograma se indicará en la parte inferior izquierda.

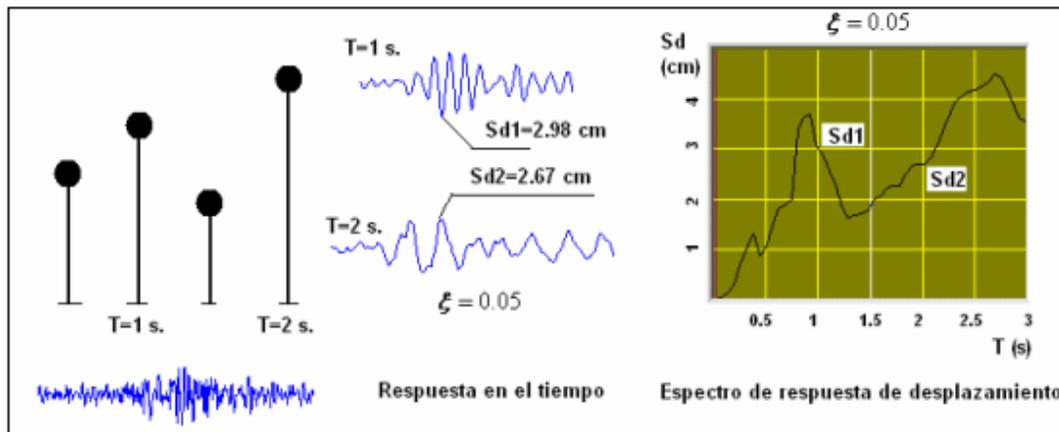


Figura 1.2 Esquema de cálculo de los Espectros de Respuesta.

Fuente. Aguiar Falconí, 2008: 27.

En la parte central, se tiene la respuesta en tiempo de desplazamiento, colocando únicamente dos osciladores, el primero con un período de 1 segundo y el otro con un período de 2 segundos. Identificando la respuesta máxima en cada uno, $Sd1$ para el sistema con $T=1$ segundo, y $Sd2$ para $T=2$ segundos. Nótese que $Sd1$ es negativo, ya que se encuentra en la parte inferior y $Sd2$ es positivo por estar en la parte superior, pero para encontrar el valor de respuesta se tomará como valor absoluto.

En la parte derecha se colocaron los valores $Sd1$ y $Sd2$ que están asociados a períodos de 1 y 2 segundos, además se colocaron los desplazamientos máximos correspondientes a los períodos restantes de osciladores de un grado de libertad, a gráfica que resulta de unir las respuestas

máximas son del Espectro de Respuesta Elástica de Desplazamientos del sismo del 9 de noviembre de 1974.

En base a Aguiar Falconí, se pueden obtener espectros de respuesta elásticos de desplazamientos, velocidades y aceleraciones, encontrando las máximas respuestas en valor absoluto de $q(t)$, $q'(t)$ y $q''(t)$. A estas respuestas máximas se las denomina con las letras S_d , S_v y S_a .

$$S_d = [q(t)]_{max} \quad S_v = [q'(t)]_{max} \quad S_a = [q''(t)]_{max}$$

Retomando lo dicho por Aguiar Falconí, de estos tres tipos de espectros los que más se utilizan, al menos en Latino América son los espectros de aceleraciones y son los que vienen definidos en las normativas sísmicas. Debido a estos es que estos espectros no toman en consideración el tiempo de duración del sismo.

1.5.2. Espectros de diseño.

En la figura 1.3 se demuestra cómo se obtiene un espectro de diseño, para esto es necesario recopilar todos los datos información disponible sobre registros sísmicos de alguna región, así mismo el tipo de suelo ya que el sismo podría tener diferentes registros en suelo rígido o en suelo blando, a pesar de que puedan estar aledaños ambos suelos.

Aguiar Falconí (2008), recomienda que sea preferible trabajar con los registros de los cuales se obtengan espectros con magnitudes mayores a cuatro o en su defecto que las aceleraciones hayan sido máximas superiores al 10% de la aceleración de la gravedad.

“Lamentablemente en América Latina no se dispone de una suficiente cantidad de registros sísmicos, clasificados de acuerdo al tipo de suelo, ni tampoco de registros de sismos fuertes por lo que toca trabajar con los archivos que se disponen o en su defecto se pueden generar registros sísmicos artificiales que sean compatibles con la sismicidad local de una región.” (Orozco et al; 2005: 32)

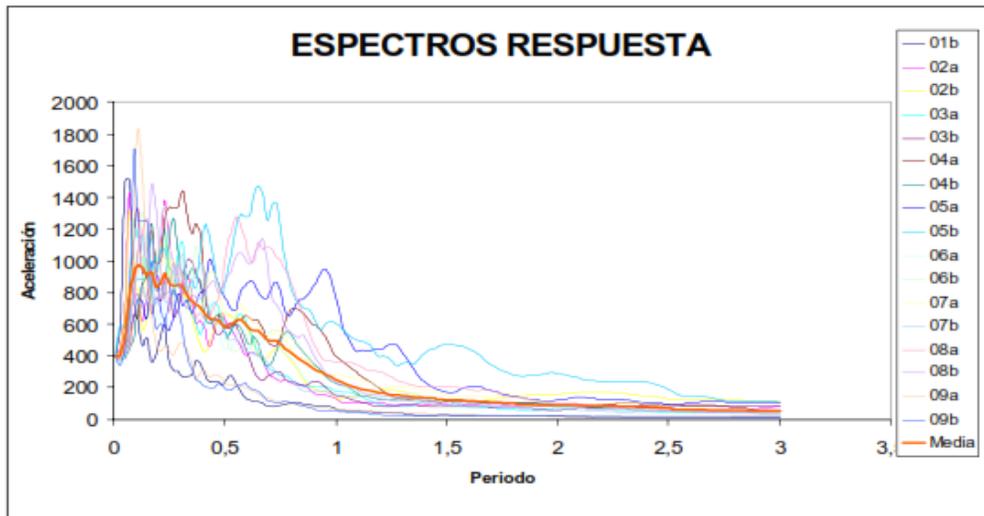


Figura1.3 Esquema de obtención de un espectro de diseño.

Fuente. Aguiar Falconí, 2008: 28.

1.6. Porcentaje de acero.

Para el diseño de los elementos estructurales se tienen determinadas consideraciones que establecen las características para las secciones, una de estas consideraciones es el porcentaje de acero que necesitan los elementos de concreto reforzado. Para esto, se conoce un rango de acero que será utilizado en la estructura, en el diseño estructural se conoce como porcentaje de acero máximo permisible y porcentaje de acero mínimo.

1.6.1. Porcentaje de acero máximo permisible.

De acuerdo con McCormac (2005), las secciones de concreto reforzado que sean balanceadas (no sobreforzada ni sobrerreforzada), teóricamente fallarán en forma repentina. Para lo cual, el código ACI (10.3.3) limita el porcentaje de acero usado en vigas de concreto reforzadas simples (sin carga axial) a 0.75 veces el porcentaje que daría una condición balanceada.

El porcentaje balanceado de acero se expresa como ρ_b y se obtiene con la siguiente fórmula:

$$\rho_b = \left(\frac{0.85\beta_1 f'_c}{f_y} \right) \left(\frac{6120}{6120 + f_y} \right)$$

(Ecuación 8-1 del ACI)

Se debe considerar la existencia de los distintos tipos de falla, “una viga sobrerreforzada fallará de manera frágil, mientras que una subreforzada fallará en

forma dúctil. Para trata de garantizar que solo ocurran fallas dúctiles, el código (10.3.3) limita el porcentaje máximo de acero al valor $\rho_{m\acute{a}x} = 0.75\rho_b$ ". (McCormac; 2005: 81) Los valores que se obtienen para estos porcentajes se utilizan en el criterio de diseño por resistencia última.

1.6.2. Porcentaje mínimo de acero.

A veces, debido al diseño arquitectónico plantea ciertas dimensiones de los elementos que son necesarias en la apariencia de la estructura, se seleccionan dimensiones para los elementos que son mucho mayores que las requeridas sólo por la flexión. Teóricamente estos miembros requieren muy poco refuerzo. Por lo que el otro tipo de falla que puede existir ocurrir en vigas muy ligeramente reforzadas según McCormac (2005), en este caso si el momento resistente último de la sección es menor que su momento de agrietamiento, la sección deberá entonces fallar tan pronto como se forme una grieta. Este tipo de fallas ocurren sin previo aviso.

El acero desempeña un papel importante en evitar este tipo de fallas o de las ya mencionadas, entonces "para evitar tal posibilidad, el ACI (10.5.1) especifica una cierta cantidad mínima de refuerzo que debe usarse en cada sección de los miembros a flexión donde se requiere refuerzo de tensión de acuerdo con el análisis, ya sea por momento positivo o negativo". (McCormac; 2005:82)

El porcentaje mínimo de acero se representa como $\rho_{mín}$ y su valor se obtiene con la siguiente ecuación:

$$\rho_{mín} = \frac{0.7\sqrt{f'_c}}{f_y}$$

En el proceso del diseño se comparan los valores obtenidos de estos porcentajes, el criterio para usar alguno de los resultados que obtuvieron dependerá de las diferentes situaciones que se den a lo largo del mismo proceso para el diseño de los elementos estructurales.

CAPÍTULO 2

TEORÍA DE COSTOS CONSTRUCTIVOS.

En este capítulo se abordarán los conceptos básicos de costos de construcción, considerando desde la clasificación de los materiales necesarios para los elementos estructurales, ya que de su clasificación dependen sus costos, hasta la mano de obra que es un factor primordial que afecta significativamente al costo final de la estructura, además de la cuantificación de materiales y mano de obra que es importante en un presupuesto necesario en la presente investigación.

2.1. Concepto para materiales de construcción.

El concepto de material puede definirse como una porción de materia con sus mismas características generales, pero siendo un elemento real con tamaño y dimensiones, pudiendo ser trabajable y transformable para su mejor aprovechamiento. El hecho de tener una determinada composición química y unas características físicas determinadas, con dimensiones finitas y la posibilidad de transformar tanto unas como otras, se permite la adaptación de los materiales para el uso específico que se requiere en la obra.

Los elementos de las diversas edificaciones son producidos a partir de dichos materiales, mano de obra y en algunos casos de cierto tipo de maquinaria, cada uno de estos factores implican costos que se generan a partir de las características de los componentes de cada uno de los elementos, por lo cual es de

suma importancia presupuestar el costo final que se requerirá para cada elemento estructural.

Los materiales de construcción se definen como los cuerpos que integran los elementos de las obras civiles, cualquiera que sea naturaleza, composición y forma. Dentro de estos materiales se denotan aquellos que sirven para la realización de una edificación, según la función que desempeñan en la obra se pueden clasificar en materiales fundamentales, materiales conglomerantes y materiales complementarios o auxiliares.

De acuerdo con la página electrónica www6.uniovi.es (2016), se considera que los materiales fundamentales (acero, cemento, pétreos, etcétera) sirven para construir las unidades de obra capaces de soportar los distintos esfuerzos mecánicos y a las acciones de intemperismo a las que se encontrará sometida la construcción que se proyecta. Los materiales conglomerantes son aquellos que constituyen la base de los morteros y concretos, los cuales son utilizados para unir materiales del grupo anterior, además de constituir los últimos, por sí solos y en adición con el acero se convierten en materiales necesarios para la construcción.

Las pastas que se obtienen con los conglomerantes pueden ser extendidas y moldeadas para adquirir, después de endurecidas, características mecánicas similares a las de los materiales pétreos naturales y artificiales. Los principales conglomerantes empleados en la construcción son el cemento Portland, el yeso y la cal (cabe mencionar que la cal ya no es un material realmente necesario).

2.1.1. Clasificación de los materiales.

Los materiales utilizados en la construcción se pueden dividir en dos tipos generales atendiendo a su origen: naturales y artificiales. Los materiales naturales, son aquellos que pueden ser empleados tal como se hallan en la naturaleza, labrándolos para darles la forma y dimensiones adecuadas, pero sin realizar en ellos transformación físico-química alguna. Los materiales artificiales, son aquellos que, tras un proceso de elaboración y transformación de su composición, adquieren las características apropiadas a su uso. Se utilizan como materias primas para su obtención los materiales naturales, que modificados a base de los distintos procesos de fabricación, dan como resultado el material artificial. Esta primera gran clasificación, se divide a su vez en dos grupos de acuerdo con la naturaleza del material, pudiendo ser de carácter orgánico o inorgánico.

Basado en los conceptos básico de la ingeniería civil, debe saberse que tiene una amplia gama de materiales para construcción, debido a que son recursos indispensables durante el proceso, desde su extracción y hasta su uso en el ámbito constructivo, porque pueden tener diferentes usos, a continuación, se muestra cuadro de la clasificación de los mismos.

- 1. Pétreos naturales
 - Arenas.
 - Gravas.
 - Rocas de gran tamaño.

- 2. Pétreos Artificiales
 - Cerámicos y vidrios.
 - Aglomerantes: Yeso, cales y cementos.
 - Aglomerados: Morteros, concretos y prefabricados.
- 3. Metálicos.
- 4. Orgánicos naturales: Maderas y corchos.
- 5. Orgánicos artificiales: Resinas y plásticos.
- 6. Bituminosos: Asfaltos.
- 7. Pinturas.

Con esta clasificación se tiene una idea de cómo se pueden subdividir los materiales utilizados para la construcción, por lo que cada uno tiene sus características y cualidades principales, definidas por su estructura.

Como se ha mencionado anteriormente, uno de los componentes más importantes para el concreto, el material principal para los elementos estructurales objetivo de esta investigación, son los agregados. Los agregados se clasifican en finos y gruesos, para lo cual “el agregado fino es un relleno más pequeño hecho de arena. Varía en tamaño desde el núm. 4 hasta el núm. 100 del tamiz estándar americano. Un buen agregado fino deberá estar libre de impurezas orgánicas, arcilla o cualquier material dañino o relleno excesivo de tamaños más pequeños que el tamiz del núm. 100”. (Nawy; 2000, 16)

Para el caso de los agregados gruesos de acuerdo con Nawy (2000) se clasifica como tal si el tamaño de la partícula es mayor de $\frac{1}{4}$ " (6 mm). El cual debe estar libre de impurezas que puedan afectar su comportamiento en la mezcla para el concreto. Los tipos de agregado grueso más comunes son:

- 1) Piedra natural triturada: La roca puede ser de tipo volcánico, sedimentario o metamórfico.
- 2) Grava natural: Se produce por la acción de intemperismo del agua corriente en los fondos y riberas de ríos. Da menos resistencia que la roca triturada, pero es más manuable.
- 3) Agregados gruesos artificiales: Son principalmente escoria y esquisto expandido, y se utilizan con frecuencia para producir concreto ligero.

Uno de los principales materiales que se usan en la construcción es el cemento, este tipo de material está compuesto principalmente por silicatos de calcio y aluminio. Además, se le adiciona agua a estos minerales, lo cual produce una pasta, que a su vez ya endurecida alcanza una alta resistencia, dependiendo de las porciones que se les dé a los agregados.

Basado en lo determinado por Nawy (2000), la resistencia del concreto es el resultado de un proceso de hidratación. Este proceso químico resulta en recristalización en forma de moléculas entrelazados que producen el cemento en vía de hidratación, el cual tiene una elevada resistencia a la compresión cuando este se rigidiza.

“Cuando el cemento Portland se combina con agua durante el fraguado y endurecimiento, se libera cal de alguno de los compuestos. La cantidad de cal liberada es del 20% del peso del cemento. Bajo condiciones desfavorables, esto puede causar disgregación de una estructura por causa de la acción disolvente de la cal con el cemento. Por lo que debe prevenirse adicionando al cemento, un mineral de silicio llamado puzolana.” (Nawy; 2000: 12)

Cabe mencionar que la disgregación del concreto se debe a los ciclos de humedad, heladas, deshielos, resequedad y la prolongación de grietas resultantes, esto es de suma importancia. Por lo cual la presencia de pequeños vacíos de aire en la pasta de cemento se puede eliminar agregando aditivos con inclusores de aire al concreto mientras este se está mezclando.

2.2. Concepto de costos.

De acuerdo con la página electrónica www.cuevadelcivil.com (2016), los costos de construcción se pueden identificar de manera general por los siguientes componentes los cuales participan profundamente en los costos básicos de una obra:

1. Materiales
2. Mano de obra.
3. Equipos y herramienta.
4. Gastos generales: administración e imprevistos.
5. Impuestos.

Los primeros tres componentes se denominan costos directos. Los cuales tienen una relación de manera central con la ejecución física de la obra, estos costos están directamente relacionados con la cantidad de obra a ejecutar, así como la cantidad de materiales a utilizar y la mano de obra para el manejo de herramienta equipo necesario durante el proceso constructivo.

Los gastos generales también se conocen como costos indirectos, y están relacionados especialmente con el tiempo de ejecución, e incluyen todos aquellos factores diferentes de los costos directos, que afectan la ejecución de la obra incluyendo gastos administrativos, de mantenimiento, financieros, impuestos, pólizas, servicios públicos, comunicaciones, control técnico, campamentos, vías de acceso, etc., además de los imprevistos.

2.2.1 Concepto de costo directo.

Dentro de la contabilidad y administración que hay dentro de una obra, se tiene como elementos principales, los conceptos de costo directo y costo indirecto, los cuales funcionan como base para poder analizar las tarjetas de precios unitarios, que se deben de ir calculando para poder determinar el presupuesto preliminar y presupuesto final de obra.

Con base en lo definido por Suárez Salazar (2012), el costo directo son aquellos gastos que se ejecutan de manera directa en la obra física, como la cuantificación de material, mano de obra, equipo y herramienta necesaria para su

ejecución directa, sin tener algún contratiempo y poner trabajar de acuerdo al calendario de obra marcado.

2.2.2 Cuantificación.

Si bien se conoce que por medio de las especificaciones que se han establecido dentro de un proyecto, se pueden definir de manera concreta las características y calidades requeridas para un producto, es necesario averiguar, cuántas y cuáles serán las partes que integrarán el mismo, debido a que se toma un factor de desperdicio mínimo.

Suárez Salazar (2012), define que el mínimo divisor de cualquier número entero, es la unidad, por lo cual se tratará de reducir cualquier producto o subproductos a sus componentes unitarios, usando para esto el Sistema Métrico Decimal. Y con esto para poder asignar a un concepto la unidad correspondiente, ya sea volumen, área o longitud, se debe de tomar en cuenta la unidad dominante del concepto, así mismo la forma más sencilla de poder cuantificarlo. Cabe resaltar que es demasiada la importancia la interrelación que se tiene con las especificaciones, cuantificaciones, análisis de costo, y de manera muy especial la congruencia clara y explícita, al considerarse un análisis detallado exacto de los costos con un mismo rigorismo.

Esto da una idea más estructural de lo que se debería de considerar al momento de realizar un presupuesto. “Tomando en cuenta que las condiciones del presupuesto y más aún las del antepresupuesto pueden variar en el transcurso de

la obra, por lo cual es conveniente realizar las cuantificaciones de una manera sintetizada, que nos permita revisarlas e interpretarlas para lo que se sugieren diversas formas de cuantificación” (Suárez Salazar; 2012: 98)

Retomando lo antes definido, a continuación, se mostrará un ejemplo de cómo se debe de ir formando una cuantificación básica:

1) Cuantificación de concreto, acero y cimbra.

La forma mostrada que se sugiera hacerlo es comenzarla, anotando la denominación de la obra, el número de plano analizado y el número de hoja consecutiva, posteriormente, en la columna de las descripciones anotar los tipos de elementos a cuantificar, indicando sus ejes limitantes, y de ser conveniente un croquis de aclaración o señalización, así como señalar las aclaraciones de acero de refuerzo en el lecho superior e inferior, bastones, estribos, etcétera.

2) Resumen de las cuantificaciones,

De la siguiente manera se sugiere, resumir en partidas congruentes, las cuantificaciones obtenidas parcialmente, las cuales creamos convenientes para cuando sean entregadas al supervisor de cuantificaciones y así poder realizar la primera revisión y en su caso poder detectar errores numéricos o de conceptos.

3) Revisión paramétrica.

Finalmente, después de haber tenido una revisión parcial tanto numérica como de conceptos, es recomendable una revisión global en base a los parámetros obtenidos; tales como la cantidad de acero por metros cúbicos

de elemento estructural, las dimensiones de traveses o columnas. También es recomendable realizar de forma selectiva, el cuantificar los elementos estructurales representativos o promedio dentro del proyecto, para así poder asignar un límite más preciso a la revisión paramétrica.

2.2.3. Costo de mano de obra.

En algunos campos de la construcción, la mano de obra representa un alto porcentaje del costo total que conlleva una obra. Por lo que es importante tener un estudio detallado de los diversos factores que integran dicho costo.

2.2.3.1. Remuneración.

De acuerdo con Valdés (1991) uno de los factores que intervienen en el costo de construcción, son todas aquellas erogaciones que el constructor tiene que realizar para remunerar la fuerza de trabajo que aporta un obrero.

Para dicha remuneración se pueden considerar diferentes métodos, sin embargo, se retoma lo dicho por Valdés (1991):

- 1) Remuneración por día. Esta forma de pago al obrero consiste en pagarle la cantidad de dinero fija por cada día (jornal) trabajado. Este método implica la constante revisión de la actividad de los trabajadores, lo cual solo se consigue analizando de antemano el número máximo de personas que pueden ser controladas de manera óptima por algún

supervisor, lo cual llega a ser redundante por ser un gasto mayor administrativo.

- 2) Remuneración por destajo. Consiste en pagar al trabajador cierta cantidad de dinero, pactada con anterioridad, por cada unidad de trabajo, es decir, mientras más unidades de trabajo cumpla el obrero en un tiempo determinado, mayor será la cantidad de dinero recibida. El problema de este método de pago cuando no se maneja de manera adecuada, éste consiste en que los trabajadores tienen la inclinación de realizar su labor en el menor tiempo posible, lo cual provoca una disminución de calidad en su trabajo. Sin embargo, en el caso contrario, un buen manejo será consecuencia de un beneficio económico para el trabajador y avances de obra importantes en el desarrollo del proyecto.

Se debe considerar la necesidad de pagar lo justo por el trabajo realizado por los obreros dentro de la construcción, “es importante recalcar que cualquiera que sea el método de remuneración que se use, el trabajador siempre deberá percibir cuando menos el salario mínimo legal establecido por la institución gubernamental correspondiente”. (Valdés; 1991: 73)

2.2.3.2. Salario.

En el subtema anterior se habló de la forma de pago por el trabajo que realiza un trabajador de la construcción, sin embargo, es importante enfatizar que las remuneraciones hechas a los trabajadores son sinónimo de salario. Como

menciona Valdés (1991), es muy importante que al contratar o ejecutar una obra, no pierda de vista a qué tipo de salario se está refiriendo el convenio contractual o qué tipo de salario está reportando en sus informes.

Por lo anterior se deberá tener muy en claro la diferencia entre:

- a) Salario mínimo.
 - b) Salario base o nominal.
 - c) Salario real.
-
- a) “Se deberá conocer como salario mínimo aquel salario estipulado por la institución gubernamental correspondiente, (en el caso de México, la Comisión Nacional de Salarios mínimos), dicho salario tiene un carácter de obligatoriedad avalado por nuestra legislación en materia laboral, es decir, ningún trabajador que mantenga una relación laboral con alguna empresa o patrón podrá percibir un salario inferior al salario mínimo; este salario mínimo es el que se otorga a la menor categoría o capacidad del trabajador que es el denominado peón.” (Valdés; 1991:75). En México se tiene el territorio subdividido en zonas económicas a las cuales corresponden distintos salarios mínimos de acuerdo al costo de vida en cada zona.
 - b) El nombrado salario base o nominal, corresponde a aquel que por el cual se contrata al trabajador por cada día de trabajo transcurrido.
 - c) Salario Real es el costo total que un trabajador representa para la empresa ya sea pública o privada. Este salario es superior al salario base en un porcentaje considerable que depende de las prestaciones de la empresa.

2.2.3.3. Salario diario total.

De acuerdo con Suárez Salazar (2012), analizando el salario diario total se encuentra que:

Salario Diario Total (SDT) = Salario Diario Base (SDB) + Prestaciones (PRE) x
Factor de Salario Real (FSR)

Por lo tanto, $SDT = (SDB + PRE) FSR$

2.2.3.4. Prestaciones y derechos.

Las prestaciones y derechos a la mano de obra, son parte de la justicia social a la clase trabajadora, que es necesaria para que se cumpla con lo acordado por el trabajador y la empresa. Por lo tanto, es importante considerar estos factores en el costo a analizar por la estructura. Como menciona Suárez Salazar (2012), se pueden considerar como principales prestaciones que debe cubrir el patrón a las que se mencionan enseguida:

- a) Prima vacacional (0.41% como mínimo). La ley federal del Trabajo, en su artículo 80 indica:

Artículo 80.- “Los trabajadores tendrán derecho a una prima no menor de veinticinco por ciento sobre los salarios que les correspondan durante el período de vacaciones.”

Valuando el 25% de 6 días/365 días = $0.0041 \times 100 = 0.41\%$

b) Aguinaldo (4.11% como mínimo). La Ley Federal del Trabajo, en su artículo 87 indica:

Artículo 87.- “Los trabajadores tendrán derecho a un aguinaldo anual que deberá pagarse antes del día veinte de diciembre, equivalente a quince días de salario, por lo menos.”

“Los que no hayan cumplido el año de servicios tendrán derecho a que se les pague en proporción al tiempo trabajando.”

Valuando 15 días de aguinaldo/ 365 días = 0.0411 x 100 = 4.11%

c) Seguro social (15.9375% a 19.6875%). En el año de 1963 se implantó la Ley del Seguro Social que cubre los siguientes seguros.

- I. Accidente de trabajo y enfermedades profesionales.
- II. Enfermedades no profesionales y maternidad.
- III. Invalidez, vejez y muerte.
- IV. Cesantía en edad avanzada.

Los cuales son cubiertos entre el estado, el trabajador y el patrón, es esta última aportación la que deberá incluirse en el costo de la mano de obra.

d) Impuesto Sobre Remuneraciones Pagadas (1%). El ISRP es un impuesto que se aplica sobre la remuneración total incluyendo la prima dominical, aguinaldo, prima vacacional, participación de utilidades a los trabajadores, compensaciones, gratificaciones, prima alimenticia y viáticos.

e) Infonavit (5%). Se aplica sobre sueldos y salarios base.

A continuación, se muestra una tabla de salario mínimo parcial, basado en las condiciones de Suárez Salazar (2012).

		ZONA		CNSM	PARA 2016				
		SOBRE SALARIO DIARIO BASE			SOBRE SALARIO DIARIO BASE+PRIMA VACACIONAL+AGUINALDO		SOBRE SALARIO DIARIO BASE		
	SALARIO DIARIO BASE	PRIMA VACACIONAL 0.41%	AGUINALDO 4.11%	SUMA	I.M.S.S. CUOTA PATRONAL	I.S.R.P. 1%	I.M.S.S. GUARDERÍA S 1%	INFONAVIT 5%	TOTAL
Oficial fierro	314.29	1.29	12.92	328.49	16.17	3.28	3.14	15.71	366.80
Ayudante fierro	171.43	0.70	7.05	179.18	14.99	1.79	1.71	8.57	206.24
Oficial carpintero	285.71	1.17	11.74	298.63	14.99	2.99	2.86	14.29	333.75
Ayudante carpintero	185.71	0.76	7.63	194.11	14.20	1.94	1.86	9.29	221.40
Oficial albañil	314.29	1.29	12.92	328.49	13.61	3.28	3.14	15.71	364.25
Ayudante albañil	200.00	0.82	8.22	209.04	13.02	2.09	2.00	10.00	236.15

Tabla 2.1.- Tabla de salario diario parcial del personal de campo.

Fuente: Suárez Salazar; 2012: 117.

2.2.3.5. Factor de salario real.

Como menciona Suárez Salazar (2012), tanto la Ley Federal del Trabajo como su costumbre y el medio ambiente, hace que de alguna manera se reduzca el tiempo efectivo de trabajo, por lo tanto, es necesario evaluar esta incidencia en cada obra particular de la manera siguiente:

$$\text{Factor de salario real} = \frac{\text{Período considerado total}}{\text{Período trabajado real}}$$

$$\therefore \text{FSR} = \frac{\text{PCT}}{\text{PTR}}$$

Donde:

Periodo trabajado real = período considerado real - días no trabajados.

$$\therefore \text{PTR} = \text{PCT} - \text{DNT}$$

Esto se obtiene de haber analizado con detalle los días no trabajados, y se tiene que:

Domingos (52 días por año). Basado en lo que marca la Ley Federal de Trabajo en su artículo No. 69, se indica que por cada 6 días de trabajo corresponde 1 día de descanso, que por costumbre se generaliza a que sea el día domingo.

Días festivos (Se tienen 7.17 días por año). Es por esto que la misma Ley Federal del Trabajo en su artículo No. 74, señala como días de descanso que reducen el tiempo de trabajo.

Como días festivos se encuentran mencionados a continuación:

1° de enero, 5 de febrero, 21 de marzo, 1° de mayo, 16 de septiembre, 20 de noviembre, 25 de diciembre y el 1° de diciembre (cada seis años).

Días de costumbre (6 a 8 días por año). Como es marcada la costumbre en la industria de la construcción, en ocasiones suele ser más arraigada que la misma ley, señalando, que según la ubicación geográfica d la obra, son diferentes

días los que se otorgan como descanso, entre otros aspectos considerables, estos días son:

3 de mayo (Día de la Santa Cruz), Días variables (Jueves y Viernes Santo, así como el Sábado de Gloria), 1° de noviembre (Todos los santos), 2 de noviembre (Fieles difuntos), 12 de diciembre (Día de la Virgen de Guadalupe) y Variable (Santo patrón, de la población donde este).

Vacaciones (6 a 22 días por año). En la Ley federal del trabajo, artículo No. 76, señala:

Artículo 76.- Los trabajadores que tengas más de un año de servicios disfrutarán de un período anual de vacaciones pagadas, que en ningún caso podrá ser inferior a seis días laborables, y que aumentará en dos días laborables, hasta llegar a doce, por cada año subsecuente de servicios.

Después del cuarto año, el período de vacaciones se aumentará en dos días por cada cinco de servicio.

2.3. Rendimientos de obra.

Como es de conocerse durante el proceso constructivo de alguna obra civil, los rendimientos y consumos utilizados en la presupuestación y programación de obras, se deben de fundamentar en múltiples observaciones y en un análisis estadístico, que considere las condiciones particulares en las cuales se realicen las diferentes actividades de construcción.

2.3.1. Concepto de rendimiento de obra.

En base a Suarez Salazar (2012), define al rendimiento como la cantidad de obra ejecutada de alguna actividad constructiva, en este caso realizada por una cuadrilla, así como llevar a cabo la estadística de rendimientos realizados en comparación con los estimados, en base a experiencia, políticas de empresas, etcétera. Y esto debe de ir conforme al tiempo marcado para poder llevar a cabo, el desarrollo y construcción de la obra civil en tiempo y forma.

2.3.2. Rendimiento de mano de obra.

Éste concepto se define como la cantidad de obra de alguna actividad completamente ejecutada por la cuadrilla a cargo de dicha actividad, la cual puede ser compuesta por uno o varios operantes de diferentes especialidades por una unidad de recurso humano, por lo regular se expresa como um/hH (unidad de medida de la actividad por hora Hombre). Esto basado en Botero Botero (2002).

2.3.3. Consumo de mano de obra.

Se puede definir como la cantidad de recurso humano en horas-Hombre, que se emplea por cuadrillas llevando a cabo diferentes especialidades. El consumo de mano de obra se expresa normalmente como hH/um (horas-Hombre por unidad de medida), siendo este el inverso del rendimiento de obra.

La eficiencia en cuanto a productividad se refiere el rendimiento de construcción, es necesario hacer saber que puede variar en un amplio porcentaje que va desde el 0% lo cual indica que no se llevó a cabo la actividad deseada, hasta el 100% que indica un avance máximo en labores, favoreciendo en un amplio rango el avance constructivo, siendo este porcentaje la máxima eficiencia teórica posible.

“Enmarcados entre los dos conceptos anteriores, los rendimientos y consumos reales de mano de obra obtenibles en cualquier condición, para los cuales se han definido diferentes rangos de acuerdo con la eficiencia en la productividad, como se muestra en la siguiente tabla, de acuerdo a la propuesta por John S. Page.” (Estimator’s general construction man–hour manual; 2002: 03)

A continuación, se muestra la clasificación en cuanto a eficiencia de rendimiento se indica el concepto anterior:

EFICIENCIA DE LA PRODUCTIVIDAD	RANGO
Muy baja	10% - 40%
Baja	41% - 60%
Normal (Promedio)	61% - 80%
Muy buena	81% - 90%
Excelente	91% - 100%

Tabla 2.2.- Clasificación de la eficiencia en la productividad de la mano de obra.

Fuente: John S. Page; 2002: 03.

De acuerdo a la tabla 2.2, anteriormente mencionada y por lo general de manera práctica se considera como normal o promedio, el rango de eficiencia comprendido entre el 61% y el 80%, por lo tanto, se puede definir como el 70% el valor normal de productividad en cuanto a mano de obra, rango que puede ser afectado de manera positiva o negativa debido a factores externos, de tal manera que pueden obtenerse así rendimientos mayores o menores al promedio.

2.3.3.1. Factores que afectan el rendimiento o consumo de mano de obra.

En base a la práctica ya sea laboral o académica, es bien sabido que en cada proyecto de construcción y basado en sus especificaciones, se realiza en condiciones muy diferentes, de ahí derivándose diferentes factores que influyan de manera positiva o negativa en los rendimientos y consumos de mano de obra, como se menciona anteriormente estos factores se agrupan bajo siete categorías, como se muestra en la siguiente tabla:

1	Economía general
2	Aspectos laborales
3	Clima
4	Actividad
5	Equipamiento
6	Supervisión
7	Trabajador

Tabla 2.3.- Factores que afectan el rendimiento o consumo de mano de obra.

Fuente: John S. Page; 2002: 17.

2.4. Precios unitarios.

Con base en lo anteriormente descrito, se entiende por presupuesto de una obra o proyecto la determinación previa de cierta cantidad de dinero destinada a una obra civil, para poder llevarla a cabo, cuyo fin se toma en base a experiencia en otras construcciones que se asemejen. Por lo cual se tiene como base realizar tarjetas de precios unitarios, los cuales muestran en conjunto con los rendimientos y consumo de mano de obra, a determinar cierto monto necesario.

2.4.1. Concepto de precios unitarios.

Tomando como base, Suárez Salazar (2012), define el concepto de precios unitarios como la estructuración de un pronóstico de costos (presupuesto) dentro del análisis de precios unitarios se resume toda una política de trabajo, organización, capacidad técnica y administrativa del constructor, por otro lado se puede constituir como instrumento importante de control, definiendo así mismo el grado de confiabilidad ante un cliente, a medida que dicho análisis se hace de manera congruente con la realidad del mercado, defendiendo los intereses de todos los apartados que intervienen y reflejando el respeto que merece el trabajador, como ser humano digno, en la retribución de su esfuerzo.

2.4.2. Elaboración del presupuesto.

De acuerdo con la página de internet <http://www.cuevadelcivil.com> (2016), este apartado se realiza con base en los planos y en las especificaciones

marcadas dentro del proyecto, además de oras condiciones de construcción, así mismo se elaboran los programas de ejecución, así como el análisis de precios unitarios de los diversos conceptos que se especifiquen, dando valores parciales de los conceptos, de esta manera se obtiene el costo total de la obra. Los pasos a seguir son los que se mencionan a continuación:

- 1. Listado de precios básicos.** Dentro de este concepto, se menciona que el presupuesto debe de incluir la lista de precios básicos de materiales, equipos y salarios utilizados.
- 2. Análisis de precios unitarios.** Incluye todas las indicaciones de cantidades de costos, los materiales de obra necesarios, tipos de transporte, desperdicios que se considerarán dentro de la ejecución, rendimientos, costo de mano de obra, etcétera.
- 3. Componentes que integran el presupuesto.** En este marco se presentan el desglose paso a paso del presupuesto realizado con las cantidades y precios previamente investigados, dividiéndolos por componentes, como se indica a continuación: materiales, mano de obra, subcontratos, equipos y gastos generales. Finalmente, en el apartado de costos directos y costos indirecto.
- 4. Fecha del presupuesto.** En éste se indica la fecha en la que se debe hacer el estimado de la obra, a su vez en caso de que llegue a realizarse una proyección de obra de los costos en el tiempo, se debe de indicar en el mismo.

2.4.2.1. Los costos en la construcción.

Con base en lo dicho por Suárez Salazar (2012), los costos en construcción se definen como el proceso general de identificar los grandes componentes de los cuales llevan a cabo una participación en los costos básicos de una obra, estos son:

- Materiales.
- Manos de obra.
- Equipos y herramientas necesarias.
- Gastos generales de obra: (administración e imprevistos).
- Impuestos.

Los primeros tres componentes se consideran como el costo directo de la obra, los cuales tienen una relación directa en cuanto a la ejecución física de la obra, estos costos van relacionados en conjunto con las cantidades de obra a ejecutar dentro de la misma.

Los gastos generales son comúnmente conocidos como costos indirectos, y estos son relacionado en específico con el tiempo de ejecución, incluyendo todos los factores diferentes a costos directos, los cuales afectan a la ejecución de obra incluyendo en el mismo los gastos administrativos, mantenimiento, financieros, impuestos, pólizas, servicios públicos, comunicaciones, control mecánico, control técnico, vías de acceso, etcétera., además de tener en consideración los imprevistos.

2.4.2.2. Etapas en el estudio de un presupuesto.

De acuerdo con Suarez Salazar (2012), al momento de llevar a cabo la realización de un presupuesto, se debe de tener en consideración el tiempo definido para llevarlo a cabo de manera física y desde el punto de vista de una empresa constructora, se deben de cumplir con algunos aspectos técnicos para poder hacer una propuesta económica, por lo cual se toman en cuenta los siguientes aspectos:

- Se debe de analizar de manera atenta el calendario de la presentación de la propuesta, es decir tomar en cuenta cuando el análisis de los precios de los materiales, el tiempo en que se elaboran los aspectos técnicos, tiempo que se requerirá para armar la propuesta, etcétera.
- Posteriormente se debe realizar un estudio general y a detalle el análisis de las bases de licitación plasmadas en las condiciones que se otorguen al contratista.
- Una vez obtenido el conocimiento del trabajo u obra a ejecutar, así como las condiciones que se imponen en las bases del proyecto, es muy recomendable hacer una visita al lugar. Una vez en el lugar de obra se deben de tomar condiciones extras que no hayan sido marcadas, como el tipo de acceso que tendrá la obra, disponibilidad de materiales, combustible, agua potable, medios de transporte para trasladar al personal a la obra, de igual manera estar pendiente del tipo de clima que se presente en el lugar.

- Después de haber llevado a cabo los pasos anteriores, se debe de tener al alcance un estudio o listado de los precios actualizados de mano de obra, materiales, herramienta y maquinarias.

CAPÍTULO 3

RESUMEN DE EJECUTIVO DE MACRO Y MICROLOCALIZACIÓN

En este capítulo se dará a conocer cómo se encuentra constituida o definida la zona de estudio en lo que se refiere a la ubicación del proyecto de dicho tema en esta tesis, donde se mencionará cómo se desglosará este apartado mediante algunos conceptos antes mencionados.

3.1 Generalidades.

Se realizará el análisis de los elementos estructurales principales de una estructura, como lo son trabes y columnas. Así como los cálculos correspondientes para que se pueda realizar de la manera más adecuada los diagramas de interacción.

Con lo anterior, se realizará una optimización adecuada para dar los detalles necesarios en cuanto al acero y la elaboración del presupuesto se refiera, ya que es donde se notará la diferencia en cuanto a costos y beneficios de las trabes y columnas calculadas y diseñadas.

Por último, la finalidad de esta tesis es la de obtener el porcentaje de acero necesario, sin que llegue a haber un excedente de acero o de costos en la elaboración del presupuesto. De la misma manera evitando el desperdicio de acero.

3.1.1. Objetivo.

Se determinará mediante algunas gráficas analizadas y realizadas en un programa (Excel), el cual ayudará a mostrar el comportamiento de interacción entre los costos y materiales, y así mismo con el fin de poder obtener el porcentaje de acero necesario, sin la necesidad de que se desperdicie; así como la realización del predimensionamiento de diferentes secciones en trabes y columnas; para así poder determinar cuál pueda ser la principal causa, y determinar si es en las medidas de las secciones de dichos elementos o el hecho de que se use acero sobrado dentro de ellos. Tomando varios conceptos básicos que nos puedan ayudar a la realización y cálculos.

3.1.2. Alcance del proyecto.

Dentro de este apartado se dará a conocer el alcance que tendrá este tema de tesis, el cual va enfocado únicamente dentro del estado de Michoacán, específicamente en el municipio de Uruapan, con respecto a edificaciones importantes como los principales hoteles de la ciudad o algunas residencias de reconocimiento, de la misma manera en casa habitación ya que se ha observado que se llegan a encontrar daños estructurales dentro de los principales elementos, los cuales son las trabes y columnas, tomando en cuenta que sólo se realizará el análisis de los elementos estructurales en las trabes se realizará con medidas estándar que si bien se conoce las trabes van desde los 3 metros en casas habitación, hasta 8 metros en residencias y en hoteles, por lo cual se enfocará en

estas dos longitudes, comenzando a analizar desde los 3 metros hasta los 9 metros, subiendo cada metro para tener un rango constante en la elaboración de las trabes, tomando como base en las cargas que se emplearán, iniciando con una carga inicial de 1 tonelada/ metro lineal, dando un total de 7 cargas a emplear las cuales irán aumentando cada media tonelada, para que así no se presente un amplio margen en los resultados de las gráficas de las mismas.

Por otra lado, las columnas se analizarán con una altura inicial desde los 2 metros hasta los 4 metros, la cual se van a ir aumentando cada 50 centímetros, hasta llegar a la medida última de 4 metros, y referente a las cargas que se emplearán serán puntuales con un valor que va desde 1 tonelada hasta 3 toneladas, aumentado cada media tonelada por lo cual se determinará de una manera gráfica tomando en cuenta los materiales que se necesitarán para la construcción de dichos elementos, además de tener el conocimiento de los costos actuales, ya que se sabe que cambian cada cierto tiempo, por lo cual se pretende determinar lo más acertado posible, además tomando en cuenta que la ciudad de Uruapan se encuentra dentro del Eje Neo volcánico mexicano, por lo cual se verá de qué manera se comportan los sismos y así mismo tratar de reducir los daños en las estructuras optimizando materiales y costos.

Teniendo los resultados ya estimados se dará la interpretación de una manera clara y concreta para ser explicadas. Para esto, por medio del programa de Excel se realizarán dichas gráficas de modo que se pueda apreciar de manera un tanto más clara como se puede comportar el elemento estructural, viendo como

un factor ya sea las medidas de los elementos o subir y bajar costos pueda alterar de manera intensa los resultados que se pretenden obtener.

Una de las principales razones por las cuales se abarca este tema, es porque se tiene el conocimiento de que durante la elaboración de una construcción principalmente en trabes y columnas, se llega a dar un gran desperdicio de acero, por lo cual afecta de manera directa a lo que se refiere el presupuesto, es por esto que se dio a la tarea de investigar como optimizar el uso de acero, sin que haya un desperdicio considerable, y reducir los costos de dicho material, así como el presupuesto.

3.2 Resumen ejecutivo.

De una manera general se explicará cómo se realizará este capítulo, dentro del cual se manejarán distintos programas para poder hacer los cálculos necesarios, debido a que se manejan algunas tarjetas de precios unitarios, el precio de materiales así como su calidad de construcción, ya que puede variar en algunos aspectos mínimos pero de gran importancia en el ámbito constructivo, así como el de poder determinar de una manera concreta la forma de hacer eficiente la cantidad de acero necesario, porque es el material que más se necesita durante la construcción, siendo este mismo el que más se desperdicia en pedacero que ya no se necesita por no cumplir con las medidas que se requieren para poder hacer uso de ello, es por ello que mediante estos datos recabados y por medio de algunas gráficas, se pretende demostrar como con cierta cantidad de acero se

mantenga en un presupuesto accesible u óptimo, y si se rebasa pueda sobre elevarse, o por ahorrar dinero quede ineficiente la construcción de elementos principales.

3.3 Entorno geográfico.

En este apartado se hará mención de cómo se encuentra la zona de Uruapan de una manera general, en la cual se detallará que tipos de suelos hay, que tipo de flora y fauna se pueda encontrar, mencionando elementos importantes que representen a dicha ciudad, por ser una de las más importantes dentro del estado de Michoacán.

3.3.1. Macro y microlocalización.

A continuación se describe la ubicación exacta de la ciudad de Uruapan, también conocida como “La Perla del Cupatitzio”, siendo esta la capital mundial del aguacate; la cual se encuentra en las coordenadas 19°25’16” latitud Norte y 102°03’47” longitud Oeste, dentro del estado de Michoacán (oficialmente llamado Michoacán de Ocampo) se encuentra a una altitud de 1620 m.s.n.m., cuenta con un número total de 113 municipios, aparte éste tiene una relación con el eje neovolcánico mexicano como se mencionó con anterioridad, al centro-occidente del estado de Michoacán, cuenta con una extensión territorial de 954,517 km² siendo por esto el segundo municipio más grande del estado. Limita con los municipios de Los Reyes, Charapan, Paracho, Nahuatzen, Tingambato,

Ziracuaretiro, Taretan, Nvo. Urecho, Gabriel Zamora, Parácuaro, Nvo. Parangaricutiro, Tancítaro y Peribán.

A continuación, se dará una recopilación de imágenes de cómo se encuentra la ciudad, partiendo desde el país hasta llegar al municipio en cuestión.



Figura 3.1. Macrolocalización del país.

Fuente: Google Maps (2016)

De la siguiente manera se prosigue a ubicar y mostrar el estado de Michoacán, el cual 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 Guerrero y al suroeste con el océano pacífico.



Figura 3.2. Macrolocalización del Estado de Michoacán.

Fuente: Google Maps (2016).

Llegando así al lugar en estudio que es la ciudad de Uruapan, lugar donde se llevará acabo el desarrollo y aplicación del tema de esta tesis.



Figura 3.3. Microlocalización del Municipio de Uruapan.

Fuente: Google Maps (2016).

La zona de proyecto destinada es dentro de la misma ciudad, porque se ha realizado un recorrido previo a diferentes edificaciones, residencias, lugares históricos (que hayan sido construidos por concreto reforzado), en los cuales se observa que por falta de acero se aplastan, se fracturan en diagonal y en su caso

por exceso de acero se lleguen a presentar fallas de exceso de recurso monetario invertido.

3.3.2. Geología regional y de la zona en estudio.

De acuerdo con un trabajo presentado en la Convención Nacional de Ingenieros en el año 2000, siendo la ciudad de Morelia la sede principal, se dio a conocer un estudio realizado por geólogos especializados en la materia, dando a conocer que el estado de Michoacán, es uno de los más importantes en cuanto a geología se refiere, ya que este cuenta con formaciones geológicas históricas, por la inmensa variedad de sus yacimientos minerales y no olvidando la incomparable belleza de sus paisajes, dentro del estado de Michoacán.

Cabe mencionar que el estado de Michoacán, cuenta con una geología de las siguientes etapas geológicas, como lo son: el período cenozoico, el terciario, cuaternario y eoceno, las cuales corresponden principalmente a los del tipo podzólico (suelos con cobertura orgánica superficial sobre una capa fina de ácido, color gris, rico en humus, esto sobre un horizonte firme, deslavado, después un horizonte inferior, de color marrón "limos", impermeable, rico en hierro, se forman en regiones con demasiada humedad).

Para el municipio de Uruapan, que es la zona de estudio en cuestión dentro del tema de esta tesis, se consulta a través de la página oficial del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), se dio a la tarea de comprobar estos

datos antes mencionados, siendo que son correctos ya que concuerdan en etapas de era geológica.

Se conoce está definido el tipo de orografía de acuerdo a las cartas topográficas del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), cuenta con un sistema volcánico transversal, y los cerros de la Charanda, y el cerro de la Cruz y Jicalán. Y los tipos de suelos que se encuentran son de tipo arcilloso, así como limo.

3.3.3. Hidrología regional y de la zona de estudio.

Uno de los principales sistemas hidrológicos en el estado de Michoacán es el del Río Cupatitzio, el cual nace dentro de la ciudad y del cual se obtiene la mayor parte del agua potable que se utiliza en la ciudad. Y también está el Río Santa Bárbara que nace dentro de la Presa de Caltzontzin y cruza el oriente de la ciudad. Ambos pertenecen a la cuenca del Río Tepalcatepec y éste a su vez a la región hidrográfica del Río Balsas.

3.3.4. Uso de suelo regional y de la zona de estudio.

En este apartado se hará la mención de cómo han sido los procesos de cambio en la cobertura y uso del suelo que se han encontrado por bastante tiempo como centro de atención de la investigación ambiental actual. La mayor parte de los cambios ocurridos en ecosistemas terrestres, los cuales han sido ocasionados

por la conversión de la cobertura del terreno, la degradación del terreno y la intensificación en el uso del terreno.

Estos procesos en el cambio del suelo se han asimilado de manera global, conociendo los motivos principales como la deforestación y la degradación forestal, estos van asociados a impactos ecológicos importantes, en prácticamente todas las escalas que se puedan reconocer. Por lo cual, provoca localmente la pérdida y degradación de suelos, cambios y alteraciones en el clima y la pérdida en la diversidad de especies locales. Ya que se conocen que la principal causa es la agricultura y cultivo de aguacate, así como la expansión de nuevos fraccionamientos a faldas de los terrenos.

Dentro de la zona de estudio que es la ciudad de Uruapan, el principal uso que se le da al suelo es para el cultivo de aguacate y agricultura que conlleva un (30.57%) y para la zona urbana un (5.57%), estos dos componentes van a ir creciendo debido a que el crecimiento demográfico incrementa.

3.3.4.1. Flora de la región.

De acuerdo con la página electrónica www.inegi.org.mx (2016), el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), con base en el Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación Serie III; Escala 1:250,000, menciona que existen tres tipos de vegetación en la ciudad de Uruapan: un 54.19% representa la zona boscosa, un 4.00% corresponde a la zona de pastizal, un 5.43% corresponde a la zona selvática, este último se considera en el "Parque

Nacional Barranca del Cupatitzio, Lic. Eduardo Ruíz”, en tanto que el restante 36.38% representa los cultivos de las huertas de aguacate.

3.3.4.2. Fauna de la región.

De acuerdo con la página electrónica www.cuenta.inegi.org.mx, el tipo de fauna es variado, debido a la zona en la que se encuentre, dentro de la zona boscosa se encuentra: la mariposa monarca, el coyote, zorrillos, ratón de campo, pájaro carpintero, aguililla de cola roja y búho cornudo. En la zona seca, se encuentran lagartijas de collar, víboras silvestres, mapaches, y ranas.

3.4. Informe fotográfico.

De acuerdo con el siguiente informe fotográfico se dará a conocer como son las maneras más comunes de los elementos estructurales, que son las trabes y columnas, éstas tienen como fin la de soportar las cargas de la estructura siendo los soportes principales, estas servirán como base fundamental para poder determinar las dimensiones, dando lugar a seguir con el análisis en cuanto a su figura sea cuadrada o rectangular, siendo óptimas para que logren el funcionamiento por el cual fueron diseñadas de tal manera.

3.4.1. Problemática actual.

Como bien es sabido, una de las principales problemáticas en estos tipos de elementos es la manera en que trabajan los esfuerzos, ya que en trabes las cargas pueden ser distribuidas o puntuales, y en casos especiales llega a haber una combinación de ambas cargas. Además de que durante su vida útil llega a presentar alguna deformación, a causa de las cargas, llegando a provocar fracturas de tipo cortante o simplemente una deformación de colgamiento.

Por otra parte, el trabajo de las columnas de la de dirigir las cargas desde la parte superior hasta el suelo que las recibirá, siendo su manera de recibir as cargas de manera puntual, esto es muchas ocasiones se han visto dañadas por el propio peso de la estructura por falta de acero o en su caso por exceso de acero, pero no de las medidas correctas, ocasionando aplastamientos de las mismas.

3.4.2. Estado físico actual.

A continuación, se mostrarán algunas fotografías de trabes y columnas, dando a conocer sus formas, de que material están realizadas, así como algunas pequeñas fracturas que pudieran haberse presentado por algún más diseño o por algún sismo en su caso.



Fotografía 1.- Interior del Hotel Regis. Uruapan, Michoacán.

Fuente: Propia (2016).

Dentro de esta foto, se comentaba que algunas de las trabes llegaban a presentar algunas fisuras, pero no por daños, sino por su vida útil, que no afectan por el momento.



Fotografía 2.- Recepción del Nuevo Hotel Alameda. Uruapan, Michoacán.

Fuente: Propia (2016).

La problemática comentada, es que desconocen las causas del porque se caen las canteras que colocaron en las columnas como recubrimiento, y algunos empleados temen que falle por cortante esa columna (fotografía 2).



Fotografía 3.- Interior del Restaurante,
Hotel Mansión del Cupatitzio. Uruapan,
Michoacán.

Fuente: Propia (2016).



Fotografía 4.- Exterior del Restaurant,
Hotel Mansión del Cupatitzio. Uruapan,
Michoacán.

Fuente: Propia (2016).

Alguna de las problemáticas principales es que se quejan por darle constante mantenimiento a las travesaños, siendo que algunas están recubiertas con madera, por el hecho de querer hacerlo ver rustico y se piensa que por guardar humedad dañe las travesaños. Sabiendo que estén bien diseñadas para soportar las cargas mínimas que estas reciban y transmitan a las columnas, hacia el suelo, (fotografía 3).



Fotografía 5.- Trabes en la imprenta López Impresores. Uruapan, Michoacán.

Fuente: Propia (2016).

Una problemática que mencionaron los dueños de la imprenta, es que en varias ocasiones les toca resanar esas trabes que sobresalen, porque piensan que el material de concreto ya no funciona como debería. Y ellos creen que deberían de mejor tumbarla y volverla a construir para que se puedan sentir un tanto más seguros.



Fotografía 6-. Columna del estacionamiento, Hotel Mi Solar. Uruapan, Michoacán.

Fuente: Propia (2016).

Su problemática es que mencionan que guarda demasiada humedad y piensan que dicha columna se fracture por la corrosión aparte de mencionar que vieron dos tipos de acero distintos en cuanto a medidas se refieren.



Fotografía 7.-Trabe de la cochera de una casa. Uruapan, Michoacán.

Fuente: Propia (2016).

La problemática que menciona la familia es que dicha trabe a pesar de no soportar carga alguna, se deformó con un colgamiento de la misma, y temen que pueda caerse en algún momento.



Fotografía 8.- La Huatápera. Uruapan, Michoacán.

Fuente: Propia (2016).

La principal problemática es en cuanto a la longevidad que tienen las columnas, ya que no cuentan con acero de refuerzo y en pocas ocasiones se desprende material de las columnas, por lo que tienen que resanarla de manera rápida para que no provoque fracturas mayores.

3.5. Alternativas de solución.

Para diseñar las trabes y las columnas de dicho estudio existen diferentes criterios de diseño que se mencionaron en capítulos anteriores. Para el diseño de trabes se utilizan comúnmente los criterios de esfuerzos permisibles, por el método de LRFD (factores de carga y factores de resistencia) y por desempeño que ya fueron descritos en el capítulo 1 de la presente investigación.

3.5.1. Planteamiento de alternativas.

En esta investigación se usará el criterio del LRFD, debido a que los otros dos criterios mencionados no cumplen completamente con las necesidades de diseño esperadas para este caso. El criterio de esfuerzos permisibles es recomendado para diseño en acero, mientras que el diseño por desempeño es recomendable para análisis y diseño con sismo. Considerando que el proceso de diseño no implicará el uso de criterio sísmico y debido a que el criterio del método LRFD se basa en el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal, por lo tanto, cumple con las características que se requieren en este caso en específico.

3.6. Procesos de análisis.

Para el cálculo de cada elemento será necesario presentar hojas de cálculo elaboradas en Excel, aplicando las fórmulas y criterios de diseño que arrojarán los resultados para el correcto dimensionamiento de las trabes y columnas. De la misma forma se evaluarán los costos de estos elementos, con hojas de cálculo en las cuales se presentará el costo unitario de los materiales a usar para la construcción de las trabes y columnas. En general, el software más utilizado para esta investigación será el Excel para las hojas de cálculo y el AutoCAD para hacer las representaciones gráficas de los elementos.

CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA

En este capítulo se hablará de la metodología empleada para la presente investigación, la cual se determina por el método utilizado, enfoque, alcance, diseño de la investigación factores básicos en el proceso de una investigación. Así como los instrumentos requeridos para la recopilación de datos y una descripción del proceso de investigación.

4.1. Método empleado.

El método utilizado en la presente investigación es el llamado científico, el cual 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; 2008: 28) Por lo tanto, se puede decir que el método científico es una acumulación de diversos procedimientos por los cuales se plantean determinados problemas científicos y se hacen pruebas para comprobar las hipótesis y los instrumentos de trabajo investigativos. El método científico rechaza totalmente todo procedimiento que pretenda manipular la realidad tratando de imponer prejuicios, creencias o deseos que no se ajusten a un control adecuado de la realidad y los problemas sujetos a investigación.

Las características fundamentales de acuerdo con Tamayo y Tamayo (2008) pueden definirse las siguientes:

- a) Es fáctico. Suele tener una referencia empírica.
- b) Trasciende los hechos. Los científicos van más allá de las simples apariencias que muestra la realidad.
- c) Verificación empírica. Se recurre a la verificación empírica para formular determinadas respuestas a los problemas planteados y apoyar sus propias afirmaciones.
- d) Autocorrectivo. En el proceso de acepta la corrección o ajuste las propias conclusiones.
- e) Formulaciones del tipo general. En este método se presupone que todo hecho es clasificable o legal.
- f) Es objetivo. Evita la distorsión del sujeto que lo conoce mediante las circunstancias concretas.

4.1.1. Método matemático.

En esta investigación se utilizó el método matemático, el cual se define “por medio de las técnicas estadísticas, matemáticas y de cálculo que se aplican en la recopilación, tabulación y clasificación de antecedentes, se pretende profundizar en los resultados, hacer proyecciones de ellos y mejorar los cálculos e interpretaciones. Este método les da fundamento científico a las investigaciones”. (Muñoz Razo; 1998: 84)

Para la presente investigación se usó este método debido al uso significativo del cálculo para determinar los objetivos precisos descritos dentro la

misma, con los cuales se obtuvieron los resultados que fueron utilizados para proyectar de manera gráfica y numérica las conclusiones a las que se llegaron. Por este medio se cuenta con un fundamento científico que se requiere para este tipo de investigaciones.

4.2. Enfoque de la investigación.

De acuerdo con Hernández y cols. (2010), en la investigación se encuentran dos corrientes de enfoque para la misma: el enfoque cuantitativo y el enfoque cualitativo de la investigación. El enfoque cuantitativo “usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías”. (Hernández y cols.; 2010: 4)

Mientras que el enfoque cualitativo utiliza también la recolección de datos, pero sin medición ya sea para descubrir o afinar preguntas de investigación durante el proceso de interpretación. Dentro de este enfoque los estudios cualitativos pueden ser útiles para desarrollar preguntas e hipótesis, durante o después de la recolección y el análisis de los datos obtenidos. Existe también el enfoque mixto, el cual es una combinación de los enfoques cualitativo y cuantitativo, expandiendo los datos e información y a su vez midiendo con precisión las variables de estudio.

La presente investigación se enfoca en el carácter cuantitativo, determinando las variables de estudio con base en la medición numérica y análisis

de estudio estadístico, por lo cual se establecen de manera concreta y general los patrones entre las variables a estudio sin la necesidad de recurrir a nuevas hipótesis dentro del proceso de investigación.

4.2.1. Alcance de la investigación.

Esta investigación tiene un alcance descriptivo, el cual “busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas”. (Hernández y cols.; 2010: 80) Se consideró este alcance por el hecho de que los estudios descriptivos se utilizan para mostrar con gran precisión los diferentes enfoques o escenarios de un fenómeno, suceso, contexto o situación.

4.3. Diseño de la investigación.

En este apartado del capítulo se especifica el diseño con el que se trató la investigación presente, se conocen dos tipos de diseño como lo son el experimental y el no experimental. Para el caso de esta investigación es no experimental que podría definirse “como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios donde no

hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para posteriormente analizarlos” (Hernández y cols.; 2010: 80)

Se debe mencionar también que el estudio es transversal o transeccional que de acuerdo con la página electrónica datateca.unad.edu.co (2016) es aquel que recolecta información de hechos que ocurren en un solo momento y tiempo único. Tiene como propósito describir variables para analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.

4.4. Instrumentos de recopilación de datos.

Para llevar a cabo dicha investigación además del estudio a fondo de los diversos factores matemáticos, hipótesis y estudios que son básicos para el proceso de la investigación, es necesario hacer uso de ciertas herramientas que en la actualidad son muy conocidas y de gran utilidad por su fácil acceso además de agilizar los procesos. Por lo tanto, dentro de la presente investigación se hace uso de algunas herramientas.

Los medios utilizados para llevar a cabo dicha investigación son los siguientes:

- a) Excel. Esta aplicación organiza los datos, numéricos o de texto, en hojas o libros de cálculo, además se puede cambiar el formato y el orden de dichos

datos lo cual mejora la disponibilidad y acceso. Excel realiza complejos análisis automáticamente y resume los datos con distintas tablas dinámicas que se pueden previsualizar para compararlas y seleccionar distintos formatos. es de gran utilidad para capturar datos con lo cual se obtiene fácil acceso y uso. Además de crear la base de datos, con éstos mismo se puede hacer diferentes operaciones y gráficas que facilitan la interpretación de los datos.

- b) AutoCAD. Software de proyección visual, con delineación y dibujo a detalla es una herramienta de gran utilidad al poder visualizar los diferentes modelos propuestos durante el proceso de la investigación, se pueden hacer dibujos visualizados en 2D y 3D. Permite intercambiar información mediante archivos, y esto representa una mejora en rapidez y efectividad a la hora de interpretar diseños, sobretodo en el campo de las tres dimensiones. Con éste software el modelado de los elementos a investigación puede arrojar diversos datos necesarios para la investigación en curso.
- c) Word. Es un programa de procesamiento de texto que permite crear documentos profesionales como currículum, cartas, hojas de cubierta de fax, reportes, documentos legales, folletos, manuales y más. Con este programa se puede llevar un registro completo de los avances de una investigación lo cual permite dar una mejor presentación al estudio.

4.5. Descripción del proceso de investigación.

Se determinó el tema a investigación por la observación de las discrepancias en algunos métodos de diseño de los elementos de estructurales como lo son las trabes y columnas de concreto reforzado. En dichos métodos no existe solución única por lo que en las diferentes soluciones no se obtiene una optimización, en algunos casos los modelos resueltos funcionan de manera correcta en lo estructural, sin embargo, pudo ser menos costoso, lo cual es el propósito de esta investigación, llegar a la solución óptima de costo y resistencia de los elementos estructurales.

Los temas que se abarcaron en los capítulos 1 y 2 dan una introducción a lo elemental para este estudio, se optó por intervenir con el primer capítulo de concreto reforzado siendo objeto de investigación los elementos de concreto reforzado, por lo cual es necesario conocer los elementos de este material y sus características. El segundo capítulo de teoría de costos constructivos, al buscar la optimización de los costos en dichos elementos es importante mostrar los distintos factores que intervienen en el costo final de cada elemento, considerando los materiales y mano de obra.

El cálculo está basado en las diversas teorías para el diseño de estructuras de concreto reforzado, con las cuales se determinan las dimensiones y el material requerido para cada elemento. Los métodos consisten en un conjunto de fórmulas para el diseño y revisión de la estructura, que permiten visualizar las distintas soluciones en las cuales se enfoca la investigación presente.

Para terminar con el estudio y comprobar la hipótesis, se llegó a una solución óptima por medio de los diferentes modelos propuestos y el análisis a fondo de cada uno, obteniendo así un conjunto de datos para analizar haciendo comparativas entre las diferentes soluciones y aplicaciones de éstos. Se determinó así con la variación de la comparativa el costo y cantidad de material óptimo para cada caso, lo cual se puede observar en las gráficas de interacción para cada una de las características de los elementos.

CAPÍTULO 5

CÁLCULO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se muestra el procedimiento de análisis y diseño para las trabes y columnas a estudiar, además de la interpretación de los resultados. Para una fácil comprensión de lo que se realiza, se les asignará un nombre a los elementos estructurales de acuerdo a sus propiedades que se observan en el apartado siguiente de este capítulo.

5.1. Descripción y propiedades de las trabes y columnas.

En el presente apartado se describirán los elementos a estudio y sus características generales, los casos que se consideran para esta investigación se enfocan en estructuras construidas en el interior del Estado de Michoacán, específicamente en la ciudad de Uruapan. Las propiedades de cada uno de los elementos son específicamente para el área de Uruapan, las características físicas y el costo de los materiales que se utilizan para este estudio son de dicha área.

Para obtener los resultados buscados, es necesario establecer los diferentes casos de estudio para las trabes y columnas, por lo cual se definen parámetros de combinaciones considerando determinadas longitudes, alturas y cargas para el análisis. Por lo tanto, a cada uno de los elementos por analizar se

les asignó un nombre para identificarlos el cual consta de dos letras (T, trabe; C, carga; CL, columna) y dos números (longitud o altura y carga).

En el caso de las traveses se consideran cargas distribuidas y apoyos articulados fijos y en las columnas se calcularán con cargas axiales. Las cargas y longitudes son determinadas con base en el análisis de las diferentes edificaciones como ya se mencionó, en la ciudad de Uruapan, los casos a estudiar serán traveses y columnas típicas para casa-habitación, residencia y edificaciones que implican cargas mayores como hoteles.

Por ejemplo, T3C1, donde T representa a las traveses y el número su longitud, C seguida por otro número que indica la carga uniformemente distribuida para esa trabe. Aplica la misma nomenclatura para el caso de las columnas excepto por la primera letra, la cual cambia por CL y seguida por el número que indica su altura. En la figura que a continuación se muestra se observa un claro ejemplo de una trabe y columna con las características que determinan su nomenclatura.

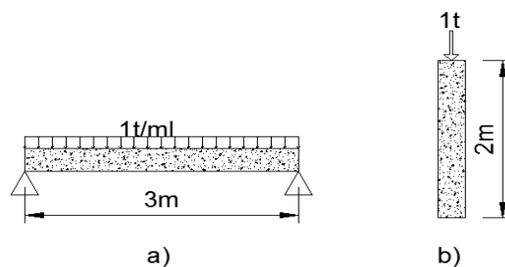


Figura 5.1. a) Trabe T3C1. b) CL2C1.

Fuente: Propia

En las siguientes tablas se muestra la nomenclatura de cada uno de los elementos a estudio:

Nomenclatura del elemento (trabes)	Datos del elemento	
	Longitud (m)	Carga (t/m)
T3C1	3	1
T3C1.5		1.5
T3C2		2
T3C2.5		2.5
T3C3		3
T4C1	4	1
T4C1.5		1.5
T4C2		2
T4C2.5		2.5
T4C3		3
T5C1	5	1
T5C1.5		1.5
T5C2		2
T5C2.5		2.5
T5C3		3
T6C1	6	1
T6C1.5		1.5
T6C2		2
T6C2.5		2.5
T6C3		3

Nomenclatura del elemento (trabes)	Datos del elemento	
	Longitud (m)	Carga (t/m)
T7C1	7	1
T7C1.5		1.5
T7C2		2
T7C2.5		2.5
T7C3		3
T8C1	8	1
T8C1.5		1.5
T8C2		2
T8C2.5		2.5
T8C3		3
T9C1	9	1
T9C1.5		1.5
T9C2		2
T9C2.5		2.5
T9C3		3

Tabla 5.1.- Nomenclatura de trabes con sus respectivas longitudes y cargas.

Fuente: Propia.

Nomenclatura del elemento (columnas)	Datos del elemento	
	Altura (m)	Carga (ton)
CL3C15	3	15
CL3C30		30
CL3C50		50
CL3C75		75
CL3C100		100
CL3C125		125
CL3C150		150

Tabla 5.2.- Nomenclatura de columnas con sus respectivas longitudes y cargas.

Fuente: Propia.

5.2. Análisis y diseño de trabes de concreto reforzado.

En el presente apartado se demuestra el procedimiento para llevar a cabo el diseño de las trabes, en el cual se mencionan los elementos necesarios para el desarrollo del cálculo. En este caso son necesarios datos como el momento flexionante y la carga distribuida, la carga se obtuvo mediante el análisis empírico basado en conocimiento práctico del diseño en las distintas edificaciones que son representativas de la arquitectura que se presenta en la ciudad de Uruapan, Michoacán.

5.2.1. Ejemplo para análisis y diseño de la trabe T6C3.

A continuación, se presenta un ejemplo detallado del procedimiento para el cálculo y diseño de las trabes de concreto reforzado. En la siguiente tabla se muestran los datos necesarios para el cálculo mencionado.

DISEÑO DE TRABE T6C3 40X15CM

F'c (kg/cm²)=	250.00
Fy (kg/cm²)=	4,200.00
H (cm)=	40.00
b (cm)=	15.00
d (cm)=	35.00
r (cm)=	5.00
FR =	0.90
L (m)=	6.00

Se propone la resistencia de 250 kg/cm² para el concreto por ser un material para elementos estructurales al igual que la fluencia del acero de 4200 kg/cm². Las dimensiones del peralte y la base se obtuvieron como $H = \frac{L}{10}, \frac{L}{12} \text{ o } \frac{L}{14}$ donde H es el peralte y L la longitud de la trabe, en el caso de la base es 0.5H. El factor de resistencia (0.90) se considera para el diseño del acero a flexión.

$$\gamma_{\text{concreto}} = 2.4 \text{ ton/m}^3$$

$$E = 2,213,594.36 \text{ kg/cm}^2$$

$$F'c = 250 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

CASO	LONG. (mts)	PERALTE	BASE	CARGA (Ton/ml)	C. TOTAL (Ton/ml)	M (+)	M (-)	CORTAN TE	Porcentaje necesario		Porcentaje real		d/b 2 a 3	Deformaciones	
									(+)	(-)	(+)	(-)		Real $d = \frac{wL^4}{384EI}$	Permisible $d = \frac{L}{240} + 5mm$
T6C3	6.00	0.60	0.30	3.00	3.432	5.148	10.296	10.296	0.0026	0.0042	0.0027	0.0027	2.0	0.00106925	0.03000
	6.00	0.60	0.20	3.00	3.288	4.932	9.864	9.864	0.0030	0.0060	0.0035	0.0059	3.0	0.00153659	0.03000
	6.00	0.50	0.25	3.00	3.300	4.950	9.900	9.900	0.0036	0.0072	0.0035	0.0075	2.0	0.00213193	0.03000
	6.00	0.45	0.20	3.00	3.216	4.824	9.648	9.648	0.0056	0.0112	0.0056	0.0113	2.3	0.00356252	0.03000
	6.00	0.45	0.15	3.00	3.162	4.743	9.486	9.486	0.0073	0.0146	0.0075	0.0150	3.0	0.00467027	0.03000
	6.00	0.40	0.20	3.00	3.192	4.788	9.576	9.576	0.0072	0.0145	0.0072	0.0145	2.0	0.00503456	0.03000
	6.00	0.40	0.15	3.00	3.144	4.716	9.432	9.432	0.0095	0.0190	0.0097	0.0189	2.7	0.00661181	0.03000

La tabla anterior muestra el análisis de las características de la trabe de este ejemplo, en la cual se recopilan los diferentes datos necesarios por cada análisis y diseño de las trabes a estudio, se puede observar que se analizó la deformación que puede presentar el elemento la cual se compara la deformación máxima permisible. En los anexos se incluyen las tablas completas donde se observa el total de los análisis con sus características y resultados obtenidos.

Como se señala en la siguiente tabla, el momento de servicio se obtiene mediante las fórmulas de flexión y diagramas para vigas, en este caso por se consideró una viga doblemente empotrada por lo tanto su momento se determina como $M_s (+) = \frac{WL^2}{24}$ y $M_s (-) = \frac{WL^2}{12}$. Los momentos de servicio se multiplican por un factor de carga en este caso F.C.=1.4 por considerarse elementos de estructuras tipo B.

	Momento	factor	M. Ultimo		
Ms (+) =	4.71600	1.40	6.60240	660,240.00	kg/cm2
Ms (-) =	9.43200	1.40	13.20480	1,320,480.00	kg/cm2

Para el cálculo del área de acero es necesario determinar un porcentaje de acero necesario. El Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (RCDF) establece un porcentaje de acero mínimo, necesario y máximo. El acero fluye cuando cumple que $\rho_{min} < \rho_{nec} < \rho_{máx}$. Cuando esta condición no se cumpla, si el porcentaje necesario es menor que el mínimo, se tomará el valor del

mínimo o en caso contrario que el porcentaje necesario rebase el máximo debe tomarse el porcentaje de acero máximo.

En este ejemplo se presentan las fórmulas necesarias para determinar los porcentajes de acero, se puede observar entonces que en este caso el acero fluye debido a que el valor del acero necesario está entre los valores del acero mínimo y el máximo cumpliendo con la condición para momento negativo.

CONSTANTES DE DISEÑO

$F^*c=0,8F^l c$	0.80	250.00	200.00	kg/cm ²
$F''C=0,85F^*c$	0.85	200.00	170.00	kg/cm ²

PORCENTAJE DE ACERO MÍNIMO

$\rho_{min} = \frac{0,7\sqrt{F^l c}}{4200}$	0.002635
---	----------

PORCENTAJE DE ACERO BALANCEADO

$\rho_{bal} = \frac{F''c}{F_y} \left(\frac{4800}{6000 + F_y} \right)$	0.0190476
--	-----------

PORCENTAJE ACERO MÁX. POR INEXISTENCIA DE SISMO

$\rho_{m\acute{a}x} = \rho_{bal}$	0.0190476
-----------------------------------	-----------

PORCENTAJE DE ACERO NECESARIO M (-)

$\rho_{nec} = \frac{F''c}{F_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2Mu}{F_R * b * d^2 F''c}} \right]$	0.0190113
--	-----------

Se debe verificar que el acero fluya, en este caso se refiere al porcentaje de acero necesario se utiliza para determinar el área de acero (A_s) para el elemento. Para lo cual se proponen varillas que van desde el # 4 al # 6, siendo que la varilla del # 3 es para estribos y las varillas del #7 en adelante son poco comerciales o sobre pedido. El área de acero se divide entre el área de la varilla propuesta para determinar el número de varillas necesarias para cubrir el porcentaje de acero.

VERIFICANDO SI FLUYE EL ACERO M (-)

$\rho_{min} \leq \rho_{nec} \leq \rho_{m\acute{a}x}$	0,0026 ≤ 0.0190 ≤ 0,0190
	<i>∴ Fluye El Acero</i>

CÁLCULO DE ÁREA DE ACERO

$A_s = \rho * b * d$	9.98 cm ²
----------------------	-----------------------------

Proponiendo varilla.

Var. del # =	5.00	5.00	
Área var. =	1.98	1.98	cm ²
No. var. =	5.04	5.04	varillas
Var real =	4.00	1.00	varillas
Area real =	7.92	1.98	cm ²
Área (A_s) =	9.90	cm ²	

P real= 0.018851

$$N = \frac{A_s}{\alpha_o} \quad \text{Tolerancia } -0.852$$

En esta investigación se considera un porcentaje de tolerancia en relación al acero teórico necesario con el acero que se utilizará realmente, el porcentaje no sobrepasará al -5% (menos acero del necesario), en caso contrario se opta por la combinación de varillas que dé el menor porcentaje de acero posible (mayor o

igual al acero necesario) cumpliendo con el acomodo de varillas en forma simétrica en los ejes de la trabe. Por lo que el porcentaje de tolerancia rondará entre -5% y 20% con la finalidad de optimizar el uso del acero sin perjudicar el cumplimiento de la función del elemento.

Para el momento negativo se requiere de 5 varillas del # 5, con un área nominal de 1.98 cm² para cubrir un área de acero de 9.98 cm². El área de acero que cubren las varillas propuestas es de 9.90 cm², teniendo una relación para el porcentaje de tolerancia de $\frac{9.98}{9.90} = -0.852\%$ por lo que se encuentra dentro del rango establecido en este análisis, obteniendo un porcentaje de acero necesario para el diseño y un porcentaje real que será de utilidad para la comparativa en los costos y diseño de cada uno de los elementos.

Enseguida se repite el procedimiento del cálculo del porcentaje de acero para el momento positivo, para lo cual debe cumplir con las mismas condiciones ya descritas para el momento negativo.

PORCENTAJE DE ACERO MÍNIMO MOMENTO M(+)

$\rho_{min} = \frac{0,7\sqrt{F'c}}{4200}$	0.00263523
---	-------------------

PORCENTAJE DE ACERO BALANCEADO

$\rho_{bal} = \frac{F''c}{Fy} \left(\frac{4800}{6000 + Fy} \right)$	0.01904762
--	-------------------

PORCENTAJE ACERO MÁX. POR INEXISTENCIA DE SISMO

$\rho_{m\acute{a}x} = \rho_{bal}$	0.019048
-----------------------------------	-----------------

PORCENTAJE DE ACERO NECESARIO M (+)

$\rho_{nec} = \frac{F''c}{Fy} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2Mu}{F_R * b * d^2 F''c}} \right]$	0.0095057
---	------------------

VERIFICANDO SI FLUYE EL ACERO (+)

$\rho_{min} \leq \rho_{nec} \leq \rho_{m\acute{a}x}$	$0,0026 \leq 0.0095057 \leq 0,0190$ <p style="text-align: center; color: red;">∴ Fluye El Acero</p>
--	--

CÁLCULO DE ÁREA DE ACERO

$As = \rho * b * d$	4.99 cm2
---------------------	-----------------

Proponiendo varilla.

Var. del # =	4.00	4.00	
Área var. =	1.27	1.27	cm2
No. var. =	3.94	3.94	Varillas
No. Var real	2.00	2.00	Varillas
Área real=	2.53	2.53	cm2
Área=	5.07	cm2	

P real= 0.00965

$$N = \frac{As}{\alpha_o} \quad \text{Tolerancia} \quad \mathbf{1.512}$$

En este caso se puede observar que el acero fluye, por lo tanto, se usa el porcentaje de acero necesario (ρ_{nec}) para el cálculo del área de acero a flexión que se requiere para el momento positivo.

El refuerzo transversal se determina con la fuerza cortante la cual se obtuvo por medio de las fórmulas ya mencionadas en el caso de los momentos, para viga con doble empotramiento y carga uniformemente distribuida se tiene que $V = \frac{WL}{2}$ donde W es la carga aplicada en la trabe y L la longitud total del elemento para obtener la fuerza cortante. Se determina el valor de la sección crítica (V_{SC}) con el cortante obtenido con la longitud del donde termina el diagrama de la fuerza cortante en este caso, a la mitad de la trabe.

DISEÑO POR CORTANTE DE LA VIGA

CORTANTE (-)	7.9320	Ton
CORTANTE (+)	-7.9320	Ton
F.C.	1.40	
F.R.	0.80	

EN LOS EXTREMOS	
Cortante	Lon. Cortante
7.9320	3.00000
VSC	2.65000

VSC (Ton) =	7.01
--------------------	-------------

CONSTANTES DE DISEÑO

EN LOS EXTREMOS:	$Vu=$	1.4 (VSC)
	$Vu (kg) =$	9,809.24

El VSC que se obtuvo se multiplica por el factor de carga (F.C.) de 1.4 para obtener Vu (cortante último) que se compara más adelante con el valor determinado mediante la fórmula $1.5 F_R * b * d(\sqrt{F * c})$ para calcular la separación correcta de los estribos (acero de refuerzo transversal). Se calcula también el VCR (Cortante que resiste el concreto) mediante alguna de las fórmulas que a continuación se pueden observar.

CORTANTE QUE RESISTE EL CONCRETO

VCR	$\begin{cases} F_R * b * d(0,20 + 30\rho)\sqrt{F * c} \text{ si } \rho < 0,01 \\ 0,5F_R * b * d(\sqrt{F * c}) \text{ si } \rho > 0,01 \end{cases}$
-----	--

La elección de la fórmula para determinar el VCR se determina obteniendo el porcentaje de acero con $\rho = \frac{As}{b * d}$ el cual debe cumplir con la condición que muestra en el recuadro de arriba. En este caso como a continuación se observa $\rho = 0.0189 > 0.01$ por lo tanto la operación para calcular el VCR se realiza con la fórmula $1.5 F_R * b * d(\sqrt{F * c})$.

Se calcula $Vu \text{ máx}$ con la fórmula que se muestra en el siguiente cálculo, el cual será utilizado en el cálculo de la separación de los estribos como marcan las Normas Técnicas en el Reglamento de Construcciones. Se propone entonces

estribos de varilla del #3 en dos ramas que es lo recomendable para elementos estructurales, con un área nominal de 0.71 y Fy de 4200 kg/cm².

DISEÑO EN LOS EXTREMOS

$$\rho = \frac{A_s}{b * d}$$

$\rho = 0.0189$

Como $\rho = 0.0189 > 0.01$

VCR=	2969.84848	kg
VCR=	2969.84848	kg

$$Vu \text{ máx} = 2 * F_R * b * d(\sqrt{F * c})$$

Vu máx =	11,879.39	kg
-----------------	------------------	-----------

Se proponen estribos del # 3 en dos ramas

$A_v =$	$2 * \alpha_o$	
$\alpha_o =$	0.71	cm2
$A_v =$	1.42	cm2
$F_y =$	4,200.00	kg/cm2

Para determinar la separación máxima se resuelve la fórmula antes mencionada: $1.5 F_R * b * d(\sqrt{F * c})$ que se compara con el Vu, del cual de cumplir que si $Vu < 1.5 F_R * b * d(\sqrt{F * c})$ $S \text{ máx} = 0.5d$ y si $Vu > 1.5 F_R * b * d(\sqrt{F * c})$ entonces $S \text{ máx} = 0.25d$ como se muestra enseguida.

Separación máxima

$1,5F_R * b * d(\sqrt{F * c}) =$	10,023.24 kg
----------------------------------	--------------

Como $V_u = 9,809.24 \text{ kg}$ <

10,023.24 kg

$S_{\text{máx}} = 0.5d$ 17.50 cm <--RIGE

$$S = \frac{F_R * A_v * F_y * d}{V_u - V_{CR}} \quad 24.42 \text{ cm}$$

$$S = \frac{F_R * A_v * F_y}{3.5 * b} \quad 90.88 \text{ cm}$$

*∴ Se colocarán estribos del
#3 @ 15 cm c.a. c*

En el reglamento se marcan las diferentes separaciones de los estribos que puede tener una trabe como se muestra en el cálculo, sin embargo, por mayor seguridad del elemento se sugiere elegir la menor de las tres opciones, en este caso rige la separación de 17.5cm que en la práctica se considera de 15cm por ser de más fácil armado durante su construcción. Mediante este mismo procedimiento se diseñaron el resto de los casos que se mencionaron al inicio de este capítulo, la información se presenta en las tablas correspondientes y puede ser consultada en los anexos de esta investigación.

5.3. Análisis y diseño de columnas de concreto reforzado.

Dentro de este apartado se mostrará de manera detallada cómo se llevó a cabo la realización de los cálculos, conforme a los elementos mecánicos

necesarios ya que cada una de las cargas analizadas fue de manera empírica, o conforme se tiene el conocimiento llevados a la práctica.

En este caso fue necesario obtener la carga de manera empírica, la geometría de las columnas será cuadrada, ya que no se tomará en cuenta el análisis por sismo y los elementos serán los mismos en ambas direcciones, conforme a las edificaciones dentro de la zona de estudio, que es la ciudad de Uruapan, Michoacán se obtuvo en su mayoría de esa geometría.

A continuación, se muestra el cálculo realizado en el programa de Excel, con una explicación por cada paso de realización.

En primera instancia se deben de tener los elementos mecánicos necesarios para poder hacer un predimensionamiento, los cuales se muestran a continuación:

DATOS :			Predimensionamiento:	
P=	5.00	ton	Ac=	162.8923
Wcol.=	0.29	ton	b=	12.7629 cm
F.C.=	1.40			
Pu=	7.412	ton		
e=	0.02	m		
<i>e_{min}</i> =	0.02	m		
<i>e_{real}</i> =	0.06	m		

En la tabla anterior, se muestran los valores propuestos como los es “P”, seguido de calcular el peso de la columna “WCol.” Mediante la siguiente formula $W_{col} = \left[\left(\frac{h}{100} \right) \left(\frac{b}{100} \right) \right] \gamma$, siendo $\gamma = \frac{2.4kg}{cm^2}$ después de eso se coloca un factor de carga F.C.= 1.40 el cual se determina por que la estructura no se está considerando con sismo, para poder obtener Pu se ocupa la formula $P_u =$

$(P + W_{col})FC$, la cual brindará la carga axial. Las excentricidades están bajo condiciones marcadas en las Normas Técnicas de Construcción (NTC), que mencionan que la primera excentricidad $e = 0.05 \left(\frac{h}{100} \right)$, la excentricidad $e_{min} = 2\text{cm}$ y la excentricidad $e_{real} = \text{valor máximo entre } e \text{ y } e_{min}$, multiplicado por 3, estas condiciones están marcadas en las Normas Técnicas de Construcción en la página 369.

Para obtener el A_c , se realiza mediante esta fórmula $A_c = \frac{Pu \cdot 1000}{(0.28 \cdot 0.65 \cdot F'_c)}$, de este resultado se obtendrá el valor de “b” para saber la medida de la base de la columna, esto con la siguiente expresión $b = \sqrt{A_c}$.

Mux (+)=	0.43	ton*m	
Muy (+)=	0.43	ton*m	
F'c=	250.00	kg/cm ²	
Fy=	4,200.00	kg/cm ²	Altura m
h=	25.00	cm	2.50
b=	25.00	cm	
d=	20.00	cm	
r=	5.00	cm	
FR=	0.90		
F*c=	200.00	kg/cm ²	
F''c=	170.00	kg/cm ²	

Para llevar a cabo el cálculo de M_{ux} , se obtiene mediante la expresión $M_{ux} = Pu * e_{real}$, por lo tanto, el valor de M_{uy} , será el mismo, debido a que la geometría es cuadrada. Para calcular el peralte es con $d = h - r$, y para calcular las constantes de diseños se necesitan dos expresiones las cuales son, $F^*c = 0.8F'_c$ y $F''c = 0.85F^*c$. Teniendo los datos base para el diseño, se prosigue al dimensionamiento mediante tanteos de porcentaje de acero.

Considerando:	$d = h - r$	20.00 cm	Se usará una sola gráfica
	d/h	0.80	

1er. Tanteo Suponiendo $\rho =$ **0.030**

$As = \rho bh$ 18.75 cm²

$q = \rho \frac{F_y}{F''c}$ **0.74**

Según el RCDF. $PRO = FR(Ag * F''c + As * Fy)$

$Ag = bh$ 625.00 cm²

PRO= 166,500.00 kg

Cálculo de excentricidades

$\rho x = \frac{Mux}{Pu}$ 0.06 m 6.00 cm $\frac{\rho x}{h} =$ 0.24

$\rho y = \frac{Muy}{Pu}$ 0.06 m 6.00 cm $\frac{\rho y}{h} =$ 0.24

Para comenzar con los tanteos primero se tiene que obtener una relación d/h , la cual brindará un valor para poder entrar en unos diagramas de interacción, que servirán para conocer los valores de "K" y "R", que se ocuparán más adelante. Se comienza haciendo un tanto supuesto con un valor de $\rho = 0.030$, que se utilizará en la siguiente expresión $As = \rho bh$ que determina el valor de área necesaria de acero, después se sustituye en esta ecuación $q = \rho \frac{F_y}{F''c}$ que dará como resultado un valor que permitirá conocer valores de "K" y "R" como se mencionaron con anterioridad.

De acuerdo con el RCDF, mediante la expresión $PRO = FR(Ag * F''c + As * Fy)$, para eso primero se calcula el valor de Ag mediante la ecuación $Ag = bh$, teniendo todos los valores y poder sustituirlos en la ecuación inicial.

Después de eso se comenzarán a realizar los cálculos de las excentricidades mediante esta expresión $\rho_x = \frac{M_{ux}}{P_u}$ en este caso en particular, para “y” será la misma expresión debido a que la geometría lo permite. Y la expresión $\frac{\rho_x}{h}$ será la misma para “y”, siendo estos valores los que permiten entrar en los diagramas de interacción. Los valores de “K” y “R”, son necesarios para poder realizar el cálculo de la expresión $P_{ux} = FR * K * b * h * F''c$, así como en la siguiente ecuación $M_{ux} = RFRbh^2F''c$, por lo tanto, los valores obtenidos para “x” serán los mismos para “y”.

Para este fin, el RCDF permite utilizar la siguiente fórmula $PR = \frac{1}{\frac{1}{P_{Rx}} + \frac{1}{P_{Ry}} - \frac{1}{P_{RO}}}$, esta fórmula es aplicable solamente si cumple con la siguiente condición $\frac{P_R}{P_{RO}} \geq 1$, en caso contrario de que no se cumpla la condición anterior, la revisión se hará con esta expresión $\frac{M_{ux}}{M_{Rx}} + \frac{M_{uy}}{M_{Ry}} \leq$. Donde M_{ux} y M_{uy} son los momentos de diseño según los ejes “x” y “y”; M_{rx} y M_{ry} son los momentos resistentes de diseño según los mismos ejes.

A continuación, se realiza una división entre el PR/PRO para que pueda compararse con el 0.1 permitido de funcionamiento de las columnas. Obteniendo este valor se revisará la condición antes mencionada para la fórmula de Bresler, conforme a los resultados se vuelve a realizar una comparación entre el PR y el P_u , siendo esta, las que nos permita saber si el tanteo inicial queda óptimo o se necesite reducir. En caso de que la condición $(PR/PRO) < 1$ se revisará la segunda condición.

$$P_{ux} = FR * K * b * h * F''c$$

$$M_{ux} = RF_R b h^2 F''c$$

$$P_{ux} = P_{RX}$$

$$M_{ux} = M_{RX}$$

Para

ρ_x/h	0.24	Prx=	95,625.00 kg
K=	1.00	Mrx=	549,843.75 kg-cm
R=	0.230		

Para

ρ_y/h	0.24	$P_{uy} = FR * K * b * h * F''c$	$P_{uy} = P_{RY}$
K=	1.00	Pry=	95,625.00 kg
R=	0.230	Mry=	549,843.75 kg-cm

Aplicando la fórmula de Bresler:

$$PR = \frac{1}{\frac{1}{Prx} + \frac{1}{Pry} - \frac{1}{PRO}}$$

$$67,073.46 \text{ kg}$$

$$\frac{PR}{PRO} = 0.4028 > 0.10$$

Si $\frac{PR}{PRO} < 0.1$
Revisar $\frac{M_{ux}}{M_{RX}} + \frac{M_{uy}}{M_{RY}} \leq 1$

$$PR = 67,073.46 \text{ kg} > Pu = 7,210.00$$

Continuando con los tanteos se realizará uno nuevo, con un porcentaje menor, además de revisar con detenimiento que el valor de PR final, sea un valor próximo al de Pu, ya que de éste dependerá si se dejará el porcentaje mínimo como último recurso, ya que no puede reducirse más de ese valor, como se muestra a continuación:

Segundo tanteo Suponiendo $\rho = 0.01$

As= 6.25 cm²
 q= 0.25
 PRO= 119,250.00 kg

Para $\rho x/h = 0.24$
 K= 0.70 $P_{rx} = 66,937.50$ kg
 R= 0.16 $M_{rx} = 382,500.00$ kg-cm

Para $\rho y/h = 0.24$
 K= 0.70 $P_{ry} = 66,937.50$ kg
 R= 0.16 $M_{ry} = 382,500.00$ kg-cm

$P_R = 41,889.01$ kg

$$\frac{P_R}{PRO} = 0.2516 > 0.10$$

$$P_R = 41,889.01 \text{ kg}$$

$$\text{Si } \frac{P_R}{PRO} < 0.1$$

$$\text{Revisar } \frac{M_{ux}}{M_{RX}} + \frac{M_{uy}}{M_{RY}} \leq 1$$

$$P_R = 150,680.44 > P_u = 7,411.60$$

Debido a que el porcentaje mínimo ya viene reglamentado en las Normas Técnicas de Construcción, se deberá dejar dicho valor, ya que cumple con el valor más próximo de PR con el de Pu. Continuando con los cálculos respectivos se realizará una revisión de cuánto será el área de acero real que se necesita, para lo cual se necesita esta expresión $A_s = \rho b h$, seguido de hacer una propuesta del número de varilla se cree será conveniente para el diseño de la columna.

Teniendo el número de la varilla que cuantas varillas serán necesarias, el pmín, se convertirá a p_{real} mediante una conversión sencilla, con esta ecuación

$$p_{real} = \frac{A_s}{bd}$$

Después de la misma manera que la propuesta de varilla para la columna, se hace lo mismo con los estribos, sólo que este caso, se utilizará únicamente varilla del #3 ya que es la más adecuada para poder realizar los estribos. Ya que es recomendada por las NTC, además de que debe de cumplir con la siguiente condición $0.06f_y < F_{yestribo}$ ($F_y * A_{estribo}$). Dando como resultado que siempre será menor y cumple dicha condición.

$$A_s = \rho b h \quad 6.25 \text{ cm}^2$$

Proponiendo varilla

Var. del # =	8.00	$N = \frac{A_s}{\alpha_o}$
Área var. =	5.07 cm ²	
No. var. =	1.23	4.00
Área (As)=	20.27 cm ²	
ρ_{nec} =	0.01	
ρ_{real} =	0.04054	

Cálculo de refuerzo transversal para la columna.

		0.06F_y =	1,276.91
Var. Estrib=	3.00	F_y(estribo) =	2,992.75 kg
Área var. =	0.71 cm ²		
\emptyset_{est} =	0.95 cm		\therefore El \emptyset de estribo es suficiente
$\emptyset b$ =	2.54 cm		

Continuando con eso se realiza el cálculo de los requisitos mínimos de la separación máxima, como se muestra a continuación:

Requisitos mínimos.

Smáx.	{	$\frac{850}{\sqrt{F_y}} * db$	33.31 cm	
		$48dest.$	45.72 cm	
		$\frac{Dimension\ menor}{2}$	12.50 cm	<-- RIGE

∴ *Se colocarán est. #3 @15 cm c. a. c*

El hecho de que los estribos se coloquen a cada 15cm c.a.c., es porque se recomienda tanto en teoría como en la práctica que sea en números enteros las cantidades, por lo que siempre regiré el valor menor de los tres propuestos y se redondeará a número entero. La dimensión menor está referida a lo que es el ancho de la columna, en este caso la base, pero debido a que es cuadrada sería la misma en todos los lados.

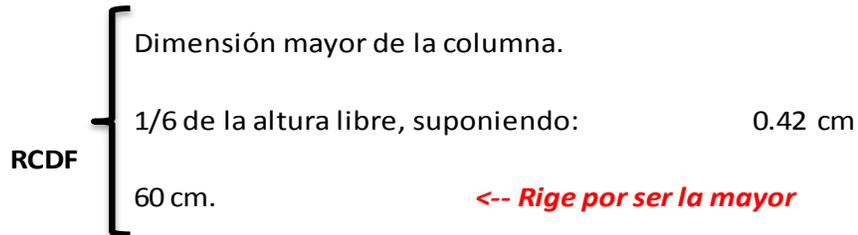
Revisión del parámetro.

Smáx.	{	$\frac{Ag * F'c}{10}$	15,625.00 kg	>	7,210.00 kg
		$\frac{bc}{4} =$	6.25 cm	<-- RIGE	
		10 cm			

Seguido se realiza una revisión de parámetros en la cual se revisa que tan próximo está el valor calculado con la formula $\frac{Ag*F'c}{10}$ con respecto al valor de Pu. Comprobando mediante una separación máxima para lo que es el confinamiento siendo la primera ecuación bc/4, haciendo referencia a la base entre 4, y 10cm como mínimo, pero de ambas regiré la menor.

Zonas de Confinamiento.

Se separan los est. A @ $15/2=7.5\text{cm}$ en una long mínima.



Y para terminar el cálculo se comparará con una condición mínima de separación de estribos en la zona de confinamiento a través de hacer la división $15/2=7.5\text{cm}$ la cual será como mínima. Además de cumplir con la que marca el RCDF dividiendo 1/6 de la altura, que en este caso será de $2.50/6=0.42\text{cm}$ y como máxima una de 6cm, porque esta regirá debido a ser mayor.

5.4. Cálculo de precios unitarios de trabes de concreto reforzado.

En este apartado se muestra un ejemplo de cómo se obtiene el costo de una trabe de concreto, los precios de los materiales que se utilizan para este cálculo son actuales a la fecha en curso en la ciudad de Uruapan, Michoacán. Los precios unitarios están basados en el autor Suárez Salazar para el rendimiento de la mano de obra y algunos procedimientos en la obtención de los materiales necesarios para los elementos a estudio.

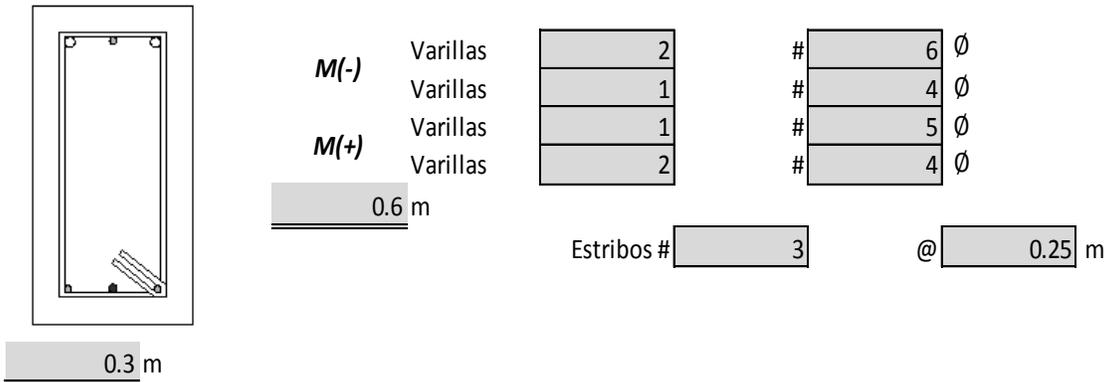
5.4.1. Ejemplo del cálculo de precio unitario para la trabe T6C3.

En esta investigación se tiene como finalidad comparar las cantidades de acero en el diseño de las trabes, por lo tanto, se proponen diversos casos de estudio para los cuales se obtuvieron diferentes dimensiones en cuanto a la base y el peralte, esto con el propósito de determinar dentro de la comparación la optimización de acero y la influencia del dimensionamiento.

En la siguiente ilustración se muestra el armado de acero para la T6C3 (trabe de longitud 6 metros y carga uniformemente repartida de 3 toneladas), donde se puede observar el número de varillas que necesita para su correcto funcionamiento. Para el acero de refuerzo longitudinal en momento negativo (parte superior de la trabe) ocupa 2 varillas del número 6 y 1 varilla del número 4, mientras que para momento positivo (parte inferior) 1 varilla del número 5 y 2 varillas del número 4, así como el acero transversal con estribos del número 3 a cada 25cm.

Se considera que el concreto se realiza en obra, el cual consta de una resistencia a cortante de 250 kg/cm^2 y cimbra común. Para efectos de desperdicio en acero y concreto en obra es necesario considerar un porcentaje adicional, para acero de refuerzo se considera un 7% de éste donde el acero para los traslapes de las varillas están considerados y desperdicios que se presenten durante el proceso, y en concreto un 5% para las mismas pérdidas de éste que es lo recomendado de acuerdo con Suárez Salazar (2012).

CORTE TRANSVERSAL Y ARMADO DE LA TRABE



ESPECIFICACIONES

Tipo de concreto.	Realizado en obra.	
Resistencia F'C.=	250	Kg/cm ²
Tipo de cimbra.	Cimbra común	
Espesor de recubrimiento.	5.00	cms
Desperdicio y traslape de acero.	7.00	%
Desperdicio en concreto	5.00	%

Fuente: Propia.

En la siguiente ilustración se muestran los conceptos y descripción necesarios para construir una trabe de concreto reforzado. Los costos que se presentan son por la unidad del concepto, las cantidades mostradas dentro de la misma, son las requeridas para un metro lineal de trabe de concreto reforzado. Por lo tanto, se obtuvo que un metro de la trabe a estudio tiene un costo total sin IVA de \$935.60 pesos incluyendo material y mano de obra.

MATERIALES Y MANO DE OBRA

Trabe de 0.60 x 0.30 m. de concreto hecho en obra Fc=250 kg/cm2, armado con 2 varillas del No. 6, 1 varilla del No. 5 y 3 varillas del No. 4, con estribos del No.3 a cada 0.25 cm. Incluye: suministro de materiales, traslapes, desperdicios, habilitado, cimbrado, acabado común, descimbrado, limpieza, mano de obra, equipo y herramienta.							UNIDAD
							M
							1
Código	Descripción	Unidad	Costo	I	Cantidad	Importe M.N.	
001-ARF-T	VARILLA R-42 DEL No. 3, (3/8" Ø), KG, 0.557 KG/M	KG	\$ 11.98 *		4.314	\$ 51.70	
001-ARF-T	VARILLA R-42 DEL No. 4, (1/2" Ø), KG, 0.994 KG/M	KG	\$ 11.98 *		3.191	\$ 38.24	
001-ARF-T	VARILLA R-42 DEL No. 5, (5/8" Ø), KG, 1.552 KG/M	KG	\$ 11.98 *		1.661	\$ 19.90	
001-ARF-T	VARILLA R-42 DEL No. 6, (3/4" Ø), KG, 2.235 KG/M	KG	\$ 11.98 *		4.783	\$ 57.31	
001-ARF-T	VARILLA R-42 DEL No. 8, (1" Ø), KG, 3.973 KG/M	KG	\$ 11.98 *		0	\$ -	
002-ARF-T	ALAMBRE RECOCIDO CAL. 18, (1.24 mm Ø), KG, 0.010 KG/M	KG	\$ 22.50 *		0.046	\$ 1.03	
003-M3A-PT	MADERA DE PINO DE 3a DE 3/4"x4"x8' (0.019x0.10x2.44 m)	PZA	\$ 22.00 *		6.148	\$ 135.25	
305-CLA-1301	CLAVOS PARA MADERA DE 2 1/2" (260 pzas/kg)	KG	\$ 30.00 *		0.085	\$ 2.55	
358-AGU-0101	AGUA	M3	\$ 25.86 *		0.003	\$ 0.08	
359-CMB-0101	DIESEL	LT	\$ 14.63 *		0.12	\$ 1.76	
1F1A	CUADRILLA No 1 (1 FERRERO + 1 AYUDANTE)	JOR	\$ 555.29 *		0.058	\$ 31.97	
1C1A	CUADRILLA No 2 (1 CARP. O.N. + AYUDANTE)	JOR	\$ 796.70 *		0.072	\$ 57.62	
1A5P	CUADRILLA No 5 (1 ALBAÑIL + 2 PEONES)	JOR	\$ 1,207.15 *		0.199	\$ 240.16	
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$ 329.75 *		0.03	\$ 9.89	
%MO2	ANDAMIOS	%	\$ 329.75 *		0.03	\$ 9.89	
302-CIM-01-293	CONCRETO DE Fc=250 KG/CM2. HECHO EN OBRA, T.M.A=19 MM, RESISTENCIA NORI	M3	\$ 1,472.27 *		0.189	\$ 278.26	
						P.U. \$ 935.60	

Fuente: Propia.

Con el procedimiento del ejemplo anterior se determinó el costo de cada uno de los elementos a estudio, en el anexo N°2 se incluye una tabla comparativa en costo y dimensionamiento de las trabes para su mejor apreciación.

5.5. Cálculo de precios unitarios de columnas de concreto reforzado.

Dentro de este apartado, así como en el anterior donde se detallaba el análisis y diseño de columnas, el cálculo de los precios unitarios, depende en su mayoría de los resultados obtenidos en el diseño. Por lo cual se dio a la tarea de investigar los precios de cada uno de los materiales de construcción, de igual

manera con la mano de obra. Por lo que estos precios fueron obtenidos en la zona de estudio, en este caso en la ciudad de Uruapan, Michoacán.

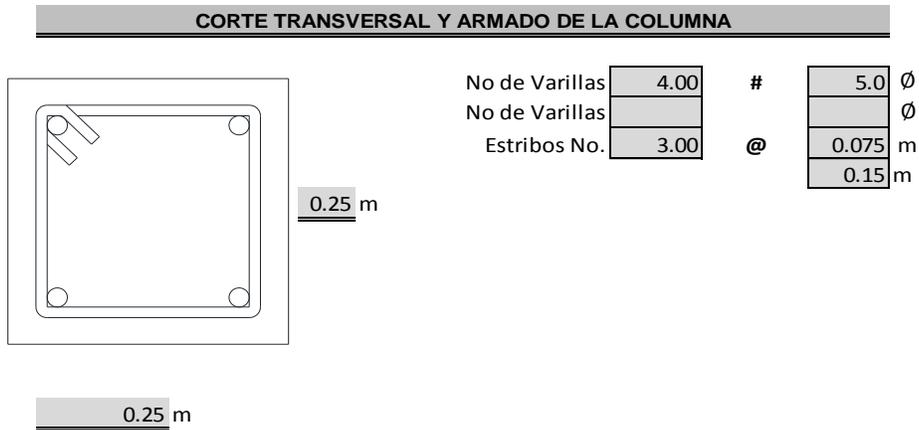
Para la elaboración de las tarjetas de precios unitarios se consideraron las recomendaciones por Carlos Suárez Salazar en el libro “Costo y tiempo de edificación” 2012). En el cual se hace mención de cómo obtener rendimientos de mano de obra, herramienta menor y calcular la cantidad de material necesaria.

5.5.1. Ejemplo de cálculo del precio unitario para la columna CL3C15.

Dentro de la elaboración de los siguientes precios unitarios, se tiene como fin el obtener una comparativa de costos, porcentajes de acero, así como la cantidad de acero que se requiera, y tomar en cuenta las dimensiones de las columnas. Teniendo conocimiento previo durante el análisis y diseño de las mismas, se definió un armado longitudinal y transversal, y las medidas del elemento.

En la siguiente ilustración se muestran los datos de la columna CL3C15, (columna de 3 metros de longitud y una carga puntual de 15 toneladas), así como el armado que lleva para su construcción. En la cual se muestran 4 varillas del No.5, las cuales fueron distribuidas en cada una de las esquinas. Además se muestran las diferentes separaciones que tendrán los estribos, ya que no es la misma para toda la columna, la separación de 7.5 cm se debe a que irán colocados en la zona de confinamiento, tanto en la parte de inferior, así como la

superior, y la separación de 15 cm, está destinada al centro de la columna, entre las zonas de confinamiento.



Fuente: Propia.

Se considerará un concreto hecho en obra con un $f'c=250$ kg/cm², para la cimbra se necesitará las más común que es de tercera calidad. Así como, tener en consideración un porcentaje de desperdicio, con base en Suárez Salazar (2012), que marca un desperdicio de acero del 7% en el cual van incluidos el traslape de varillas y el desperdicio y para el concreto se marca un 5% por efectos del mismo.

ESPECIFICACIONES

Tipo de concreto.	Realizado en obra.	
Resistencia F'C.=	250	Kg/cm ²
Tipo de cimbra.	Cimbra común	
Altura promedio de elevación.	3.00	m
Espesor de recubrimiento.	5.00	cms
Desperdicio y traslape de acero	7.00	%
Desperdicio de concreto	5.00	%

Fuente: Propia.

Después de tomar en cuenta las consideraciones necesarias, se hace el cálculo de precios unitarios, mediante rendimientos y cantidades de materiales. Teniendo calculados los materiales, y rendimientos, se hace la multiplicación por el precio calculado, cabe mencionar que cada uno de los precios aquí mostrados es por metro lineal para la columna de concreto reforzado.

MATERIALES Y MANO DE OBRA.							UNIDAD
Columna de 0.25 x 0.25 m. de concreto hecho en obra $F_c=250$ kg/cm ² , armado con 4 varillas del No. 5, con estribos del No.3 @7.5 cm en zona de confinamiento y @15 cm en el centro. Incluye: suministro de materiales, acarreos, elevaciones, cortes, traslapes, desperdicios, habilitado, cimbrado, acabado común, descimbrado, limpieza, mano de obra, equipo y herramienta.							M
							1
Código	Descripción	Unidad	Costo	I	Cantidad	Importe M.N.	
	VARILLA R-42 DEL No. 3, (3/8" Ø), KG, 0.560 KG.	KG	\$ 11.98 *		11.984	\$ 143.61	
	VARILLA R-42 DEL No. 4, (1/2" Ø), KG, 0.994 KG.	KG	\$ 11.98 *		0	\$ -	
	VARILLA R-42 DEL No.5, (5/8"Ø), KG, 1.552 KG/M	KG	\$ 11.98 *		6.643	\$ 79.60	
	VARILLA R-42 DEL No.6 (3/4"Ø), KG, 2.235 KG/M	KG	\$ 11.98 *		0	\$ -	
	VARILLA R-42 DEL No. 8, (1" Ø), KG, 3.973 KG/M	KG	\$ 11.98 *		0	\$ -	
	ALAMBRO DEL No. 2, (1/4" Ø), KG, 0.250 KG/M	KG	\$ 17.00 *		0	\$ -	
	ALAMBRE RECOCIDO CAL. 18, (1.21mm Ø), KG,	KG	\$ 22.50 *		0.228552	\$ 5.14	
	MADERA DE PINO DE 3a DE 3/4"x4"x8' (0.019x0.	PZA	\$ 22.00 *		4.098	\$ 90.16	
	CLAVOS PARA MADERA DE 2 1/2" (260 pzas/kg)	KG	\$ 30.00 *		0.3076	\$ 9.23	
	CLAVOS PARA MADERA DE 4" (77 pzas/kg)	KG	\$ 16.10 *		0	\$ -	
	AGUA	M3	\$ 25.86 *		0.003	\$ 0.08	
	DIESEL	LT	\$ 14.63 *		0.15	\$ 2.19	
	CUADRILLA No 1 (1 FERRERERO + 1 AYUDANTE)	JOR	\$ 820.86 *		0.1178	\$ 96.73	
	CUADRILLA No 2 (1 CARPINTERO + 1 AYUDAN	JOR	\$ 796.71 *		0.0482	\$ 38.41	
	CUADRILLA No 3 (1 ALBAÑIL + 5 PEONES)	JOR	\$ 2,221.14 *		0.0691	\$ 153.43	
	HERRAMIENTA MENOR	%	\$ 66.63 *		0.03	\$ 2.00	
	ANDAMIOS	%	\$ 66.63 *		0.03	\$ 2.00	
	CONCRETO DE $F_c=250$ KG/CM ² . HECHO EN OI	M3	\$ 1,472.27 *		0.066	\$ 96.62	
					P.U.	\$ 719.22	

Fuente: Propia.

Como se aprecia en los resultados, para poder realizar esta columna se obtiene un precio resultante de \$ 719.22 pesos sin IVA, el cual lleva incluida la mano de obra, herramienta menor y porcentajes de desperdicio necesarios. Esto resulta para ésta columna, dentro del apartado de Anexos N°1, se hará la comparativa con las demás columnas, en cuanto a precio, cantidades de acero y medidas propuestas.

5.6. Diagramas de interacción en traves de concreto reforzado.

Para llegar al objetivo principal de esta investigación se obtuvieron distintas gráficas para observar el comportamiento en la relación de los distintos elementos mencionados a lo largo de este proceso. De los datos recabados en los elementos a estudio, se consideraron el costo unitario, porcentaje de acero real y el volumen de concreto necesario en un metro lineal.

5.6.1. Diagramas de interacción Porcentaje de acero-costo en traves.

Para la primera comparación, se utilizan los datos como el porcentaje de acero y el costo usando como ejemplo una de las traves a estudio. Por lo tanto, en la siguiente tabla se muestran los valores del porcentaje real para momento positivo y momento negativo de la trabe de 8 metros de longitud con una tonelada de carga uniformemente repartida.

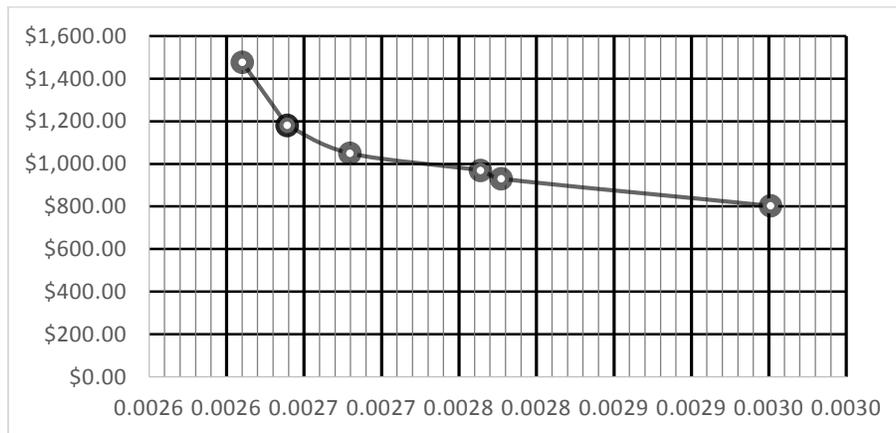
En la columna "PROMEDIO1" se encuentran los valores de la columna "PROMEDIO" ordenados de mayor a menor con sus respectivos costos, el promedio se obtuvo de los porcentajes en ambos momentos.

CASO	PORC. REAL	PORC. REAL	PROMEDIO	PROMEDIO1	COSTO POR M
	(+)	(-)			
T8C1	0.0026	0.0026	0.0026	0.0026	\$ 1,476.83
	0.0026	0.0026	0.0026	0.0026	\$ 1,179.39
	0.0026	0.0026	0.0026	0.0026	\$ 1,181.41
	0.0027	0.0027	0.0027	0.0027	\$ 1,049.43
	0.0028	0.0028	0.0028	0.0028	\$ 969.47
	0.0027	0.0032	0.0030	0.0028	\$ 930.31
	0.0018	0.0037	0.0028	0.0030	\$ 803.15

Tabla 5.1.- Datos para obtener diagrama de interacción “Porcentaje de acero – Costo” de la trabe T8C1.

Fuente: Propia.

La tabla anterior es una parte del Anexo N° 1, la cual aparece completa en el mismo y el resto de las tablas para las distintas trabes a estudio. La siguiente gráfica se encuentra en el Anexo N°1, dentro del cual se observan el resto de las gráficas comparativas del mismo elemento a estudio. Para observar la comparativa se muestra enseguida una gráfica con los datos mencionados:



Gráfica 5.1.- Diagrama de interacción “Porcentaje de acero – Costo” para la trabe T8C1.

Fuente: Propia.

Se observa entonces que entre menor porcentaje de acero se utilizó en el diseño de la trabe T8C1 es el costo fue mayor mientras que entre mayor fue el uso del porcentaje de acero menor fue el costo. Por lo tanto, se considera que la influencia del uso de la cantidad de concreto en el elemento es de relevancia para la variación de estos costos.

5.6.2. Diagramas de interacción Volumen de concreto-costo en trabes.

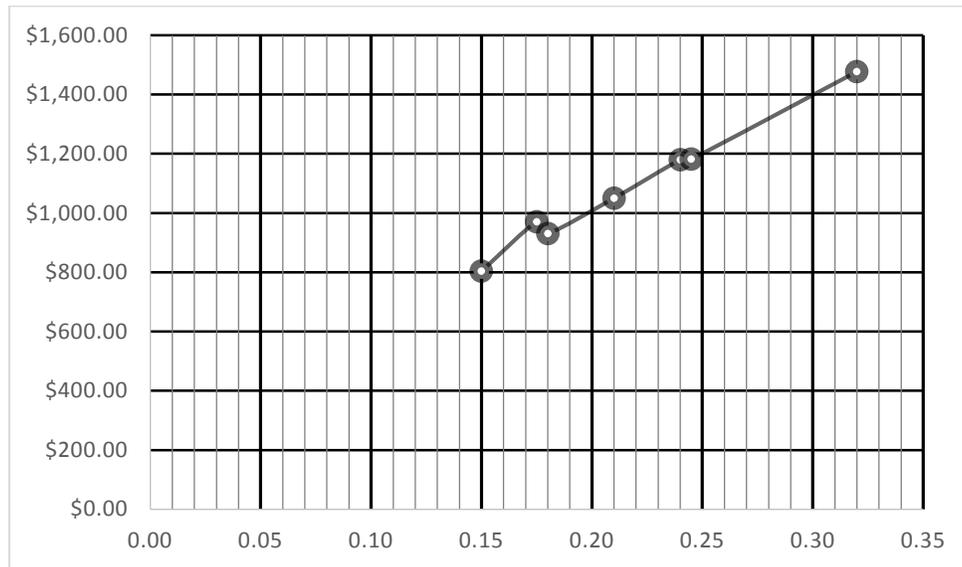
Es necesario observar el comportamiento de los valores en la gráfica ahora con el volumen de concreto que necesita la trabe T8C1, para lo cual enseguida se muestra una tabla de datos de la misma trabe con el volumen en m³ necesario por metro lineal considerando los mismos costos para ésta, la tabla en mención se encuentra completa en el Anexo N°1 con el resto del análisis de las demás trabes en estudio:

CASO	PERALTE	BASE	VOLUMEN CONCRETO M ³	VOLUMEN CONCRETO M ³	COSTO POR M
T8C1	0.80	0.40	0.32	0.15	\$ 803.15
	0.80	0.30	0.24	0.18	\$ 969.47
	0.70	0.35	0.25	0.18	\$ 930.31
	0.70	0.30	0.21	0.21	\$ 1,049.43
	0.70	0.25	0.18	0.24	\$ 1,179.39
	0.60	0.30	0.18	0.25	\$ 1,181.41
	0.60	0.25	0.15	0.32	\$ 1,476.83

Tabla 5.2.- Datos para obtener diagrama de interacción “Volumen de concreto – Costo” de la trabe T8C1.

Fuente: Propia.

Como en el caso de la comparativa en el apartado anterior, fue necesario ordenar el volumen de concreto de menor a mayor con sus respectivos costos. En seguida se observa la gráfica que se obtuvo con los datos de la tabla anterior:



Gráfica 5.2.- Diagrama de interacción “Volumen de concreto – Costo” para la trabe T8C1.

Fuente: Propia.

La gráfica T8C1 para volumen de concreto- costo se muestra lo contrario que la gráfica porcentaje de acero-costo, en este caso a mayor uso de concreto más elevado es el costo y menor uso de concreto menor será el costo de la trabe.

5.7. Diagramas de interacción de columnas de concreto reforzado.

En el presente apartado se hará una mención o resumen, para explicar de qué manera se realizan los diagramas de interacción, en los cuales se comparan el porcentaje de acero necesario o el porcentaje de acero mínimo, dependiendo de los resultados obtenidos durante el análisis y diseño, así como las dimensiones de las columnas y los costos de su elaboración.

De esta manera, se obtienen gráficas en Excel que son representativas para poder darse una idea de cómo es que se comporta el costo de las columnas, dependiendo de las dimensiones de ésta y su cantidad de acero necesario, para éste rige el porcentaje de acero requerido.

5.7.1. Diagramas de interacción Porcentaje de acero-costo en columnas.

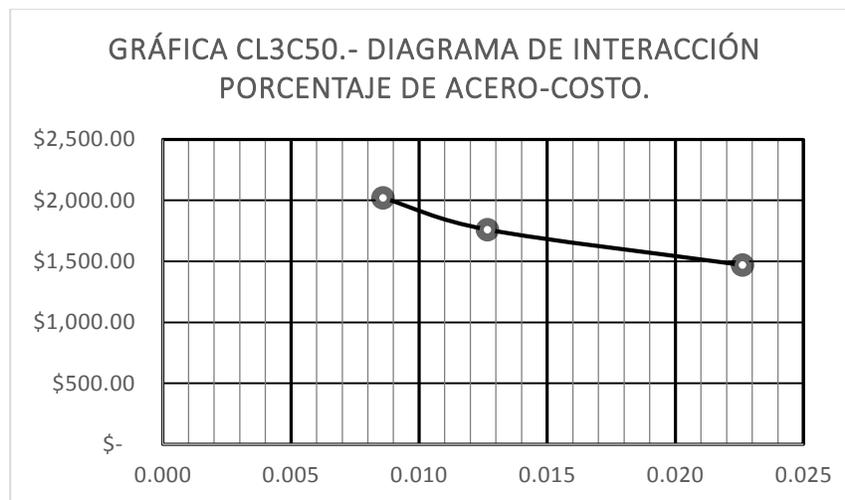
Para poder llevar a cabo dichos diagramas fue necesario hacer una recopilación de datos en una tabla general, los cuales son mencionados a continuación: caso, longitud, porcentaje de acero real y los costos previamente calculados en la elaboración de tarjetas de precios unitarios, estos datos nos servirán para poder hacer el diagrama y ver cómo se comporta la gráfica con esos datos. A continuación se muestra la tabla general de los datos recopilados, siendo el porcentaje de acero real el que corresponde al eje “x” y el de los costos el eje “y”.

CASO	L1 (m)	L2 (m)	Volumen (m3)	Vol.	Costo por MI
CL3C50	0.40	0.40	0.16	0.16	\$ 1,469.11
	0.45	0.45	0.20	0.20	\$ 1,760.01
	0.50	0.50	0.25	0.25	\$ 2,020.80

Tabla 5.3. Datos para obtener diagrama de interacción “Porcentaje de acero - Costo” de la columna CL3C50.

Fuente: Propia.

Después de haber realizado el concentrado general de los datos se prosigue a seleccionar la columna de porcentaje real y la de costo por MI, para después aplicar una función en Excel en la barra de herramientas llamada insertar, después el comando de gráfica de dispersión, dando como resultado lo siguiente:



Gráfica 5.3.- Diagrama de interacción “Porcentaje de acero - Costo” para la columna CL3C50.

Fuente: Propia.

La conclusión obtenida de esta gráfica es que dependiendo de las dimensiones de la columna, así como su porcentaje de acero y su armado, es que se eleva o abarata el costo de su construcción por metro lineal. De la misma manera se realiza una comparativa pero en este caso es contra el volumen de concreto que necesita, a continuación se muestran los datos requeridos.

5.7.2. Diagramas de interacción Volumen de concreto-costo en columnas.

Ahora teniendo en cuenta el comportamiento con el acero, es necesario realizar una comparativa con el volumen de concreto que necesita la columna CL3C50, por lo que será necesario una tabla con los datos necesarios, como se muestra a continuación, dicha tabla se encuentra completa dentro del Anexo No. 4, junto con el análisis de las demás columnas.

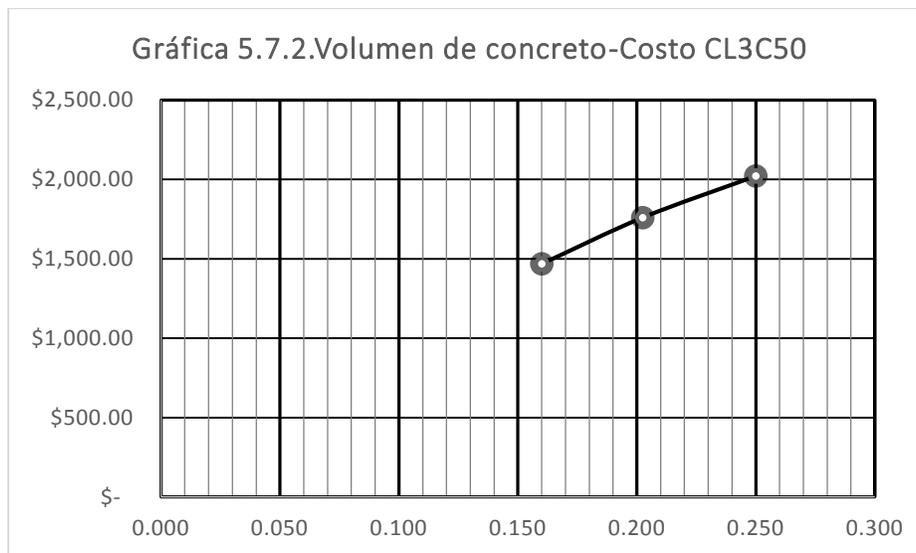
CASO	L1 (m)	L2 (m)	Volumen (m ³)	Vol.	Costo por MI
CL3C50	0.40	0.40	0.16	0.16	\$ 1,469.11
	0.45	0.45	0.20	0.20	\$ 1,760.01
	0.50	0.50	0.25	0.25	\$ 2,020.80

Tabla 5.4.- Datos para obtener diagrama de interacción “Volumen de concreto - Costo” de la columna CL3C50.

Fuente: Propia.

Para obtener los valores de volumen de concreto en metros cúbicos, se aplica una sencilla operación, la cual está dada por $V = L1 * L2 * 1$ m, el 1 m es para obtenerlo por un metro cúbico de concreto, y se usan los mismos costos obtenidos

en las tarjetas de precios unitarios, al igual que en las gráficas de porcentaje de acero se hace el mismo procedimiento, pero en esta ocasión se seleccionan las columnas de Vol y Costos por ml, arrojando resultados como se muestran a continuación:



Gráfica 5.4. Diagrama de interacción “Volumen de concreto – Costo” para la columna CL3C50.

Fuente: Propia.

Obteniendo como resultado que en cada uno de los elementos aquí analizados tienen dimensiones que fueron incrementando, lo cual se muestra en la gráfica, pues mientras más amplias las dimensiones, será más elevado el costo de su elaboración, dichas gráficas se encuentran en cada uno de los casos en el Anexo N°3.

En seguida se muestran en las diferentes tablas los porcentajes óptimos de acero para cada uno de los elementos a estudio, cada porcentaje que se consideró para la elaboración de las tablas fue un promedio en el caso de las trabes entre el porcentaje para momento positivo y negativo, anteriormente se explicó este comportamiento por lo tanto cuando se utiliza el menor porcentaje de acero, el costo incrementa.

CASO	% DE ACERO REAL ÓPTIMO	COSTO POR M
T3C1	0.0068	\$386.85
T3C1.5	0.0068	\$389.85
T3C2	0.0084	\$406.51
T3C2.5	0.0094	\$415.86
T3C3	0.0106	\$427.30

Tabla 1.- Porcentaje de acero y costo óptimo para cada uno de los casos en trabe de 3 m.

Fuente: Propia.

CASO	% DE ACERO REAL ÓPTIMO	COSTO POR M
T4C1	0.0182	\$386.85
T4C1.5	0.0101	\$389.85
T4C2	0.0139	\$406.51
T4C2.5	0.0112	\$415.86
T4C3	0.0155	\$427.30

Tabla 2.- Porcentaje de acero y costo óptimo para cada uno de los casos en trabe de 4 m.

Fuente: Propia.

CASO	% DE ACERO REAL ÓPTIMO	COSTO POR M
T5C1	0.0078	\$428.25
T5C1.5	0.0108	\$463.61
T5C2	0.0135	\$547.87
T5C2.5	0.0153	\$516.64
T5C3	0.016	\$524.37

Tabla 3.- Porcentaje de acero y costo óptimo para cada uno de los casos en trabe de 5 m.

Fuente: Propia.

CASO	% DE ACERO REAL ÓPTIMO	COSTO POR M
T6C1	0.0060	\$460.45
T6C1.5	0.0075	\$472.44
T6C2	0.0101	\$501.10
T6C2.5	0.0124	\$547.82
T6C3	0.0143	\$547.82

Tabla 4.- Porcentaje de acero y costo óptimo para cada uno de los casos en trabe de 6 m.

Fuente: Propia.

CASO	% DE ACERO REAL ÓPTIMO	COSTO POR M
T7C1	0.0039	\$460.45
T7C1.5	0.0054	\$472.44
T7C2	0.0065	\$501.10
T7C2.5	0.0076	\$547.82
T7C3	0.0092	\$547.82

Tabla 5.- Porcentaje de acero y costo óptimo para cada uno de los casos en trabe de 7 m.

Fuente: Propia.

CASO	% DE ACERO REAL ÓPTIMO	COSTO POR M
T8C1	0.0028	\$803.15
T8C1.5	0.0039	\$833.85
T8C2	0.0047	\$873.87
T8C2.5	0.0057	\$909.23
T8C3	0.0065	\$937.28

Tabla 6.- Porcentaje de acero y costo óptimo para cada uno de los casos en trabe de 8 m.

Fuente: Propia.

CASO	% DE ACERO REAL ÓPTIMO	COSTO POR M
T9C1	0.0037	\$838.51
T9C1.5	0.0047	\$873.87
T9C2	0.0059	\$893.20
T9C2.5	0.0071	\$961.24
T9C3	0.0084	\$988.09

Tabla 7.- Porcentaje de acero y costo óptimo para cada uno de los casos en trabe de 9 m.

Fuente: Propia.

En la siguiente tabla se muestra un concentrado de los porcentajes óptimos de acero, así como el costo que se requiere para poder llevarlo a cabo en la construcción.

CASO	% DE ACERO REAL ÓPTIMO	COSTO POR ML
CL3C15	0.0158346	\$ 719.22
CL3C30	0.0178679	\$ 968.79
CL3C50	0.0226209	\$ 1,469.11
CL3C75	0.0162871	\$ 1,523.24
CL3100	0.0289548	\$ 1,777.97
CL3125	0.0327249	\$ 2,278.39
CL3150	0.0281505	\$ 2,307.80

Tabla 8.- Concentrado de porcentajes óptimos de acero y su costo.

Fuente: Propia.

Con todos los resultados obtenidos durante el análisis y cálculo, fue posible determinar de manera gráfica y matemática las gráficas requeridas para demostrar cómo un porcentaje de acero dentro de los cálculos estructurales hace una gran diferencia para poder analizar los costos unitarios dentro de un presupuesto.

CONCLUSIÓN.

De la presente investigación se desprenden una serie de conclusiones relevantes que permiten observar el comportamiento que se planteó al inicio de esta investigación. Este comportamiento se refiere a la interacción entre los materiales empleados y costos para las trabes y columnas de concreto reforzado ya mencionados anteriormente.

De acuerdo con el objetivo general establecido, se obtuvo que mediante el análisis de cada uno de los elementos fueron plantearon distintos diseños para obtener las gráficas por medio de la aplicación de Excel, determinando con ésta los diagramas de interacción costo-porcentaje de acero y costo-volumen de concreto que como se planteó, podrían influir en el costo. Para cada diseño se puede observar el costo unitario que resultaría óptimo para cada caso, haciendo énfasis en que las características del correcto comportamiento de los elementos no se ven afectadas.

Siguiendo con los objetivos particulares, se entiende que se cumplieron con todos los objetivos planteados para la presente investigación. Se obtuvo el rango óptimo del porcentaje de acero para el diseño de las trabes y columnas con las distintas cargas y características mencionadas anteriormente, estos porcentajes se pueden observar en las distintas tablas y gráficas que se presentan en los anexos.

Dentro del diseño de las trabes y columnas fue necesario dimensionar diferentes casos de estos elementos para facilitar la comparación y desarrollar los

diagramas de interacción con lo cual se puede apreciar la relación del costo-beneficio en cada uno de los casos estudiados, lo cual cumple con dos más de los objetivos particulares propuestos. Es importante mencionar que se cumplió con respetar la resistencia de los elementos estructurales, lo cual indica que cada uno de los diseños es confiable y no afecta las características para el comportamiento del elemento.

Finalmente, se delimitó un porcentaje de acero real en cada diseño al interactuar de manera constante con el uso de los diferentes diámetros de las varillas para cumplir con el porcentaje de acero necesario o mínimo cualquiera que fuese el caso, cumpliendo con las características de diseño y procurando mantener el porcentaje de acero real lo más cercano al acero que se sugiere en el diseño.

La presente tesis en sus inicios contaba con una interrogante principal, saber si ¿Es posible determinar el costo para trabes y columnas obteniendo un rango de optimización de los materiales dentro del cálculo de estas secciones?, ahora se sabe que es posible lograrlo, mediante los cálculos correspondientes, que se obtienen mediante los análisis y diseño, mismos que sirven de base y se pueden observar dentro de esta investigación.

Como bien es sabido dentro de la ingeniería civil, el proceso de determinar los análisis y diseños previos al dimensionamiento es de gran importancia, porque dependiendo del predimensionamiento es como se va a calcular la cantidad de material necesaria teniendo en consideración su porcentaje de desperdicio, ya que

se tomará en cuenta para la elaboración de los precios unitarios, haciendo que la demostración que es posible optimizar los costos en este tipo de elementos estructurales.

De manera específica a esta investigación, el no realizar a cabo una investigación correcta y a detalle, así como llevar un análisis a fondo de lo que se está calculando, puede causar efectos de manera negativa en el proceso de analizar costos, y se tendrían gastos innecesarios. El proceso para encontrar el valor del porcentaje óptimo implicó revisiones a detalle para determinarlo manualmente, procurando no rebasar ni quedar por debajo del porcentaje que requiere el elemento para cumplir con las características que no afecten su comportamiento estructural.

En las diferentes gráficas de porcentaje de acero-costo que se presentan en los anexos se observa el porcentaje de acero óptimo para el diseño del elemento estructural, sin embargo, para este caso se puede observar cierto comportamiento que se interpreta que a mayor porcentaje de acero en el elemento más elevado será el costo unitario para éste. Sucede que el mayor porcentaje de acero es requerido en secciones con dimensiones menores, por lo tanto, el volumen de concreto requerido para tal sección es bajo.

Como se sabe, el concreto es uno de los materiales que impactan considerablemente en el costo de las estructuras de concreto reforzado, dado que la sección es pequeña la cantidad de volumen de concreto requerida no impacta demasiado en el costo, justificando el mayor uso de acero. En caso contrario, el

menor porcentaje de acero es requerido en secciones de mayores dimensiones, por lo cual el costo de estos elementos se incrementa dado que se requiere mayor volumen de concreto que impacta de manera significativa en el costo final como se mencionó anteriormente.

Lo anterior se debe a que el acero funciona como refuerzo para la estructura de concreto, por lo que un elemento con mayor cantidad de concreto se vería sobrerreforzado con grandes áreas de acero por lo tanto requiere menor porcentaje de acero para su refuerzo y en caso contrario se obtiene un mayor porcentaje de acero por la necesidad de reforzar el elemento de menor dimensión.

En cada caso el porcentaje de acero real no difiere de manera significativa con el porcentaje de diseño (mínimo, necesario o máximo) se consideró una tolerancia máxima del 5% en la situación en se exceda o esté escaso. Por lo tanto, el uso del acero se mantuvo dentro de un rango de optimización para el diseño sin afectar la resistencia del elemento.

Dependiendo del dimensionamiento que se le esté otorgando a las secciones en este caso de las columnas, si son pequeñas la cantidad de acero aumenta considerablemente, y tomando como base el porcentaje de acero óptimo calculado, el resultado es de 0.0158346, esto significa que el precio es costeable y mucho más barato; caso contrario a una columna con dimensiones considerables, la cantidad de acero se reduce debido a que el volumen de concreto compensará la disminución de acero, siendo que el porcentaje de acero óptimo máximo es de 0.0281505, y éste es el que marca el costo elevado, en cuanto a su proceso de

construcción. Estos resultados de porcentaje de acero óptimos se pueden consultar en la parte de los anexos incluidos en esta tesis.

BIBLIOGRAFÍA

Arnal Simón, Luis y Betancourt Suárez, Max. (2011)

Reglamento de Construcciones del Distrito Federal.

Ed. Trillas. México.

González Cuevas, Óscar M. (2005)

Aspectos fundamentales del concreto reforzado.

Ed. Limusa. México.

Hernández Sampieri, Roberto y Cols. (2010)

Metodología de la investigación.

Ed. Mc. Graw Hill. México.

Hill Jr., Louis A. (1995)

Fundamentos de diseño estructural: Acero, concreto y madera.

Ed. Alfaomega. México.

Mc Cormac, Jack y H. Brown, Russel. (2005)

Diseño de concreto reforzado.

Ed. Alfaomega. México.

Meli Piralla, Roberto. (2004)

Diseño estructural.

Ed. Limusa. México.

Muñoz Galindo, Luis Arturo. (2011)

Comparativa de diseño mediante el análisis de marcos planos y marcos en 3D para un edificio de 4 niveles.

Tesis inédita de la Escuela de Ingeniería Civil, de la Universidad Don Vasco A. C., de la Ciudad de Uruapan, Michoacán, México.

Muñoz Razo, Carlos. (1998)

Cómo elaborar y asesorar una investigación de tesis.

Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, S. A.

Nawy, Edward G. (2000)

Concreto reforzado, un enfoque básico.

Negrete Padilla, Miguel. (2002)

Estudio comparativo del costo directo en acero y concreto reforzado, para un edificio de 5 niveles.

Tesis inédita de la Escuela de Ingeniería Civil, de la Universidad Don Vasco A. C., de la Ciudad de Uruapan, Michoacán, México.

Ortega García, Juan Emilio. (2014)

Diseño de estructuras de concreto armado.

Ed. Macro. México.

Suárez Salazar, Carlos Javier. (2012)

Costos y tiempos en edificación.

Ed. Limusa. México. D.F.

Tamayo y Tamayo, Mario. (2009)

El proceso de la investigación científica.

Ed. Limusa. México.

Tavera M. Fernando y Moreno A. Jorge. (1987)

Diseño estructural. "Estructuras Metálicas".

OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN.

Cuaderno Estadístico Municipal de Uruapan, Michoacán de Ocampo. (2016)

<http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/cem06/info/mic/m102/mapas.pdf>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2016)

Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos.

<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/16/16102.pdf>

Luna González, Claudio. (2016)

Propuesta para la elaboración de presupuestos por medio de una metodología estructurada y herramientas de cómputo, como opción alternativa al software existente, para su uso en la Dirección General de Ingenieros de la secretaría de la Defensa Nacional.

<http://www.bib.uia.mx/tesis/pdf/015299/015299.pdf>

Méndez Márquez, Berenice. (2016)

Propuesta económica y programación de obra para la segunda etapa de la rehabilitación del campo de béisbol “Héroe de Nacozari” de la Ciudad de Uruapan, Michoacán”.

<http://132.248.9.195/ptd2015/septiembre/411526469/Index.html>

Presupuesto de obra. (2016)

<http://www.cuevadelcivil.com/2010/06/presupuesto-de-obra.html>

Salazar Salinas, Leopoldo. (2016)

Estudios Geológicos en el Estado de Michoacán de Ocampo.

http://www.revistadelauniversidad.unam.mx/ojs_rum/files/journals/1/articles/4001/public/4001-9399-1-PB.pdf

Varela Alonso, Leopoldo. (2016)

Ingeniería de costos. Teoría y práctica en construcción.

<http://www.biicsa.com.mx/descargas/CostosDeConstruccionParaArquitectosEIngenieros.pdf>

Anexos.

ANEXO N° 1.- CONCENTRADO DE PRECIOS POR METRO LINEAL EN COLUMNAS.

CASO	ALTURA (mts)	L1	L2	CARGA (Ton/ml)	Porcentaje necesario	Porcentaje real	N° DE VARILLAS SUPERIOR	N° DE VARILLAS INFERIOR	ESTRIBOS @CM	COSTO POR M
CL3C15	3.00	0.25	0.25	15.00	0.010000	0.0158346	2 var #5	2 var #5	15.00	\$ 719.22
CL3C30	3.00	0.25	0.25	30.00	0.015500	0.0178679	4 var #4	4 var #6	15.00	\$ 968.79
CL3C50	3.00	0.40	0.40	50.00	0.020000	0.0226209	4 var #6	4 var #8	15.00	\$ 1,469.11
	3.00	0.45	0.45	50.00	0.011000	0.0126677	4 var #6	4 var #6	15.00	\$ 1,760.01
	3.00	0.50	0.50	50.00	0.007000	0.0085859	4 var #5	4 var #6	15.00	\$ 2,020.80
CL3C75	3.00	0.35	0.35	75.00	0.030000	0.0367967	8 var #5	8 var #6	15.00	\$ 1,533.84
	3.00	0.40	0.40	75.00	0.014000	0.01628706	4 var #6	4 var #6	15.00	\$ 1,523.24
	3.00	0.45	0.45	75.00	0.009000	0.01073237	4 var #6	4 var #5	15.00	\$ 1,709.99
CL3C100	3.00	0.40	0.40	100.00	0.025000	0.0289548	6 var #4	6 var #8	20.00	\$ 1,777.97
	3.00	0.45	0.45	100.00	0.018000	0.0200572	8 var #5	4 var #8	20.00	\$ 1,950.97
	3.00	0.50	0.50	100.00	0.010500	0.0112602	4 var #4	4 var #8	25.00	\$ 2,053.19
CL3C125	3.00	0.45	0.45	125.00	0.028000	0.0327249	6 var #6	8 var # 6	15.00	\$ 2,278.39
	3.00	0.50	0.50	125.00	0.018000	0.0202683	6 var #8	8 var # 6	15.00	\$ 2,344.21
	3.00	0.55	0.55	125.00	0.011000	0.0124374	6 var #6	6 var #6	15.00	\$ 2,457.28
	3.00	0.60	0.60	125.00	0.007500	0.00863708	6 var #6	6 var #4	15.00	\$ 2,671.03
CL3C150	3.00	0.50	0.50	150.00	0.025000	0.0281505	8 var #8	8 var #6	25.00	\$ 2,307.80
	3.00	0.55	0.55	150.00	0.016000	0.0176196	4 var #5	8 var #8	25.00	\$ 2,661.86
	3.00	0.55	0.55	150.00	0.010200	0.0116121	4 var #5	6 var #8	30.00	\$ 2,813.13

ANEXO N°1. CONCENTRADO DE PRECIOS POR METRO LINEAL PARA TRABES.

CASO	LONG. (mts)	PERALTE	BASE	CARGA (Ton/ml)	Porcentaje nec		Porcentaje real		N° DE VARILLAS SUPERIOR	N° DE VARILLAS INFERIOR	ESTRIBOS @CM	COSTO POR M
					(+)	(-)	(+)	(-)				
T3C1	3.00	0.30	0.15	1.00	0.0049	0.0026	0.0068	0.0068	2VAR #4	2VAR #4	#3 @ 10	\$386.85
	3.00	0.35	0.15	1.00	0.0035	0.0026	0.0056	0.0056	4VAR #4	2VAR #4	#3 @ 15	\$433.56
T3C1.5	3.00	0.30	0.15	1.50	0.0071	0.0036	0.0068	0.0068	2VAR #4	2VAR #4	#3 @ 10	\$389.85
	3.00	0.35	0.15	1.50	0.0050	0.0026	0.0056	0.0056	2VAR #4	2VAR #4	#3 @ 15	\$402.24
T3C2	3.00	0.30	0.15	2.00	0.0094	0.0047	0.0101	0.0068	2VAR #4	3VAR #4	#3 @ 10	\$406.51
	3.00	0.35	0.15	2.00	0.0066	0.0033	0.0072	0.0028	2VAR #4	1VAR #5 Y 1 #4	#3 @ 15	\$411.59
T3C2.5	3.00	0.30	0.15	2.50	0.0116	0.0058	0.0120	0.0068	2VAR #4	1VAR #5 Y 2 #4	#3 @ 10	\$415.86
	3.00	0.35	0.15	2.50	0.0081	0.0041	0.0084	0.0056	2VAR #4	3VAR #4	#3 @ 15	\$418.90
T3C3	3.00	0.30	0.15	3.00	0.0138	0.0069	0.0144	0.0068	1VAR #6 Y 2 #4	2VAR #4	#3 @ 10	\$427.30
	3.00	0.35	0.15	3.00	0.0096	0.0048	0.0100	0.0056	2VAR #4	1VAR #5 Y 2 #4	#3 @ 15	\$428.25

ANEXO N°1. CONCENTRADO DE PRECIOS POR METRO LINEAL PARA TRABES.

CASO	LONG. (mts)	PERALTE	BASE	CARGA (Ton/ml)	Porcentaje nec		Porcentaje real		N° DE VARILLAS SUPERIOR	N° DE VARILLAS INFERIOR	ESTRIBOS @CM	COSTO POR M
					(+)	(-)	(+)	(-)				
T4C1	4.00	0.40	0.20	1.00	0.0156	0.0078	0.0158	0.0036	2VAR #4	3VAR #6 Y 2 #4	#3 @ 15	\$ 628.15
	4.00	0.40	0.15	1.00	0.0190	0.0101	0.0201	0.0100	2VAR #5 Y 1 #4	1VAR #5 Y 3 #6	#3 @ 15	\$ 584.20
	4.00	0.35	0.15	1.00	0.0190	0.0137	0.0195	0.0132	1 VAR #6 y 2 #5	1VAR #6 Y 3 #5	#3 @ 15	\$ 540.56
	4.00	0.30	0.15	1.00	0.0190	0.0190	0.0182	0.0182	1VAR #6 Y 2 #5	1VAR #6 Y 2 #5	#3 @ 10	\$ 502.16
T4C1.5	4.00	0.40	0.20	1.50	0.0049	0.0026	0.0054	0.0036	2VAR #4	3VAR #4	#3 @ 15	\$ 523.45
	4.00	0.40	0.15	1.50	0.0066	0.0033	0.0072	0.0048	2VAR #4	3VAR #4	#3 @ 15	\$ 460.45
	4.00	0.35	0.15	1.50	0.0090	0.0045	0.0088	0.0056	2VAR #4	2VAR #5	#3 @ 15	\$ 420.94
	4.00	0.30	0.15	1.50	0.0134	0.0067	0.0135	0.0068	2VAR #4	4VAR #4	#3 @ 10	\$ 423.17
T4C2	4.00	0.40	0.20	2.00	0.0064	0.0039	0.0054	0.0036	2VAR #4	3VAR #4	#3 @ 15	\$ 532.45
	4.00	0.40	0.15	2.00	0.0086	0.0053	0.0097	0.0048	2VAR #4	3VAR #4	#3 @ 15	\$ 477.10
	4.00	0.35	0.15	2.00	0.0118	0.0073	0.0113	0.0056	2VAR #4	2VAR #5	#3 @ 15	\$ 435.56
	4.00	0.30	0.15	2.00	0.0173	0.0087	0.0211	0.0068	2VAR #4	4VAR #4	#3 @ 10	\$ 460.57
T4C2.5	4.00	0.40	0.20	2.50	0.0081	0.0041	0.0085	0.0036	2VAR #4	3VAR #5	#3 @ 15	\$ 560.50
	4.00	0.40	0.15	2.50	0.0107	0.0053	0.0110	0.0048	2VAR #4	1VAR #5 Y 3 #4	#3 @ 15	\$ 486.45
	4.00	0.35	0.15	2.50	0.0144	0.0072	0.0151	0.0072	1VAR #5 Y 1 #4	2VAR #5 Y 1 #6	#3 @ 15	\$ 456.30
	4.00	0.30	0.15	2.50	0.0190	0.0103	0.0182	0.0106	2VAR #5	2VAR #5 Y 1 #6	#3 @ 10	\$ 464.70
T4C3	4.00	0.40	0.20	3.00	0.0097	0.0048	0.0097	0.0036	2VAR #4	2VAR #5 Y 1 #6	#3 @ 15	\$ 571.94
	4.00	0.40	0.15	3.00	0.0127	0.0063	0.0127	0.0062	1VAR #5 Y 1 #4	1VAR #6 Y 3 #4	#3 @ 15	\$ 507.25
	4.00	0.35	0.15	3.00	0.0172	0.0086	0.0171	0.0084	3VAR #4	1VAR #5 Y 2 #6	#3 @ 15	\$ 486.50
	4.00	0.30	0.15	3.00	0.0190	0.0123	0.0182	0.0129	1 VAR #6 y 1 #5	1VAR #6 Y 2 #5	#3 @ 10	\$ 476.15

ANEXO N°1. CONCENTRADO DE PRECIOS POR METRO LINEAL PARA TRABES.

CASO	LONG. (mts)	PERALTE	BASE	CARGA (Ton/ml)	Porcentaje nec		Porcentaje real		N° DE VARILLAS SUPERIOR	N° DE VARILLAS INFERIOR	ESTRIBOS @CM	COSTO POR M
					(+)	(-)	(+)	(-)				
T5C1	5.00	0.50	0.25	1.00	0.0030	0.0026	0.0029	0.0029	1VAR #5 Y 1 #4	1VAR #5 Y 1 #4	#3 @ 20	\$ 695.23
	5.00	0.50	0.20	1.00	0.0029	0.0026	0.0028	0.0028	1VAR #5 Y 1 #4	1VAR #5 Y 1 #4	#3 @ 20	\$ 591.29
	5.00	0.45	0.20	1.00	0.0044	0.0026	0.0048	0.0032	2VAR #4	3VAR #4	#3 @ 20	\$ 560.56
	5.00	0.40	0.20	1.00	0.0056	0.0028	0.0059	0.0036	2VAR #4	1VAR #6 Y 1 #4	#3 @ 15	\$ 536.59
	5.00	0.35	0.15	1.00	0.0097	0.0048	0.0100	0.0056	2VAR #4	1VAR #5 Y 2 #4	#3 @ 15	\$ 428.25
T5C1.5	5.00	0.50	0.25	1.50	0.0041	0.0026	0.0043	0.0029	1VAR #5 Y 1 #4	1VAR #6 Y 1 #4	#3 @ 20	\$ 706.67
	5.00	0.50	0.20	1.50	0.0043	0.0026	0.0044	0.0028	1VAR #5 Y 1 #4	1VAR #6 Y 1 #4	#3 @ 20	\$ 684.89
	5.00	0.45	0.20	1.50	0.0062	0.0031	0.0060	0.0032	2VAR #4	1VAR #5 Y 1 #6	#3 @ 20	\$ 574.05
	5.00	0.40	0.20	1.50	0.0080	0.0040	0.0077	0.0036	2VAR #4	1VAR #6 Y 2 #4	#3 @ 15	\$ 553.25
	5.00	0.35	0.15	1.50	0.0139	0.0070	0.0144	0.0072	1VAR #5 Y 1 #4	2VAR #5 Y 2 #4	#3 @ 15	\$ 463.61
T5C2	5.00	0.50	0.25	2.00	0.0053	0.0026	0.0053	0.0029	1VAR #5 Y 1 #4	3VAR #5	#3 @ 20	\$ 730.58
	5.00	0.50	0.20	2.00	0.0057	0.0029	0.0063	0.0028	1VAR #5 Y 1 #5	3VAR #5	#3 @ 20	\$ 632.88
	5.00	0.45	0.20	2.00	0.0080	0.0040	0.0085	0.0041	1VAR #5 Y 1 #4	2VAR #5 Y 1 #6	#3 @ 20	\$ 609.41
	5.00	0.40	0.20	2.00	0.0104	0.0052	0.0110	0.0054	3VAR #4	1VAR #5 Y 2 #6	#3 @ 15	\$ 633.37
	5.00	0.35	0.15	2.00	0.0182	0.0091	0.0183	0.0088	2VAR #5	2VAR #6 Y 2 #4	#3 @ 15	\$ 547.87

T5C2.5	5.00	0.50	0.25	2.50	0.0064	0.0032	0.0064	0.0029	1VAR #5 Y 1 #4	3VAR #5 Y 1 #4	#3 @ 20	\$ 747.24
	5.00	0.50	0.20	2.50	0.0071	0.0036	0.0063	0.0044	3VAR #4	1VAR #6 Y 1 #5	#3 @ 20	\$ 651.58
	5.00	0.45	0.20	2.50	0.0098	0.0049	0.0097	0.0049	2VAR #5	2VAR #5 Y 3 #4	#3 @ 20	\$ 631.28
	5.00	0.40	0.20	2.50	0.0127	0.0064	0.0131	0.0064	1VAR #5 Y 2 #4	4VAR #5 Y 1 #4	#3 @ 15	\$ 629.17
	5.00	0.35	0.15	2.50	0.0190	0.0113	0.0190	0.0116	2VAR #5 Y 1 #4	3VAR #6	#3 @ 15	\$ 516.64
T5C3	5.00	0.50	0.25	3.00	0.0075	0.0038	0.0078	0.0029	1VAR #5 Y 1 #4	3VAR #5 Y 1 #6	#3 @ 20	\$ 768.04
	5.00	0.50	0.20	3.00	0.0086	0.0043	0.0098	0.0028	2VAR #4	3VAR #5 Y 1 #6	#3 @ 20	\$ 673.45
	5.00	0.45	0.20	3.00	0.0116	0.0058	0.0122	0.0056	1VAR #5 Y 2 #4	3VAR #5 Y 3 #4	#3 @ 20	\$ 664.59
	5.00	0.40	0.20	3.00	0.0151	0.0075	0.0154	0.0077	1VAR #6 Y 2 #4	1 VAR #6 Y 4 #5	#3 @ 15	\$ 639.62
	5.00	0.35	0.15	3.00	0.0190	0.0134	0.0188	0.0132	3VAR #5	3VAR #5 Y 2 #4	#3 @ 15	\$ 524.37

ANEXO N°1. CONCENTRADO DE PRECIOS POR METRO LINEAL PARA TRABES.

CASO	LONG. (mts)	PERALTE	BASE	CARGA (Ton/ml)	Porcentaje		Porcentaje real		N° DE VARILLAS SUPERIOR	N° DE VARILLAS INFERIOR	ESTRIBOS @CM	COSTO POR M
					(+)	(-)	(+)	(-)				
T6C1	6.00	0.60	0.30	1.00	0.0026	0.0026	0.0027	0.0027	1VAR #5 Y 2 #4	1VAR #5 Y 2#4	#3 @ 25	\$ 920.96
	6.00	0.60	0.20	1.00	0.0026	0.0026	0.0035	0.0035	3VAR #4	3VAR #4	#3 @ 25	\$ 704.05
	6.00	0.50	0.25	1.00	0.0026	0.0029	0.0034	0.0034	3VAR #4	3VAR #4	#3 @ 20	\$ 709.84
	6.00	0.45	0.20	1.00	0.0026	0.0042	0.0032	0.0049	2VAR #5	2VAR #4	#3 @ 20	\$ 562.60
	6.00	0.45	0.15	1.00	0.0026	0.0040	0.0032	0.0048	3VAR #4	2VAR #4	#3 @ 20	\$ 482.72
	6.00	0.40	0.20	1.00	0.0026	0.0045	0.0036	0.0054	3VAR #4	2VAR #4	#3 @ 15	\$ 532.45
	6.00	0.40	0.15	1.00	0.0035	0.0069	0.0048	0.0072	3VAR #4	2VAR #4	#3 @ 15	\$ 460.45
T6C1.5	6.00	0.60	0.30	1.50	0.0026	0.0026	0.0027	0.0027	1 VAR #5 Y 2 #4	1 VAR #5 Y 2 #4	#3 @ 25	\$ 920.96
	6.00	0.60	0.20	1.50	0.0026	0.0033	0.0035	0.0035	3 VAR #4	3VAR #4	#3 @ 25	\$ 704.05
	6.00	0.50	0.25	1.50	0.0026	0.0040	0.0034	0.0040	1VAR #5 Y 2 #4	3VAR #4	#3 @ 20	\$ 719.19
	6.00	0.45	0.20	1.50	0.0030	0.0060	0.0032	0.0063	4VAR #4	2VAR #4	#3 @ 20	\$ 577.22
	6.00	0.45	0.15	1.50	0.0038	0.0077	0.0042	0.0084	4VAR #4	2VAR #4	#3 @ 20	\$ 499.38
	6.00	0.40	0.20	1.50	0.0038	0.0077	0.0054	0.0077	1VAR #6 Y 2 #4	3VAR #4	#3 @ 15	\$ 561.11
T6C2	6.00	0.60	0.30	2.00	0.0026	0.0030	0.0027	0.0032	2VAR #5 Y 1 #4	1 VAR #5 Y 2 #4	#3 @ 25	\$ 930.31
	6.00	0.60	0.20	2.00	0.0026	0.0042	0.0035	0.0046	4VAR #4	3VAR #4	#3 @ 25	\$ 720.71
	6.00	0.50	0.25	2.00	0.0025	0.0050	0.0034	0.0051	2 VAR #6	3VAR #4	#3 @ 20	\$ 717.18
	6.00	0.45	0.20	2.00	0.0038	0.0077	0.0048	0.0074	3 VAR #5	3VAR #4	#3 @ 20	\$ 605.27
	6.00	0.45	0.15	2.00	0.0050	0.0100	0.0063	0.0099	3VAR #5	3VAR #4	#3 @ 20	\$ 527.43
	6.00	0.40	0.20	2.00	0.0050	0.0099	0.0054	0.0100	2VAR #6 Y 1 #4	3VAR #4	#3 @ 15	\$ 573.10
	6.00	0.40	0.15	2.00	0.0065	0.0130	0.0072	0.0130	2VAR #6 Y 1 #4	3 VAR #4	#3 @ 15	\$ 501.10

T6C2.5	6.00	0.60	0.30	2.50	0.0026	0.0036	0.0027	0.0036	3VAR #5	1 VAR #5 Y 2 #4	#3 @ 25	\$ 939.66
	6.00	0.60	0.20	2.50	0.0026	0.0051	0.0035	0.0054	3 VAR #5	3VAR #4	#3 @ 25	\$ 732.10
	6.00	0.50	0.25	2.50	0.0031	0.0061	0.0034	0.0061	1 VAR #6 Y 2 #5	3 VAR #4	#3 @ 20	\$ 740.54
	6.00	0.45	0.20	2.50	0.0047	0.0094	0.0048	0.0097	2VAR #5 Y 3 #4	3 VAR #4	#3 @ 20	\$ 629.24
	6.00	0.45	0.15	2.50	0.0062	0.0123	0.0063	0.0127	6 VAR #4	3 VAR #4	#3 @ 20	\$ 549.36
	6.00	0.40	0.20	2.50	0.0061	0.0122	0.0064	0.0121	3 VAR #5 Y 2 #4	1 VAR #5 Y 2 #4	#3 @ 15	\$ 619.82
	6.00	0.40	0.15	2.50	0.0080	0.0160	0.0086	0.0161	3 VAR #5 Y 2 #4	1 VAR #5 Y 2 #4	#3 @ 15	\$ 547.82
T6C3	6.00	0.60	0.30	3.00	0.0026	0.0042	0.0027	0.0027	2 VAR #6 Y 1 #4	1 VAR #5 Y 2 #4	#3 @ 25	\$ 935.60
	6.00	0.60	0.20	3.00	0.0030	0.0060	0.0035	0.0059	2 VAR #5 Y 2 #4	3 VAR #4	#3 @ 25	\$ 739.41
	6.00	0.50	0.25	3.00	0.0036	0.0072	0.0035	0.0075	3 VAR #5 Y 2 #4	2 VAR #5	#3 @ 20	\$ 773.25
	6.00	0.45	0.20	3.00	0.0056	0.0112	0.0056	0.0113	2 VAR #5 Y 4 #4	1 VAR #5 Y 2 #4	#3 @ 20	\$ 655.24
	6.00	0.45	0.15	3.00	0.0073	0.0146	0.0075	0.0150	2 VAR #5 Y 4 #4	1VAR #5 Y 2#4	#3 @ 20	\$ 635.21
	6.00	0.40	0.20	3.00	0.0072	0.0145	0.0072	0.0145	8 VAR #4	4 VAR #4	#3 @ 15	\$ 649.06
	6.00	0.40	0.15	3.00	0.0095	0.0190	0.0097	0.0189	5 VAR # 5	4 VAR #4	#3 @ 15	\$ 547.82

ANEXO N°1. CONCENTRADO DE PRECIOS POR METRO LINEAL PARA TRABES.

CASO	LONG. (mts)	PERALTE	BASE	CARGA (Ton/ml)	Porcentaje		Porcentaje real		N° DE VARILLAS SUPERIOR	N° DE VARILLAS INFERIOR	ESTRIBOS @CM	COSTO POR M
					(+)	(-)	(+)	(-)				
T7C1	7.00	0.70	0.35	1.00	0.0026	0.0026	0.0026	0.0026	3 VAR #5	3 VAR #5	#3 @ 30	\$ 1,181.41
	7.00	0.70	0.25	1.00	0.0026	0.0028	0.0026	0.0028	1 VAR #5 Y 2 #4	1 VAR #5 Y 2 #4	#3 @ 30	\$ 917.45
	7.00	0.60	0.30	1.00	0.0026	0.0026	0.0027	0.0027	1 VAR #5 Y 2 #4	1 VAR #5 Y 2 #4	#3 @ 25	\$ 920.96
	7.00	0.60	0.25	1.00	0.0026	0.0027	0.0028	0.0028	3 VAR #4	3 VAR #4	#3 @ 25	\$ 803.15
	7.00	0.60	0.20	1.00	0.0026	0.0032	0.0035	0.0035	3 VAR #4	3 VAR #4	#3 @ 25	\$ 704.05
	7.00	0.50	0.25	1.00	0.0026	0.0039	0.0034	0.0040	1 VAR #5 Y 2 #4	3 VAR #4	#3 @ 20	\$ 823.23
	7.00	0.50	0.20	1.00	0.0026	0.0046	0.0028	0.0050	1 VAR #5 Y 2 #4	2 VAR #4	#3 @ 20	\$ 617.29
T7C1.5	7.00	0.70	0.35	1.50	0.0026	0.0026	0.0026	0.0026	3 VAR #5	3 VAR #5	#3 @ 30	\$ 1,181.41
	7.00	0.70	0.25	1.50	0.0026	0.0027	0.0028	0.0028	1 VAR #5 Y 2 #4	1 VAR #5 Y 2 #4	#3 @ 30	\$ 917.45
	7.00	0.60	0.30	1.50	0.0026	0.0032	0.0027	0.0032	1 VAR #5 Y 2 #4	1 VAR #5 Y 2 #4	#3 @ 25	\$ 920.96
	7.00	0.60	0.25	1.50	0.0026	0.0037	0.0028	0.0037	4 VAR #4	3 VAR #4	#3 @ 25	\$ 819.81
	7.00	0.60	0.20	1.50	0.0026	0.0045	0.0035	0.0046	4 VAR #4	3 VAR #4	#3 @ 25	\$ 720.71
	7.00	0.50	0.25	1.50	0.0027	0.0054	0.0034	0.0053	3 VAR #5	3 VAR #4	#3 @ 20	\$ 737.89
	7.00	0.50	0.20	1.50	0.0032	0.0065	0.0042	0.0066	3 VAR #5	3 VAR #4	#3 @ 20	\$ 652.65
T7C2	7.00	0.70	0.35	2.00	0.0026	0.0026	0.0026	0.0026	3 VAR #5	3 VAR #5	#3 @ 30	\$ 1,181.41
	7.00	0.70	0.25	2.00	0.0026	0.0035	0.0028	0.0037	3 VAR #5	1 VAR #5 Y 2 #4	#3 @ 30	\$ 936.15
	7.00	0.60	0.30	2.00	0.0026	0.0041	0.0027	0.0042	2 VAR #6 Y 1 #4	1 VAR #5 Y 2 #4	#3 @ 25	\$ 935.60
	7.00	0.60	0.25	2.00	0.0026	0.0047	0.0028	0.0047	2 VAR #5 Y 2 #4	3 VAR #4	#3 @ 25	\$ 838.51
	7.00	0.60	0.20	2.00	0.0029	0.0057	0.0035	0.0058	5 VAR #4	3 VAR #4	#3 @ 25	\$ 737.37
	7.00	0.50	0.25	2.00	0.0034	0.0069	0.0034	0.0068	2 VAR #6 Y 1 #5	3 VAR #4	#3 @ 20	\$ 743.19
	7.00	0.50	0.20	2.00	0.0042	0.0084	0.0042	0.0088	4 VAR #5	3 VAR #4	#3 @ 20	\$ 678.66

T7C2.5	7.00	0.70	0.35	2.50	0.0026	0.0032	0.0026	0.0033	6 VAR #4	3 VAR #5	#3 @ 30	\$ 1,203.33
	7.00	0.70	0.25	2.50	0.0026	0.0042	0.0028	0.0042	1 VAR #6 Y 2 #5	1 VAR #5 Y 2 #4	#3 @ 30	\$ 938.80
	7.00	0.60	0.30	2.50	0.0026	0.0049	0.0027	0.0050	2 VAR #6 Y 2 #4	1 VAR #5 Y 2 #4	#3 @ 25	\$ 952.26
	7.00	0.60	0.25	2.50	0.0029	0.0057	0.0029	0.0058	4 VAR #5	2 VAR #4	#3 @ 25	\$ 859.25
	7.00	0.60	0.20	2.50	0.0035	0.0070	0.0035	0.0069	6 VAR #4	3 VAR #4	#3 @ 25	\$ 754.03
	7.00	0.50	0.25	2.50	0.0042	0.0084	0.0045	0.0086	2 VAR #6 Y 2 #5	4 VAR #4	#3 @ 20	\$ 785.85
	7.00	0.50	0.20	2.50	0.0051	0.0102	0.0050	0.0102	4 VAR #5 Y 1 #4	1 VAR #5 Y 2 #4	#3 @ 20	\$ 704.67
T7C3	7.00	0.70	0.35	3.00	0.0026	0.0037	0.0026	0.0037	3 VAR #5 Y 2 #4	3 VAR #5	#3 @ 30	\$ 1,214.73
	7.00	0.70	0.25	3.00	0.0024	0.0049	0.0028	0.0049	4 VAR #5	1 VAR #5 Y 2 #4	#3 @ 30	\$ 962.16
	7.00	0.60	0.30	3.00	0.0029	0.0057	0.0031	0.0058	2 VAR #6 Y 3 #4	4 VAR #4	#3 @ 25	\$ 976.23
	7.00	0.60	0.25	3.00	0.0026	0.0026	0.0029	0.0028	3 VAR #4	2 VAR #5	#3 @ 25	\$ 805.19
	7.00	0.60	0.20	3.00	0.0026	0.0026	0.0035	0.0035	3 VAR #4	3 VAR #4	#3 @ 25	\$ 704.05
	7.00	0.50	0.25	3.00	0.0049	0.0099	0.0053	0.0099	3 VAR #6 Y 2 #4	3 VAR #5	#3 @ 20	\$ 807.20
	7.00	0.50	0.20	3.00	0.0060	0.0121	0.0060	0.0123	3 VAR #6 Y 2 #4	1 VAR #5 Y 2 #4	#3 @ 20	\$ 705.91

ANEXO N°1. CONCENTRADO DE PRECIOS POR METRO LINEAL PARA TRABES.

CASO	LONG. (mts)	PERALTE	BASE	CARGA (Ton/ml)	Porcentaje		Porcentaje real		N° DE VARILLAS SUPERIOR	N° DE VARILLAS INFERIOR	ESTRIBOS @CM	COSTO POR M
					(+)	(-)	(+)	(-)				
T8C1	8.00	0.80	0.40	1.00	0.0026	0.0026	0.0026	0.0026	2 VAR #6 Y 1 #5	4 VAR #5	#3 @ 30	\$ 1,476.83
	8.00	0.80	0.30	1.00	0.0026	0.0026	0.0026	0.0026	3 VAR #5	3 VAR #5	#3 @ 35	\$ 1,179.39
	8.00	0.70	0.35	1.00	0.0026	0.0026	0.0026	0.0026	3 VAR #5	3 VAR #5	#3 @ 30	\$ 1,181.41
	8.00	0.70	0.30	1.00	0.0026	0.0026	0.0027	0.0027	2 VAR #5 Y 1 #4	2 VAR #5 Y 1 #4	#3 @ 30	\$ 1,049.43
	8.00	0.70	0.25	1.00	0.0026	0.0027	0.0028	0.0028	1 VAR #5 Y 2 #4	1 VAR #5 Y 2 #4	#3 @ 30	\$ 969.47
	8.00	0.60	0.30	1.00	0.0026	0.0031	0.0027	0.0032	2 VAR #5 Y 1 #4	1 VAR #5 Y 2 #4	#3 @ 25	\$ 930.31
	8.00	0.60	0.25	1.00	0.0026	0.0036	0.0018	0.0037	4 VAR #4	2 VAR #4	#3 @ 25	\$ 803.15
T8C1.5	8.00	0.80	0.40	1.50	0.0026	0.0026	0.0026	0.0027	2 VAR #6 Y 2 #4	4 VAR #5	#3 @ 30	\$ 1,484.14
	8.00	0.80	0.30	1.50	0.0026	0.0026	0.0026	0.0026	3 VAR #5	3 VAR #5	#3 @ 35	\$ 1,179.39
	8.00	0.70	0.35	1.50	0.0026	0.0028	0.0026	0.0029	2 VAR #5 Y 2 #4	3 VAR #5	#3 @ 30	\$ 1,188.72
	8.00	0.70	0.30	1.50	0.0026	0.0031	0.0027	0.0033	2 VAR #5 Y 2 #4	2 VAR #5 Y 1 #4	#3 @ 30	\$ 1,066.09
	8.00	0.70	0.25	1.50	0.0026	0.0036	0.0028	0.0037	3 VAR #5	1 VAR #5 Y 2 #4	#3 @ 30	\$ 884.14
	8.00	0.60	0.30	1.50	0.0026	0.0042	0.0027	0.0042	2 VAR #6 Y 1 #4	1 VAR #5 Y 2 #4	#3 @ 25	\$ 935.60
	8.00	0.60	0.25	1.50	0.0026	0.0049	0.0028	0.0050	1 VAR #6 Y 2 #5	3 VAR #4	#3 @ 25	\$ 833.85
T8C2	8.00	0.80	0.40	2.00	0.0026	0.0026	0.0026	0.0027	2 VAR #6 Y 2 #4	4 VAR #5	#3 @ 30	\$ 1,484.14
	8.00	0.80	0.30	2.00	0.0026	0.0030	0.0026	0.0030	1 VAR #6 Y 2 #5	3 VAR #5	#3 @ 35	\$ 1,182.04
	8.00	0.70	0.35	2.00	0.0026	0.0035	0.0026	0.0035	4 VAR #5	3 VAR #5	#3 @ 30	\$ 1,207.42
	8.00	0.70	0.30	2.00	0.0026	0.0039	0.0027	0.0040	2 VAR #5 Y 3 #4	2 VAR #5 Y 1 #4	#3 @ 30	\$ 1,082.75
	8.00	0.70	0.25	2.00	0.0026	0.0038	0.0027	0.0039	2 VAR #6 Y 1 #5	2 VAR #5 Y 1 #4	#3 @ 30	\$ 950.80
	8.00	0.60	0.30	2.00	0.0026	0.0053	0.0027	0.0056	4 VAR #5 Y 1 #4	1 VAR #5 Y 2 #4	#3 @ 25	\$ 982.32
	8.00	0.60	0.25	2.00	0.0031	0.0062	0.0033	0.0062	3 VAR #5 Y 2 #4	1 VAR #5 Y 2 #4	#3 @ 25	\$ 873.87

T8C2.5	8.00	0.80	0.40	2.50	0.0026	0.0029	0.0026	0.0028	3 VAR #5 Y 2 #4	4 VAR #5	#3 @ 30	\$ 1,504.85
	8.00	0.80	0.30	2.50	0.0026	0.0036	0.0026	0.0035	4 VAR #5	3 VAR #5	#3 @ 35	\$ 1,205.40
	8.00	0.70	0.35	2.50	0.0026	0.0041	0.0026	0.0042	2 VAR #6 Y 3 #4	3 VAR #5	#3 @ 30	\$ 1,210.67
	8.00	0.70	0.30	2.50	0.0026	0.0047	0.0027	0.0046	2 VAR #5 Y 4 #4	2 VAR #5 Y 1 #4	#3 @ 30	\$ 1,099.41
	8.00	0.70	0.25	2.50	0.0027	0.0055	0.0028	0.0056	2 VAR #5 Y 4 #4	1 VAR #5 Y 2 #4	#3 @ 30	\$ 976.78
	8.00	0.60	0.30	2.50	0.0032	0.0064	0.0032	0.0063	4 VAR #5 Y 2 #4	2 VAR #5 Y 1 #4	#3 @ 25	\$ 1,008.33
	8.00	0.60	0.25	2.50	0.0037	0.0075	0.0038	0.0076	4 VAR #5 Y 2 #4	2 VAR #5 Y 1 #4	#3 @ 25	\$ 909.23
T8C3	8.00	0.80	0.40	3.00	0.0026	0.0033	0.0026	0.0032	2 VAR #6 Y 2 #5	4 VAR #5	#3 @ 30	\$ 1,502.84
	8.00	0.80	0.30	3.00	0.0026	0.0042	0.0026	0.0043	2 VAR #6 Y 2 #5	3 VAR #5	#3 @ 35	\$ 1,210.70
	8.00	0.70	0.35	3.00	0.0026	0.0048	0.0026	0.0049	3 VAR #6 Y 2 #4	3 VAR #5	#3 @ 30	\$ 1,222.67
	8.00	0.70	0.30	3.00	0.0027	0.0055	0.0027	0.0054	4 VAR #5 Y 2 #4	2 VAR #5 Y 1 #4	#3 @ 25	\$ 1,130.82
	8.00	0.70	0.25	3.00	0.0032	0.0064	0.0032	0.0064	4 VAR #5 Y 2 #4	2 VAR #5 Y 1 #4	#3 @ 25	\$ 1,016.92
	8.00	0.60	0.30	3.00	0.0037	0.0075	0.0039	0.0075	3 VAR #6 Y 3 #4	2 VAR #5 Y 2 #4	#3 @ 25	\$ 1,023.58
	8.00	0.60	0.25	3.00	0.0044	0.0088	0.0043	0.0086	6 VAR #5	3 VAR #5	#3 @ 25	\$ 937.28

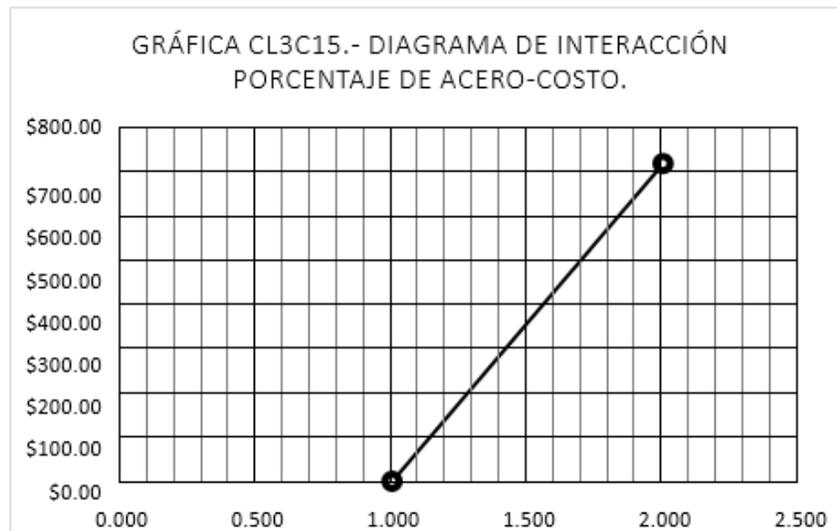
ANEXO N°1. CONCENTRADO DE PRECIOS POR METRO LINEAL PARA TRABES.

CASO	LONG. (mts)	PERALTE	BASE	CARGA (Ton/ml)	Porcentaje		Porcentaje real		N° DE VARILLAS SUPERIOR	N° DE VARILLAS INFERIOR	ESTRIBOS @CM	COSTO POR M
					(+)	(-)	(+)	(-)				
T9C1	9.00	0.90	0.45	1.00	0.0026	0.0026	0.0026	0.0026	5 VAR #5	5 VAR #5	#3 @ 30	\$ 1,843.28
	9.00	0.90	0.40	1.00	0.0026	0.0026	0.0027	0.0027	4 VAR #5 Y 1 #4	4 VAR #5 Y 1 #4	#3 @ 30	\$ 1,681.70
	9.00	0.90	0.35	1.00	0.0026	0.0026	0.0027	0.0027	4 VAR #5	4 VAR #5	#3 @ 35	\$ 1,494.19
	9.00	0.75	0.35	1.00	0.0026	0.0026	0.0026	0.0026	2 VAR #5 Y 2 #4	2 VAR #5 Y 2 #4	#3 @ 35	\$ 1,254.07
	9.00	0.75	0.25	1.00	0.0026	0.0030	0.0026	0.0030	2 VAR #5 Y 1 #4	1 VAR #5 Y 2 #4	#3 @ 35	\$ 970.94
	9.00	0.60	0.30	1.00	0.0026	0.0039	0.0027	0.0039	2 VAR #5 Y 2 #4	1 VAR #5 Y 2 #4	#3 @ 25	\$ 946.96
	9.00	0.60	0.25	1.00	0.0026	0.0045	0.0028	0.0047	2 VAR #5 Y 2 #4	3 VAR #4	#3 @ 25	\$ 838.51
T9C1.5	9.00	0.90	0.45	1.50	0.0026	0.0026	0.0026	0.0026	5 VAR #5	5 VAR #5	#3 @ 30	\$ 1,843.28
	9.00	0.90	0.40	1.50	0.0026	0.0026	0.0027	0.0027	4 VAR #5 Y 1 #4	4 VAR #5 Y 1 #4	#3 @ 30	\$ 1,681.70
	9.00	0.90	0.35	1.50	0.0026	0.0026	0.0027	0.0027	4 VAR #5	4 VAR #5	#3 @ 35	\$ 1,494.19
	9.00	0.75	0.35	1.50	0.0026	0.0031	0.0026	0.0032	2 VAR #5 Y 3 #4	2 VAR #5 Y 2 #4	#3 @ 35	\$ 1,270.73
	9.00	0.75	0.25	1.50	0.0026	0.0040	0.0026	0.0040	2 VAR #6 Y 1 #4	1 VAR #5 Y 2 #4	#3 @ 35	\$ 976.24
	9.00	0.60	0.30	1.50	0.0027	0.0053	0.0027	0.0055	2 VAR #5 Y 4 #4	1 VAR #5 Y 2 #4	#3 @ 25	\$ 980.28
	9.00	0.60	0.25	1.50	0.0031	0.0061	0.0033	0.0062	3 VAR #5 Y 2 #4	1 VAR #5 Y 2 #4	#3 @ 25	\$ 873.87
T9C2	9.00	0.90	0.45	2.00	0.0026	0.0026	0.0026	0.0026	5 VAR #5	5 VAR #5	#3 @ 30	\$ 1,843.28
	9.00	0.90	0.40	2.00	0.0026	0.0026	0.0027	0.0027	4 VAR #5 Y 1 #4	4 VAR #5 Y 1 #4	#3 @ 30	\$ 1,681.70
	9.00	0.90	0.35	2.00	0.0026	0.0027	0.0027	0.0028	2 VAR #6 Y 2 #4	4 VAR #5	#3 @ 35	\$ 1,480.78
	9.00	0.75	0.35	2.00	0.0026	0.0038	0.0026	0.0039	2 VAR #6 Y 3 #4	2 VAR #5 Y 2 #4	#3 @ 35	\$ 1,276.02
	9.00	0.75	0.25	2.00	0.0027	0.0054	0.0026	0.0054	2 VAR #6 Y 3 #4	1 VAR #5 Y 2 #4	#3 @ 35	\$ 1,009.55
	9.00	0.60	0.30	2.00	0.0033	0.0067	0.0035	0.0067	3 VAR #5 Y 4 #4	2 VAR #6	#3 @ 25	\$ 1,004.28
	9.00	0.60	0.25	2.00	0.0039	0.0078	0.0041	0.0078	1 VAR #6 Y 4 #5	2 VAR #6	#3 @ 25	\$ 893.20

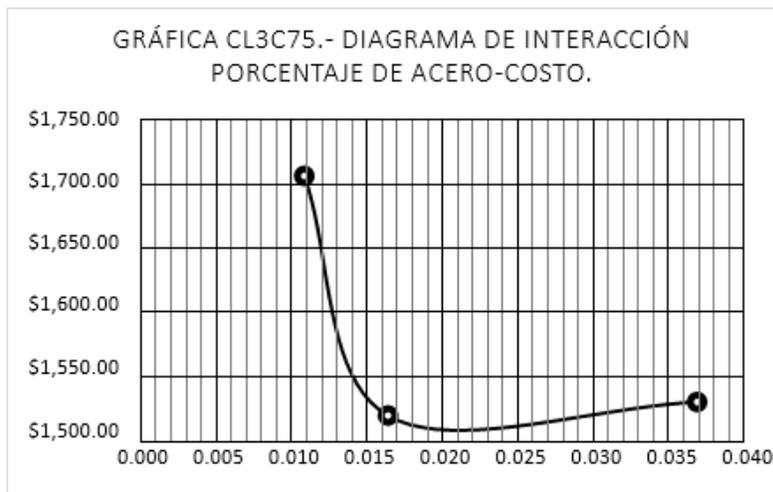
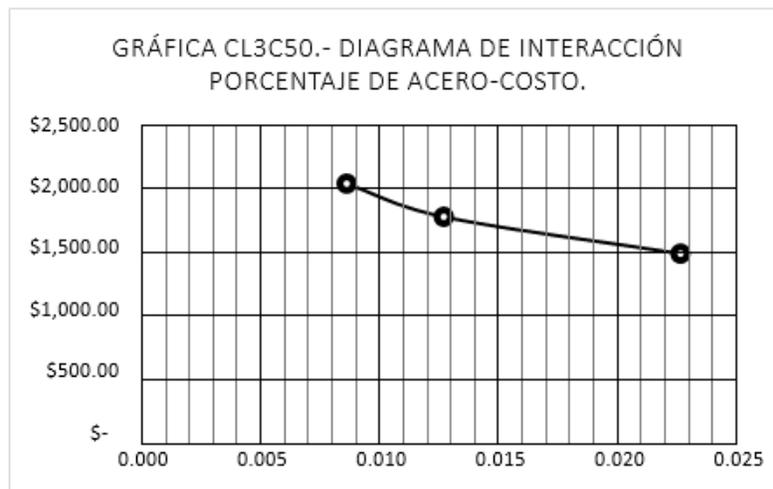
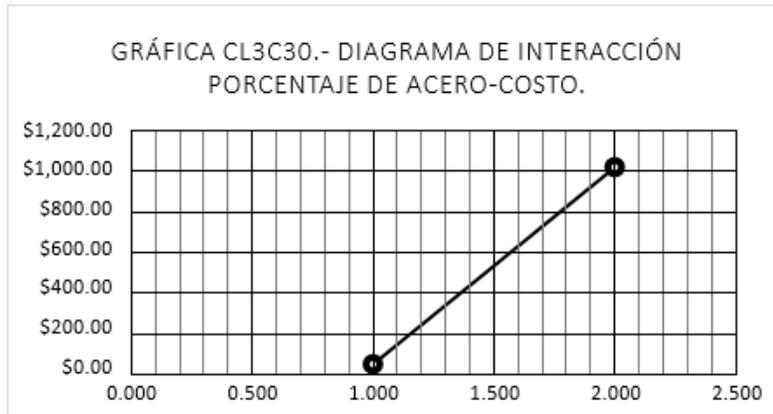
T9C2.5	9.00	0.90	0.45	2.50	0.0026	0.0027	0.0026	0.0027	4 VAR #5 Y 2 #4	5 VAR #5	#3 @ 30	\$ 1,850.58
	9.00	0.90	0.40	2.50	0.0026	0.0029	0.0027	0.0029	5 VAR #5	4 VAR #5 Y 1 #4	#3 @ 30	\$ 1,691.05
	9.00	0.90	0.35	2.50	0.0026	0.0032	0.0027	0.0033	5 VAR #5	4 VAR #5	#3 @ 35	\$ 1,520.19
	9.00	0.75	0.35	2.50	0.0026	0.0046	0.0026	0.0048	4 VAR #5 Y 3 #4	2 VAR #5 Y 2 #4	#3 @ 30	\$ 1,332.72
	9.00	0.75	0.25	2.50	0.0030	0.0060	0.0030	0.0060	4 VAR #5 Y 2 #4	2 VAR #5 Y 1 #4	#3 @ 30	\$ 1,058.05
	9.00	0.60	0.30	2.50	0.0040	0.0081	0.0041	0.0080	6 VAR #5 Y 1 #4	1 VAR #6 Y 2 #5	#3 @ 25	\$ 1,055.69
	9.00	0.60	0.25	2.50	0.0047	0.0095	0.0047	0.0096	6 VAR #5 Y 1 #4	2 VAR #5 Y 2 #4	#3 @ 25	\$ 961.24
T9C3	9.00	0.90	0.45	3.00	0.0026	0.0031	0.0026	0.0031	4 VAR #5 Y 3 #4	5 VAR #5	#3 @ 30	\$ 1,867.24
	9.00	0.90	0.40	3.00	0.0026	0.0033	0.0027	0.0034	4 VAR #5 Y 3 #4	4 VAR #5 Y 1 #4	#3 @ 30	\$ 1,715.01
	9.00	0.90	0.35	3.00	0.0026	0.0037	0.0027	0.0039	2 VAR #6 Y 3 #5	4 VAR #5	#3 @ 35	\$ 1,525.49
	9.00	0.75	0.35	3.00	0.0026	0.0053	0.0026	0.0026	2 VAR #6 Y 4 #5	2 VAR #5 Y 2 #4	#3 @ 25	\$ 1,249.99
	9.00	0.75	0.25	3.00	0.0035	0.0070	0.0037	0.0071	3 VAR #6 Y 3 #4	2 VAR #5 Y 2 #4	#3 @ 25	\$ 1,086.01
	9.00	0.60	0.30	3.00	0.0047	0.0095	0.0047	0.0093	4 VAR #6 Y 2 #5	2 VAR #5 Y 3 #4	#3 @ 25	\$ 1,070.94
	9.00	0.60	0.25	3.00	0.0056	0.0111	0.0056	0.0112	4 VAR #6 Y 2 #5	2 VAR #5 Y 3 #4	#3 @ 20	\$ 988.09

ANEXO N°2.- DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN “PORCENTAJE DE ACERO-COSTOS” EN COLUMNAS.

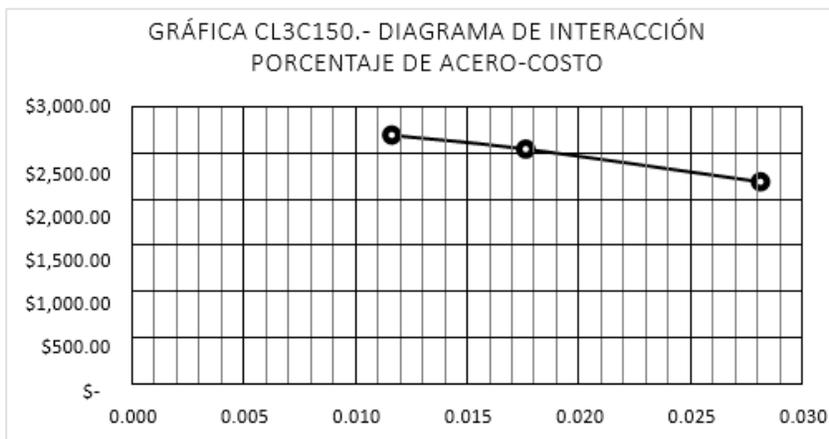
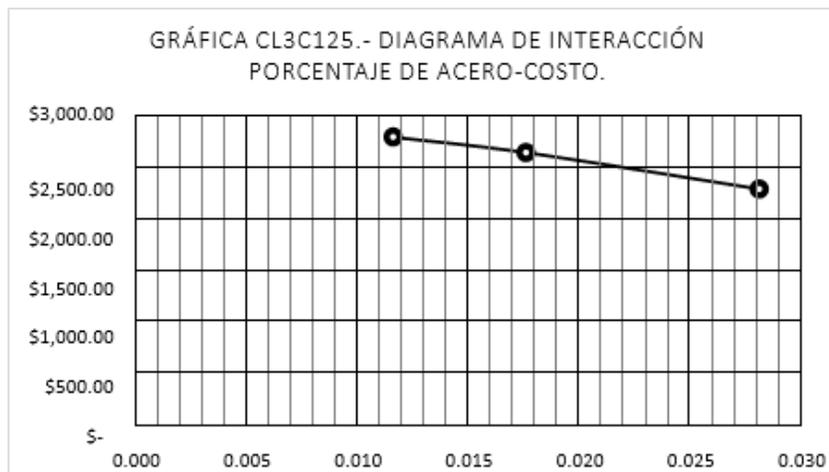
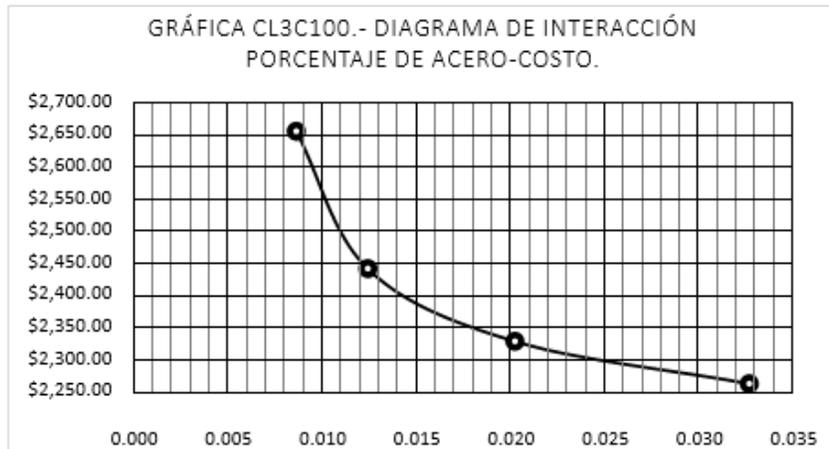
CASO	ALTURA (mts)	Porcentaje real	Costo por MI
CL3C15	3.00	0.0158346	\$ 719.22
CL3C30	3.00	0.0178679	\$ 968.79
CL3C50	3.00	0.0226209	\$ 1,469.11
	3.00	0.0126677	\$ 1,760.01
	3.00	0.0085859	\$ 2,020.80
CL3C75	3.00	0.0367967	\$ 1,533.84
	3.00	0.01628706	\$ 1,523.24
	3.00	0.01073237	\$ 1,709.99
CL3C100	3.00	0.0289548	\$ 1,777.97
	3.00	0.0200572	\$ 1,950.97
	3.00	0.0112602	\$ 2,053.19
CL3C125	3.00	0.0327249	\$ 2,278.39
	3.00	0.0202683	\$ 2,344.21
	3.00	0.0124374	\$ 2,457.28
	3.00	0.00863708	\$ 2,671.03
CL3C150	3.00	0.0281505	\$ 2,307.80
	3.00	0.0176196	\$ 2,661.86
	3.00	0.0116121	\$ 2,813.13



ANEXO N°2.- DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN “PORCENTAJE DE ACERO-COSTOS” EN COLUMNAS.

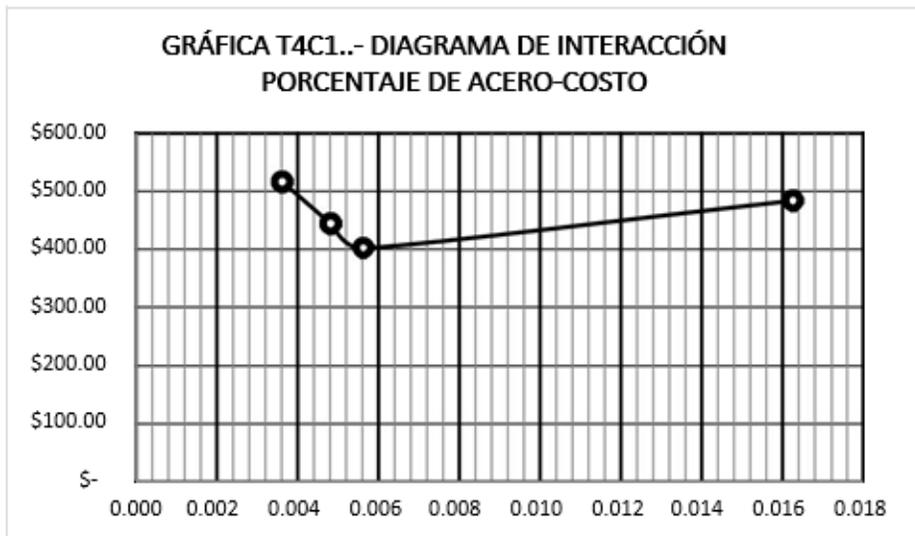


ANEXO N°2.- DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN “PORCENTAJE DE ACERO-COSTOS” EN COLUMNAS.

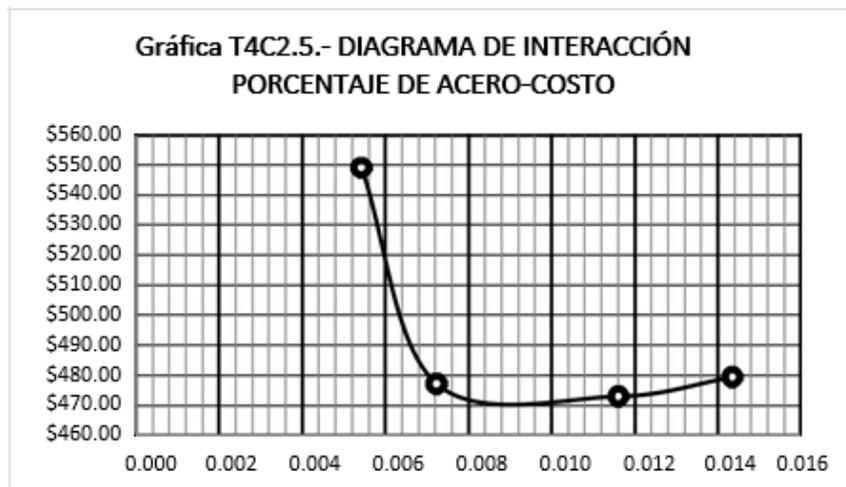
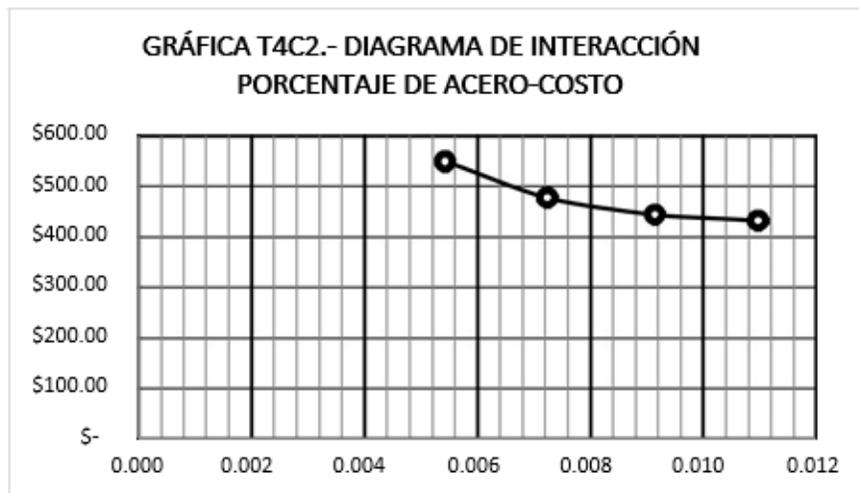
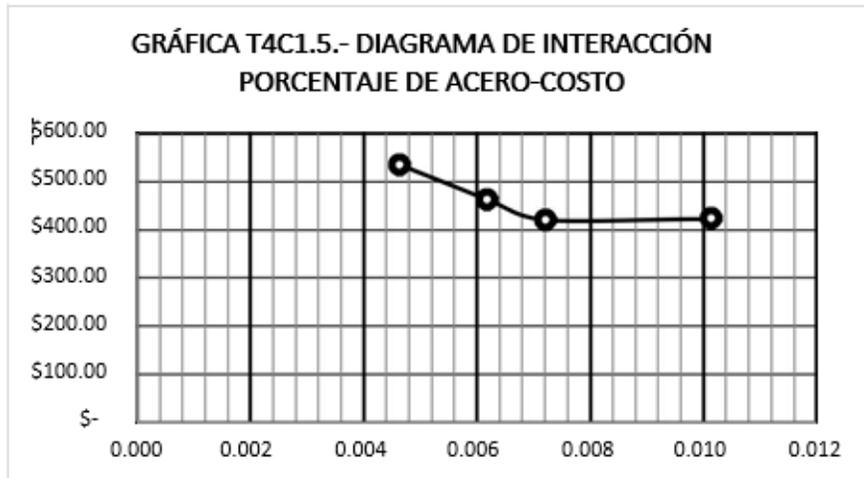


ANEXO N°2.- DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN “PORCENTAJE DE ACERO-COSTOS” EN TRABES.

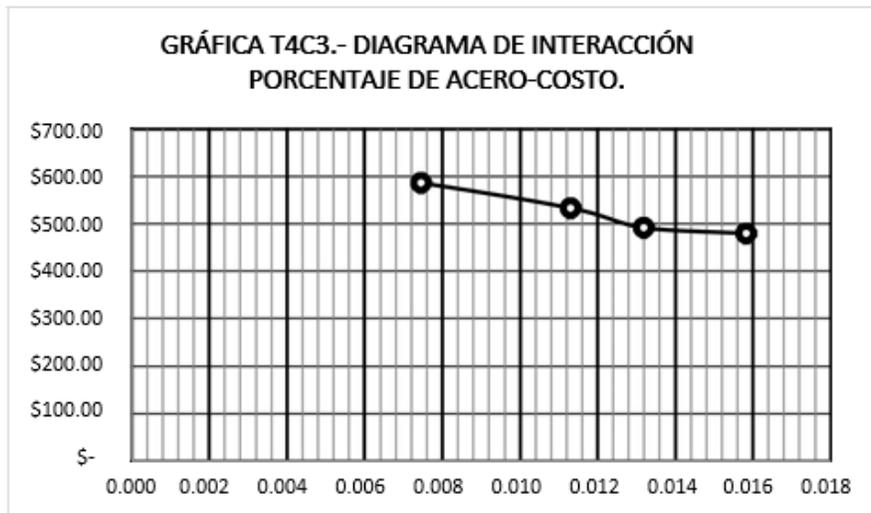
CASO	PERALTE	BASE	Porcentaje real		PORCENTAJE PROMEDIO	COSTO POR M
			(+)	(-)		
T4C1	0.40	0.20	0.003619	0.003619	0.0036193	\$ 515.79
	0.40	0.15	0.004826	0.004826	0.0048258	\$ 443.79
	0.35	0.15	0.005630	0.005630	0.0056301	\$ 402.24
	0.30	0.15	0.010556	0.021957	0.0162569	\$ 483.46
T4C1.5	0.40	0.20	0.005655	0.003619	0.0046373	\$ 534.49
	0.40	0.15	0.007540	0.004826	0.0061831	\$ 462.49
	0.35	0.15	0.008797	0.005630	0.0072136	\$ 420.94
	0.30	0.15	0.013512	0.006756	0.0101342	\$ 423.17
T4C2	0.40	0.20	0.007239	0.003619	0.0054290	\$ 549.11
	0.40	0.15	0.009652	0.004826	0.0072387	\$ 477.10
	0.35	0.15	0.012668	0.005630	0.0091489	\$ 443.83
	0.30	0.15	0.015201	0.006756	0.0109787	\$ 431.44
T4C2.5	0.40	0.20	0.007239	0.003619	0.0054290	\$ 549.11
	0.40	0.15	0.009652	0.004826	0.0072387	\$ 477.10
	0.35	0.15	0.017594	0.005630	0.0116121	\$ 472.96
	0.30	0.15	0.018157	0.010556	0.0143567	\$ 479.27
T4C3	0.40	0.20	0.011310	0.003619	0.0074649	\$ 586.51
	0.40	0.15	0.015081	0.007540	0.0113105	\$ 533.20
	0.35	0.15	0.017594	0.008797	0.0131955	\$ 491.66
	0.30	0.15	0.021113	0.010556	0.0158346	\$ 479.27



ANEXO N°2.- DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN “PORCENTAJE DE ACERO-COSTOS” EN TRABES.



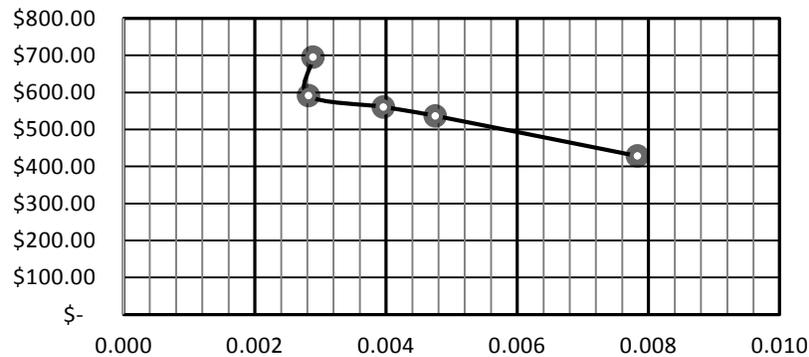
ANEXO N°2.- DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN “PORCENTAJE DE ACERO-COSTOS” EN TRABES.



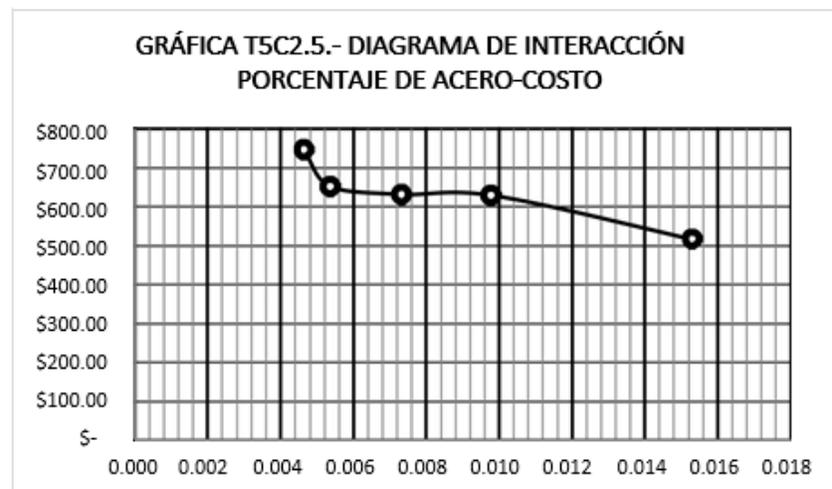
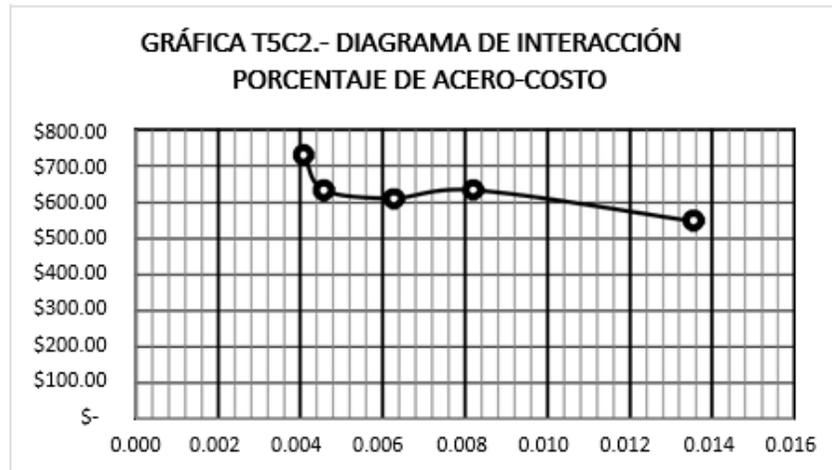
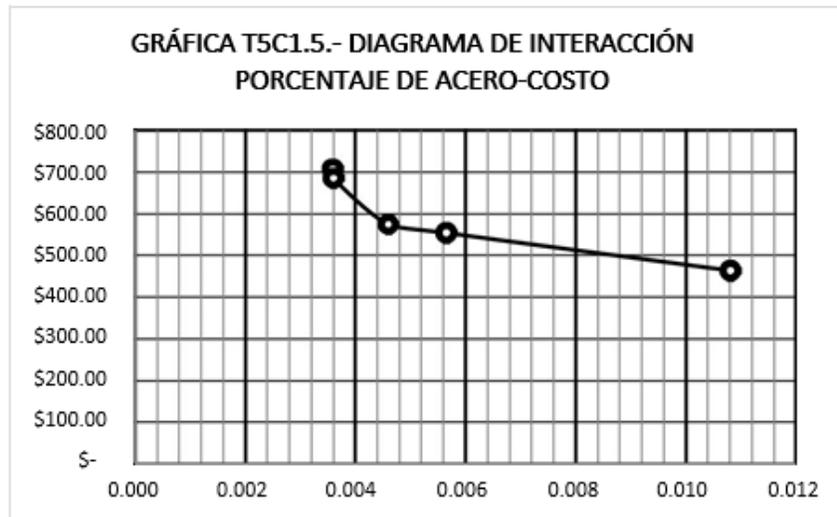
ANEXO N°2.- DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN “PORCENTAJE DE ACERO-COSTOS” EN TRABES.

CASO	PERALTE	BASE	Porcentaje real		PORCENTAJE PROMEDIO	COSTO POR M
			(+)	(-)		
T5C1	0.50	0.25	0.002885	0.002885	0.002885	\$ 695.23
	0.50	0.20	0.002815	0.002815	0.002815	\$ 591.29
	0.45	0.20	0.004750	0.003167	0.003959	\$ 560.56
	0.40	0.20	0.005881	0.003619	0.004750	\$ 536.59
	0.35	0.15	0.010029	0.005630	0.007829	\$ 428.25
T5C1.5	0.50	0.25	0.004293	0.002885	0.003589	\$ 706.67
	0.50	0.20	0.004399	0.002815	0.003607	\$ 684.89
	0.45	0.20	0.006037	0.003167	0.004602	\$ 574.05
	0.40	0.20	0.007691	0.003619	0.005655	\$ 553.25
	0.35	0.15	0.014427	0.007214	0.010820	\$ 463.61
T5C2	0.50	0.25	0.005278	0.002885	0.004082	\$ 730.58
	0.50	0.20	0.006334	0.002815	0.004574	\$ 632.88
	0.45	0.20	0.008511	0.004058	0.006284	\$ 609.41
	0.40	0.20	0.010971	0.005429	0.008200	\$ 633.37
	0.35	0.15	0.018298	0.008797	0.013547	\$ 547.87
T5C2.5	0.50	0.25	0.006404	0.002885	0.004645	\$ 747.24
	0.50	0.20	0.006334	0.004399	0.005366	\$ 651.58
	0.45	0.20	0.009699	0.004948	0.007324	\$ 631.28
	0.40	0.20	0.013120	0.006447	0.009784	\$ 629.17
	0.35	0.15	0.019002	0.011612	0.015307	\$ 516.64
T5C3	0.50	0.25	0.007812	0.002885	0.005349	\$ 768.04
	0.50	0.20	0.009765	0.002815	0.006290	\$ 673.45
	0.45	0.20	0.012173	0.005641	0.008907	\$ 664.59
	0.40	0.20	0.015382	0.007691	0.011537	\$ 639.62
	0.35	0.15	0.018826	0.013196	0.016011	\$ 524.37

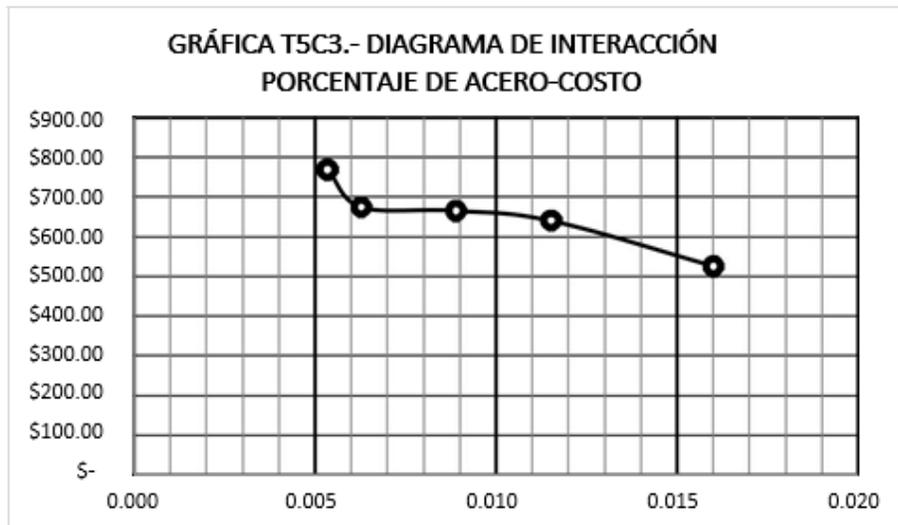
**GRÁFICA T5C1.0.- DIAGRAMA DE INTERACCIÓN
PORCENTAJE DE ACERO-COSTO**



ANEXO N°2.- DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN “PORCENTAJE DE ACERO-COSTOS” EN TRABES.



ANEXO N°2.- DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN “PORCENTAJE DE ACERO-COSTOS” EN TRABES.

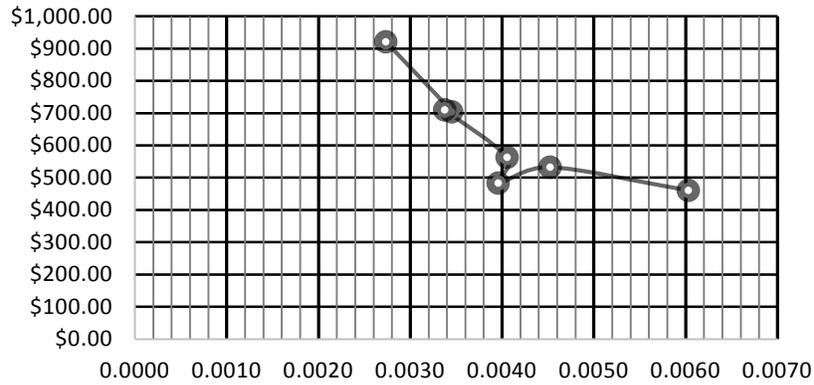


ANEXO N°2.- DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN “PORCENTAJE DE ACERO-COSTOS” EN TRABES.

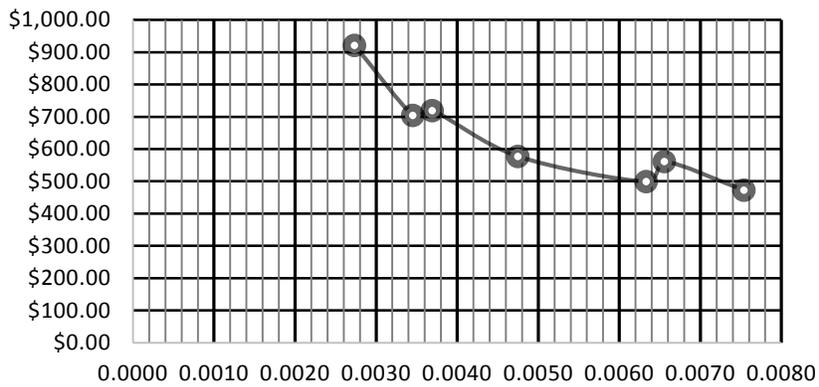
CASO	PORC. REAL	PORC. REAL	PROMEDIO	COSTO POR M
	(+)	(-)		
T6C1	0.0027	0.0027	0.0027	\$ 920.96
	0.0035	0.0035	0.0035	\$ 704.05
	0.0034	0.0034	0.0034	\$ 709.84
	0.0032	0.0049	0.0041	\$ 562.60
	0.0032	0.0048	0.0040	\$ 482.72
	0.0036	0.0054	0.0045	\$ 532.45
	0.0048	0.0072	0.0060	\$ 460.45
T6C1.5	0.0027	0.0027	0.0027	\$ 920.96
	0.0035	0.0035	0.0035	\$ 704.05
	0.0034	0.0040	0.0037	\$ 719.19
	0.0032	0.0063	0.0048	\$ 577.22
	0.0042	0.0084	0.0063	\$ 499.38
	0.0054	0.0077	0.0066	\$ 561.11
	0.0048	0.0103	0.0075	\$ 472.44
T6C2	0.0027	0.0032	0.0030	\$ 930.31
	0.0035	0.0046	0.0040	\$ 720.71
	0.0034	0.0051	0.0042	\$ 717.18
	0.0048	0.0074	0.0061	\$ 605.27
	0.0063	0.0099	0.0081	\$ 527.43
	0.0054	0.0100	0.0077	\$ 573.10
	0.0072	0.0130	0.0101	\$ 501.10
T6C2.5	0.0027	0.0036	0.0032	\$ 939.66
	0.0035	0.0054	0.0044	\$ 732.10
	0.0034	0.0061	0.0047	\$ 740.54
	0.0048	0.0097	0.0072	\$ 629.24
	0.0063	0.0127	0.0095	\$ 549.36
	0.0064	0.0121	0.0093	\$ 619.82
	0.0086	0.0161	0.0124	\$ 547.82
T6C3	0.0027	0.0027	0.0027	\$ 935.60
	0.0035	0.0059	0.0047	\$ 739.41
	0.0035	0.0075	0.0055	\$ 773.25
	0.0056	0.0113	0.0085	\$ 655.24
	0.0075	0.0150	0.0113	\$ 635.21
	0.0072	0.0145	0.0109	\$ 649.06
	0.0097	0.0189	0.0143	\$ 547.82

ANEXO N°2.- DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN “PORCENTAJE DE ACERO-COSTOS” EN TRABES.

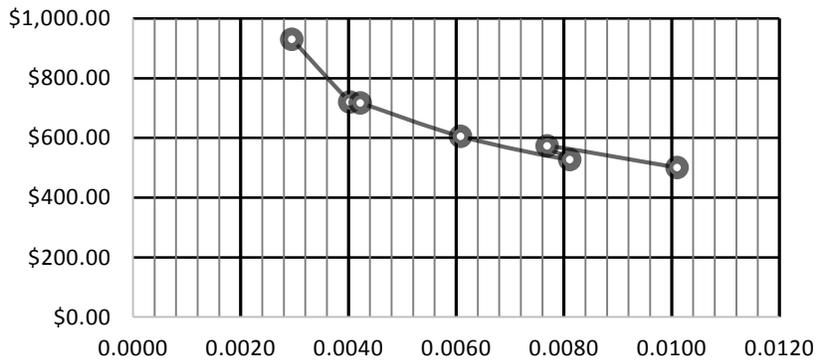
**GRÁFICA T6C1.- DIAGRAMA DE INTERACCIÓN
PORCENTAJE DE ACERO-COSTO**



**GRÁFICA T6C1.5.- DIAGRAMA DE PORCENTAJE
PORCENTAJE DE ACERO-COSTO**

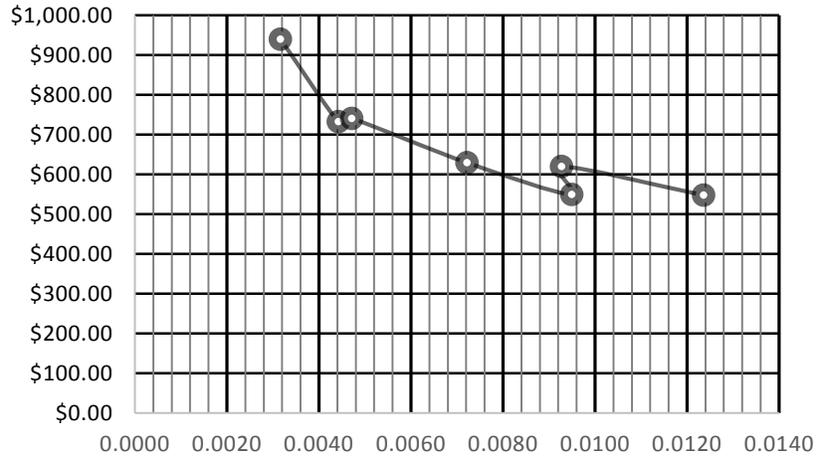


**GRÁFICA T6C2.- DIAGRAMA DE INTERACCIÓN
PORCENTAJE DE ACERO-COSTO**

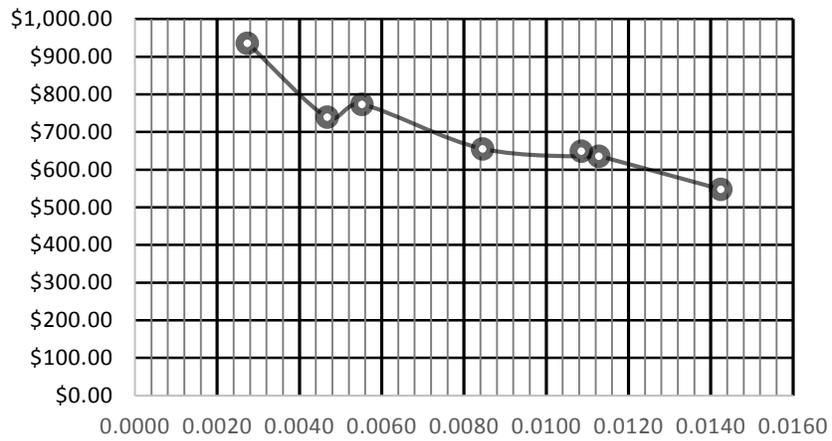


ANEXO N°2.- DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN “PORCENTAJE DE ACERO-COSTOS” EN TRABES.

**GRÁFICA T6C2.5.- DIAGRAMA DE INTERACCIÓN
PORCENTAJE DE ACERO-COSTO**



**GRÁFICA T6C3.- DIAGRAMA DE INTERACCIÓN
PORCENTAJE DE ACERO-COSTO**

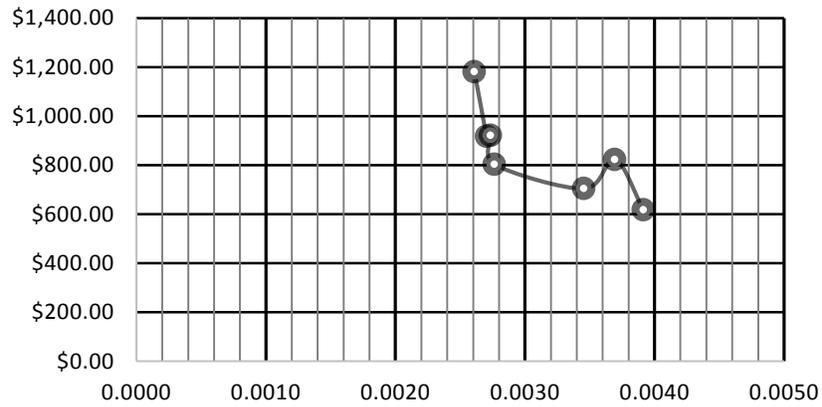


ANEXO N°2.- DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN “PORCENTAJE DE ACERO-COSTOS” EN TRABES.

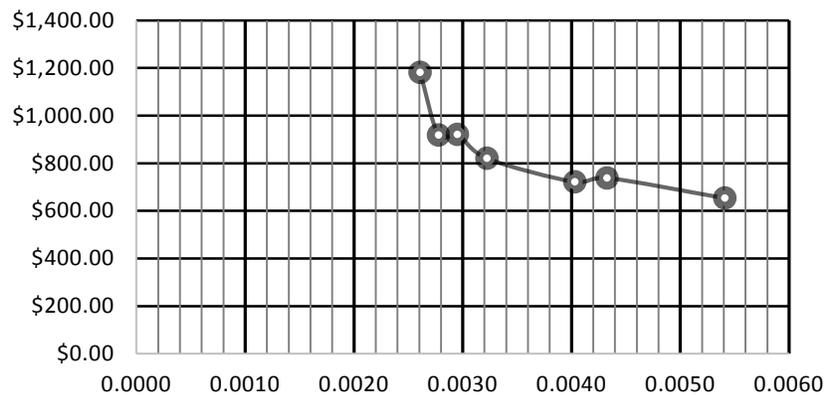
CASO	PORC. REAL	PORC. REAL	PROMEDIO	COSTO POR M
	(+)	(-)		
T7C1	0.0026	0.0026	0.0026	\$ 1,181.41
	0.0026	0.0028	0.0027	\$ 917.45
	0.0027	0.0027	0.0027	\$ 920.96
	0.0028	0.0028	0.0028	\$ 803.15
	0.0035	0.0035	0.0035	\$ 704.05
	0.0034	0.0040	0.0037	\$ 823.23
	0.0028	0.0050	0.0039	\$ 617.29
T7C1.5	0.0026	0.0026	0.0026	\$ 1,181.41
	0.0028	0.0028	0.0028	\$ 917.45
	0.0027	0.0032	0.0030	\$ 920.96
	0.0028	0.0037	0.0032	\$ 819.81
	0.0035	0.0046	0.0040	\$ 720.71
	0.0034	0.0053	0.0043	\$ 737.89
	0.0042	0.0066	0.0054	\$ 652.65
T7C2	0.0026	0.0026	0.0026	\$ 1,181.41
	0.0028	0.0037	0.0032	\$ 936.15
	0.0027	0.0042	0.0035	\$ 935.60
	0.0028	0.0047	0.0037	\$ 838.51
	0.0035	0.0058	0.0046	\$ 737.37
	0.0034	0.0068	0.0051	\$ 743.19
	0.0042	0.0088	0.0065	\$ 678.66
T7C2.5	0.0026	0.0033	0.0030	\$ 1,203.33
	0.0028	0.0042	0.0035	\$ 938.80
	0.0027	0.0050	0.0039	\$ 952.26
	0.0029	0.0058	0.0043	\$ 859.25
	0.0035	0.0069	0.0052	\$ 754.03
	0.0045	0.0086	0.0065	\$ 785.85
	0.0050	0.0102	0.0076	\$ 704.67
T7C3	0.0026	0.0037	0.0028	\$ 805.19
	0.0028	0.0049	0.0032	\$ 1,214.73
	0.0031	0.0058	0.0035	\$ 704.05
	0.0029	0.0028	0.0038	\$ 962.16
	0.0035	0.0035	0.0044	\$ 976.23
	0.0053	0.0099	0.0076	\$ 807.20
	0.0060	0.0123	0.0091	\$ 705.91

ANEXO N°2.- DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN “PORCENTAJE DE ACERO-COSTOS” EN TRABES.

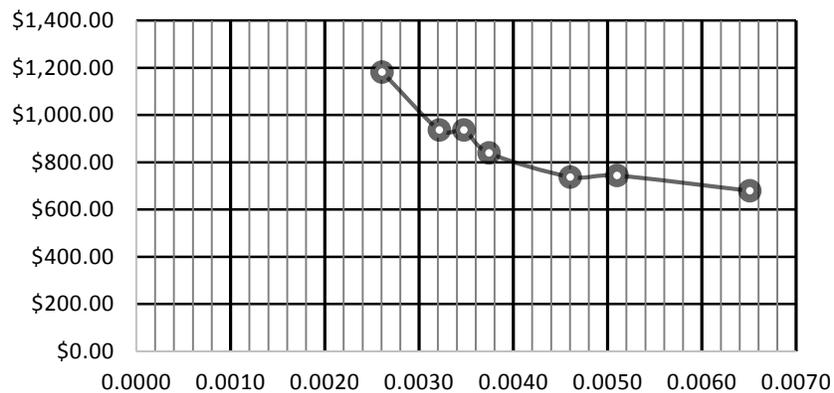
**GRÁFICA T7C1.- DIAGRAMA DE INTERACCIÓN
PORCENTAJE DE ACERO-COSTO**



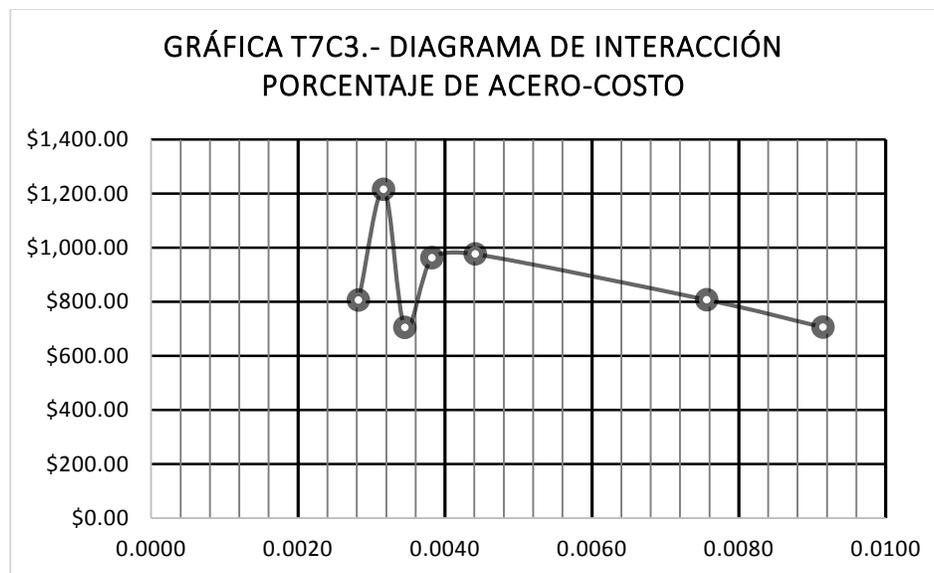
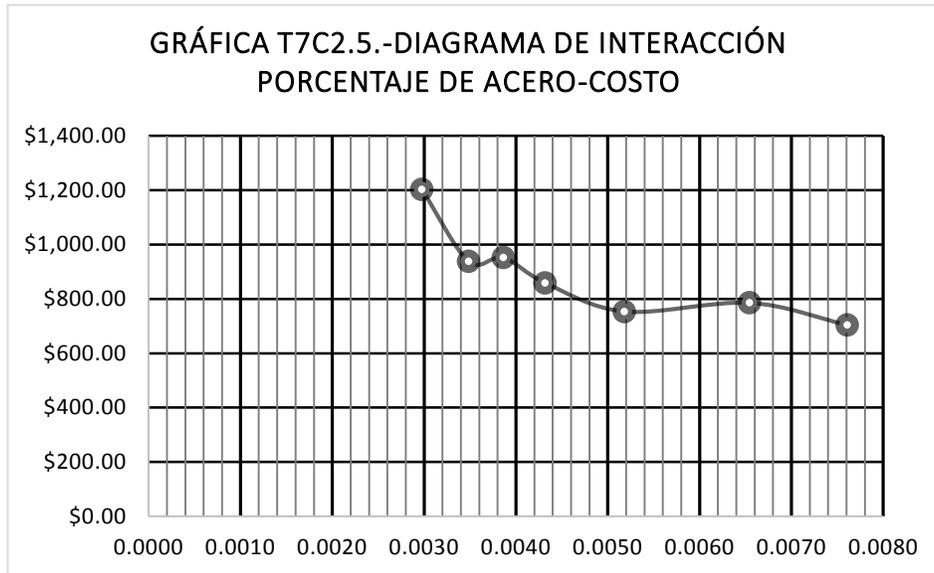
**GRÁFICA T7C1.5.- DIAGRAMA DE INTERACCIÓN
PORCENTAJE DE ACERO-COSTO**



**GRÁFICA T7C2.- DIAGRAMA DE INTERACCIÓN
PORCENTAJE DE ACERO-COSTO**



ANEXO N°2.- DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN “PORCENTAJE DE ACERO-COSTOS” EN TRABES.

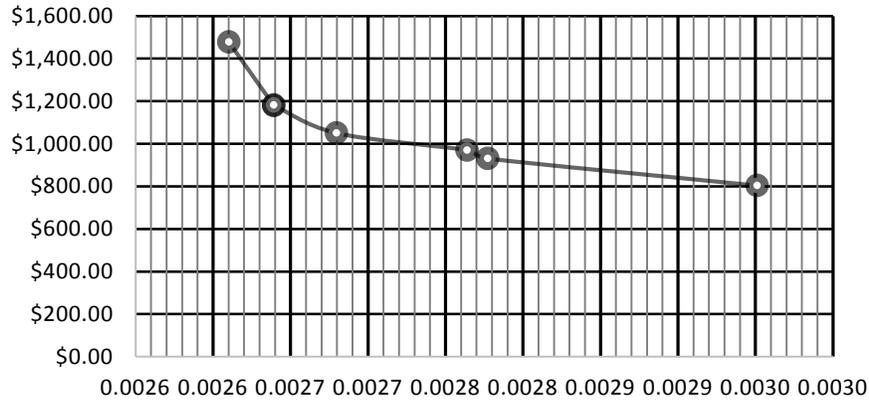


ANEXO N°2.- DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN “PORCENTAJE DE ACERO-COSTOS” EN TRABES.

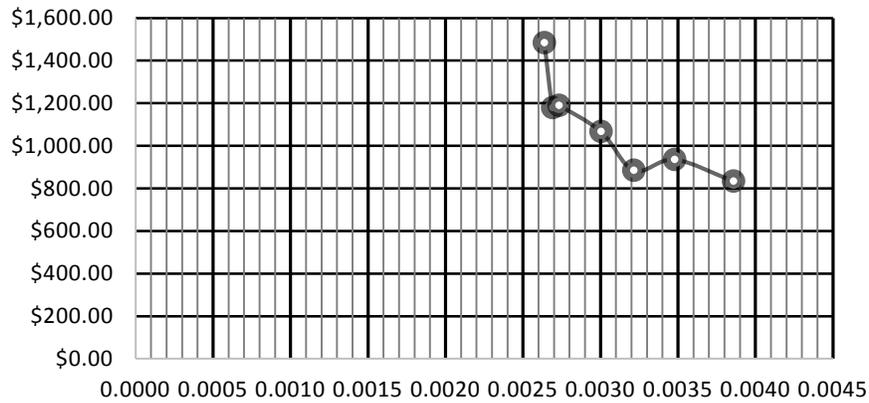
CASO	PORC. REAL	PORC. REAL	PROMEDIO	PROMEDIO	COSTO POR M
	(+)	(-)			
T8C1	0.0026	0.0026	0.0026	0.0026	\$ 1,476.83
	0.0026	0.0026	0.0026	0.0026	\$ 1,179.39
	0.0026	0.0026	0.0026	0.0026	\$ 1,181.41
	0.0027	0.0027	0.0027	0.0027	\$ 1,049.43
	0.0028	0.0028	0.0028	0.0028	\$ 969.47
	0.0027	0.0032	0.0030	0.0028	\$ 930.31
	0.0018	0.0037	0.0028	0.0030	\$ 803.15
T8C1.5	0.0026	0.0027	0.0027	0.0026	\$ 1,484.14
	0.0026	0.0026	0.0026	0.0027	\$ 1,179.39
	0.0026	0.0029	0.0027	0.0027	\$ 1,188.72
	0.0027	0.0033	0.0030	0.0030	\$ 1,066.09
	0.0028	0.0037	0.0032	0.0032	\$ 884.14
	0.0027	0.0042	0.0035	0.0035	\$ 935.60
	0.0028	0.0050	0.0039	0.0039	\$ 833.85
T8C2	0.0026	0.0027	0.0027	0.0027	\$ 1,484.14
	0.0026	0.0030	0.0028	0.0028	\$ 1,182.04
	0.0026	0.0035	0.0030	0.0030	\$ 1,207.42
	0.0027	0.0040	0.0033	0.0033	\$ 1,082.75
	0.0027	0.0039	0.0033	0.0033	\$ 950.80
	0.0027	0.0056	0.0042	0.0042	\$ 982.32
	0.0033	0.0062	0.0047	0.0047	\$ 873.87
T8C2.5	0.0026	0.0028	0.0027	0.0027	\$ 1,504.85
	0.0026	0.0035	0.0031	0.0031	\$ 1,205.40
	0.0026	0.0042	0.0034	0.0034	\$ 1,210.67
	0.0027	0.0046	0.0037	0.0037	\$ 1,099.41
	0.0028	0.0056	0.0042	0.0042	\$ 976.78
	0.0032	0.0063	0.0048	0.0048	\$ 1,008.33
	0.0038	0.0076	0.0057	0.0057	\$ 909.23
T8C3	0.0026	0.0032	0.0029	0.0028	\$ 1,502.84
	0.0026	0.0043	0.0035	0.0032	\$ 1,210.70
	0.0026	0.0049	0.0037	0.0035	\$ 1,222.67
	0.0027	0.0054	0.0040	0.0038	\$ 1,130.82
	0.0032	0.0064	0.0048	0.0044	\$ 1,016.92
	0.0039	0.0075	0.0057	0.0076	\$ 1,023.58
	0.0043	0.0086	0.0065	0.0091	\$ 937.28

ANEXO N°2.- DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN “PORCENTAJE DE ACERO-COSTOS” EN TRABES.

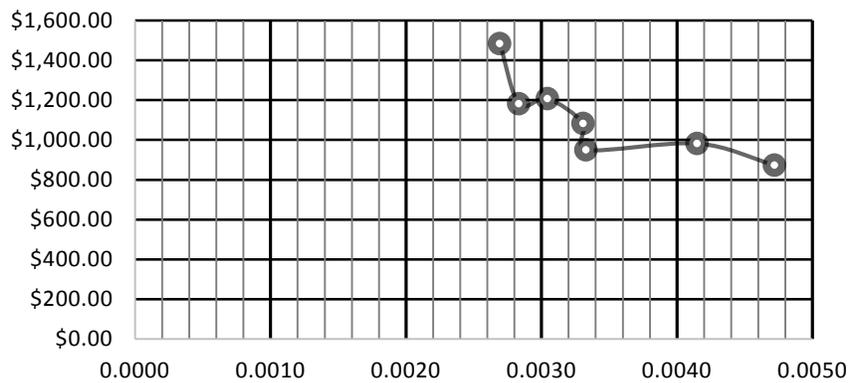
GRÁFICA T8C1.- DIAGRAMA DE INTERACCIÓN DE PORCENTAJE DE ACERO-COSTO



GRÁFICA T8C1.5.- DIAGRAMA DE INTERACCIÓN DE PORCENTAJE DE ACERO-COSTO

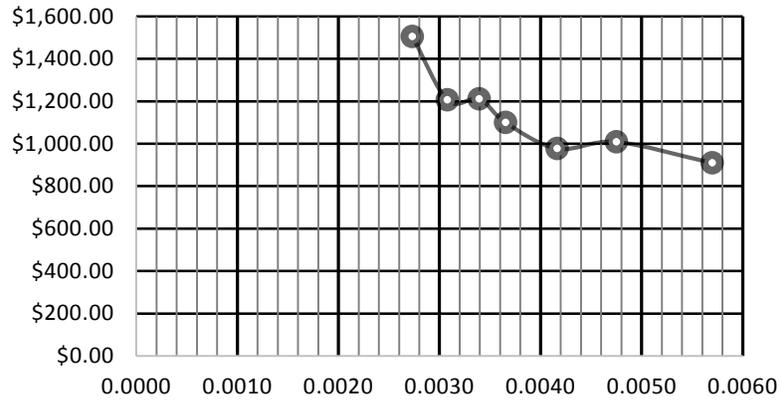


GRÁFICA T8C2.- DIAGRAMA DE INTERACCIÓN DE PORCENTAJE DE ACERO-COSTO

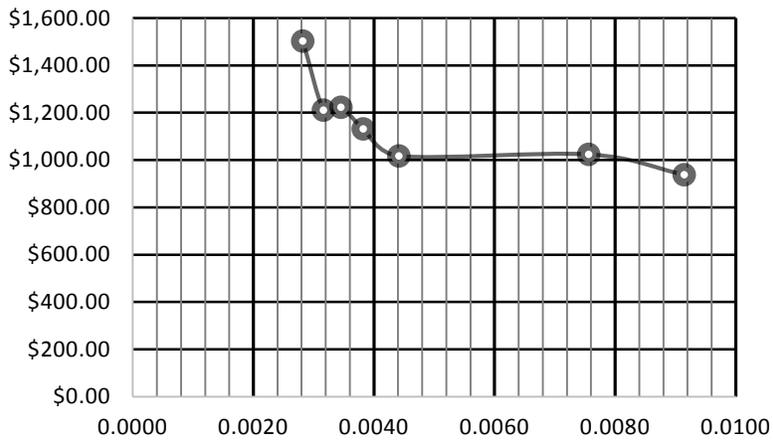


ANEXO N°2.- DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN “PORCENTAJE DE ACERO-COSTOS” EN TRABES.

GRÁFICA T8C2.5.- DIAGRAMA DE INTERACCIÓN DE PORCENTAJE DE ACERO-COSTO



GRÁFICA T8C3.- DIAGRAMA DE INTERACCIÓN DE PORCENTAJE DE ACERO-COSTO

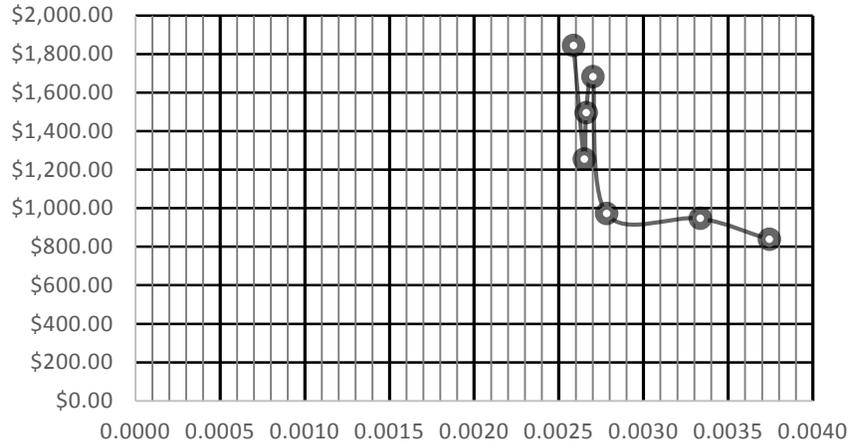


ANEXO N°2.- DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN “PORCENTAJE DE ACERO-COSTOS” EN TRABES.

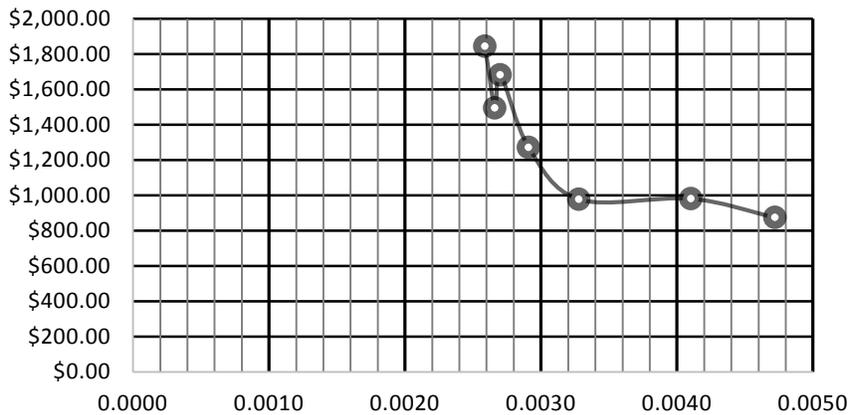
CASO	PORC. REAL	PORC. REAL	PROMEDIO	PROMEDIO 1	COSTO POR M
	(+)	(-)			
T9C1	0.0026	0.0026	0.0026	0.0026	\$ 1,843.28
	0.0027	0.0027	0.0027	0.0026	\$ 1,254.07
	0.0027	0.0027	0.0027	0.0027	\$ 1,494.19
	0.0026	0.0026	0.0026	0.0027	\$ 1,681.70
	0.0026	0.0030	0.0028	0.0028	\$ 970.94
	0.0027	0.0039	0.0033	0.0033	\$ 946.96
	0.0028	0.0047	0.0037	0.0037	\$ 838.51
T9C1.5	0.0026	0.0026	0.0026	0.0026	\$ 1,843.28
	0.0027	0.0027	0.0027	0.0027	\$ 1,494.19
	0.0027	0.0027	0.0027	0.0027	\$ 1,681.70
	0.0026	0.0032	0.0029	0.0029	\$ 1,270.73
	0.0026	0.0040	0.0033	0.0033	\$ 976.24
	0.0027	0.0055	0.0041	0.0041	\$ 980.28
	0.0033	0.0062	0.0047	0.0047	\$ 873.87
T9C2	0.0026	0.0026	0.0026	0.0026	\$ 1,843.28
	0.0027	0.0027	0.0027	0.0027	\$ 1,681.70
	0.0027	0.0028	0.0027	0.0027	\$ 1,480.78
	0.0026	0.0039	0.0033	0.0033	\$ 1,276.02
	0.0026	0.0054	0.0040	0.0040	\$ 1,009.55
	0.0035	0.0067	0.0051	0.0051	\$ 1,004.28
	0.0041	0.0078	0.0060	0.0060	\$ 893.20
T9C2.5	0.0026	0.0027	0.0027	0.0027	\$ 1,850.58
	0.0027	0.0029	0.0028	0.0028	\$ 1,691.05
	0.0027	0.0033	0.0030	0.0030	\$ 1,520.19
	0.0026	0.0048	0.0037	0.0037	\$ 1,332.72
	0.0030	0.0060	0.0045	0.0045	\$ 1,058.05
	0.0041	0.0080	0.0060	0.0060	\$ 1,055.69
	0.0047	0.0096	0.0071	0.0071	\$ 961.24
T9C3	0.0026	0.0031	0.0028	0.0028	\$ 1,867.24
	0.0027	0.0034	0.0032	0.0032	\$ 1,715.01
	0.0027	0.0039	0.0035	0.0035	\$ 1,525.49
	0.0026	0.0026	0.0038	0.0038	\$ 1,249.99
	0.0037	0.0071	0.0044	0.0044	\$ 1,086.01
	0.0047	0.0093	0.0076	0.0076	\$ 1,070.94
	0.0056	0.0112	0.0091	0.0091	\$ 988.09

ANEXO N°2.- DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN “PORCENTAJE DE ACERO-COSTOS” EN TRABES.

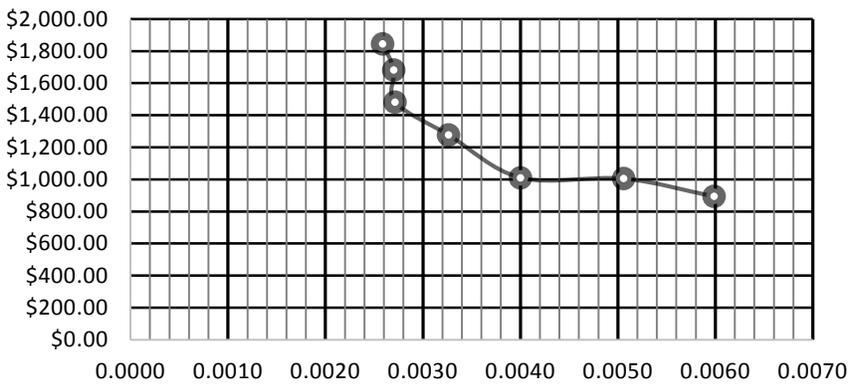
**GRÁFICA T9C1.- DIAGRAMA DE INTERACCIÓN
PORCENTAJE DE ACERO-COSTO**



**GRÁFICA T9C1.5.- DIAGRAMA DE INTERACCIÓN
PORCENTAJE DE ACERO-COSTO**

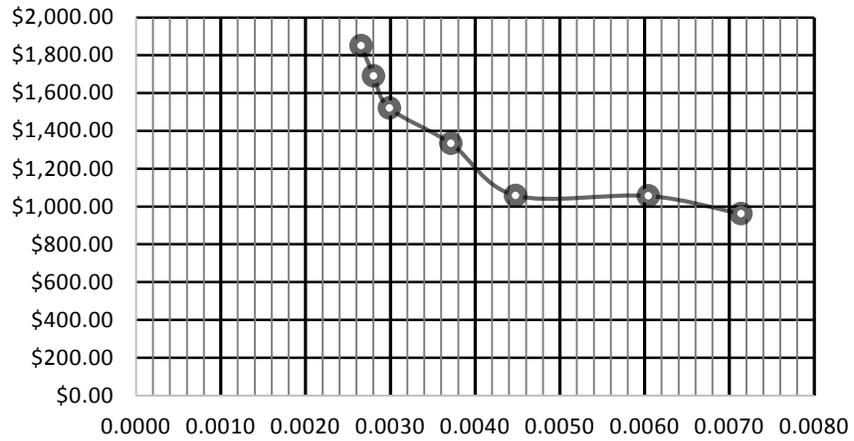


**GRÁFICA T9C2.- DIAGRAMA DE INTERACCIÓN
PORCENTAJE DE ACERO-COSTO**

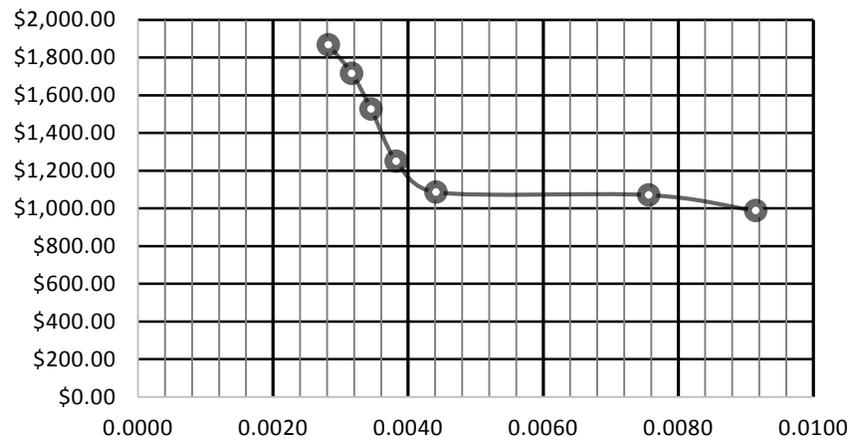


ANEXO N°2.- DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN “PORCENTAJE DE ACERO-COSTOS” EN TRABES.

**GRÁFICA T9C2.5.- DIAGRAMA DE INTERACCIÓN
PORCENTAJE DE ACERO-COSTO**



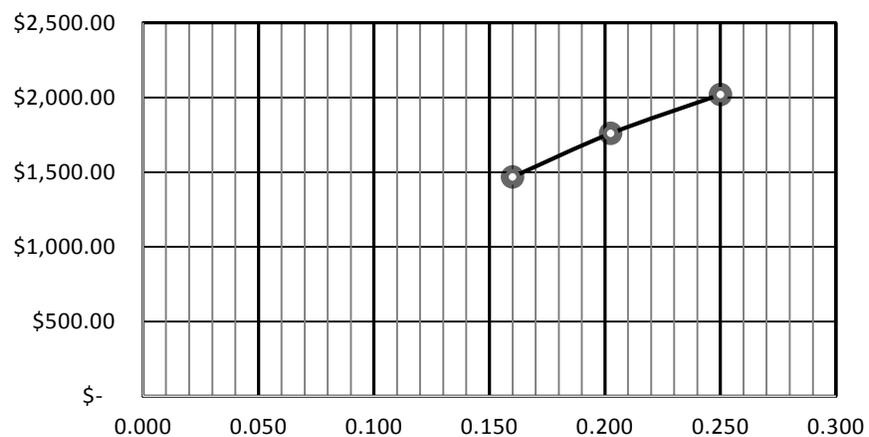
**GRÁFICA T9C3.- DIAGRAMA DE INTERACCIÓN
PORCENTAJE DE ACERO-COSTO**



ANEXO N°3.- DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN “VOLUMEN DE CONCRETO-COSTO” EN COLUMNAS.

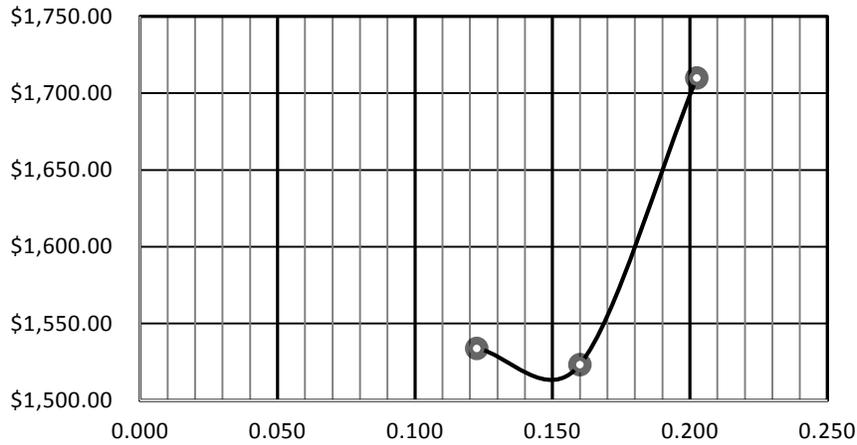
CASO	L1 (m)	L2 (m)	Volumen (m3)	Vol.	Costo por MI
CL3C15	0.25	0.25	0.06	0.06	\$ 719.22
CL3C30	0.25	0.25	0.06	0.06	\$ 968.79
CL3C50	0.40	0.40	0.16	0.16	\$ 1,469.11
	0.45	0.45	0.20	0.20	\$ 1,760.01
	0.50	0.50	0.25	0.25	\$ 2,020.80
CL3C75	0.35	0.35	0.12	0.12	\$ 1,533.84
	0.40	0.40	0.16	0.16	\$ 1,523.24
	0.45	0.45	0.20	0.20	\$ 1,709.99
CL3C100	0.40	0.40	0.16	0.16	\$ 1,777.97
	0.45	0.45	0.20	0.20	\$ 1,950.97
	0.50	0.50	0.25	0.25	\$ 2,053.19
CL3C125	0.45	0.45	0.20	0.20	\$ 2,278.39
	0.50	0.50	0.25	0.25	\$ 2,344.21
	0.55	0.55	0.30	0.30	\$ 2,457.28
	0.60	0.60	0.36	0.36	\$ 2,671.03
CL3C150	0.50	0.50	0.25	0.25	\$ 2,307.80
	0.55	0.55	0.30	0.30	\$ 2,661.86
	0.55	0.55	0.30	0.30	\$ 2,813.13

GRÁFICA CL3C50.- DIAGRAMA DE INTERACCIÓN VOLUMEN DE CONCRETO COSTO.

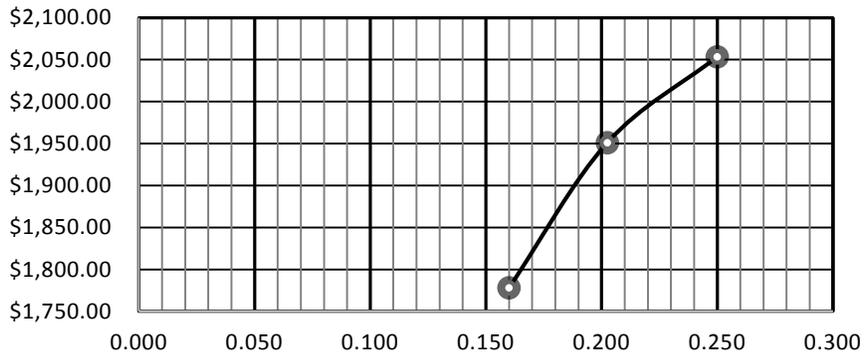


ANEXO N°3.- DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN “VOLUMEN DE CONCRETO-COSTO” EN COLUMNAS.

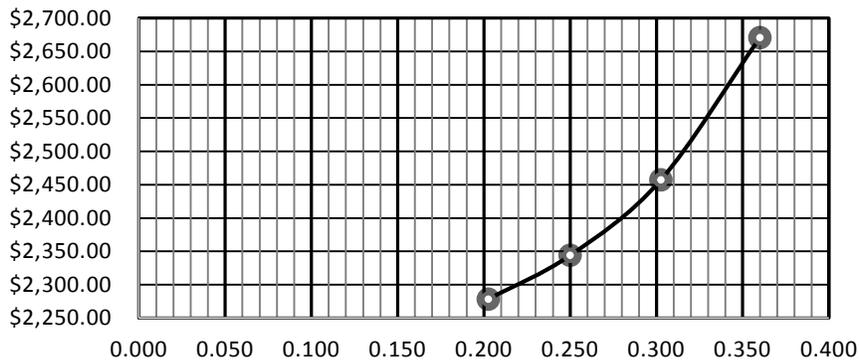
GRÁFICA CL3C75.- DIAGRAMA DE INTERACCIÓN VOLUMEN DE CONCRETO COSTO.



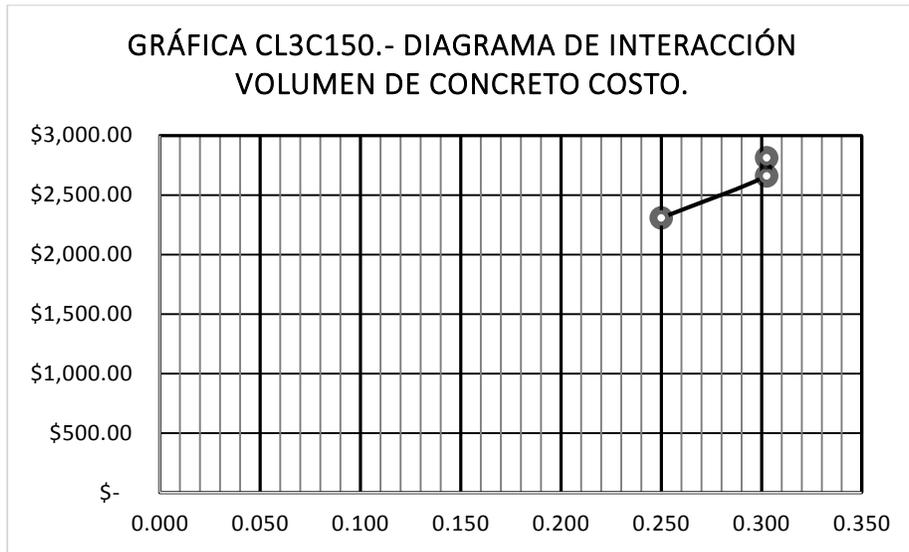
GRÁFICA CL3C100.- DIAGRAMA DE INTERACCIÓN VOLUMEN DE CONCRETO COSTO.



GRÁFICA CL3C125.- DIAGRAMA DE INTERACCIÓN VOLUMEN DE CONCRETO COSTO.



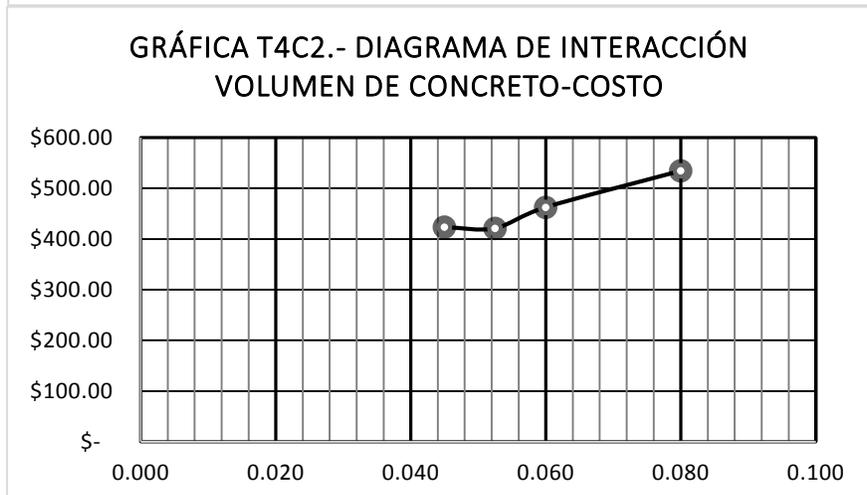
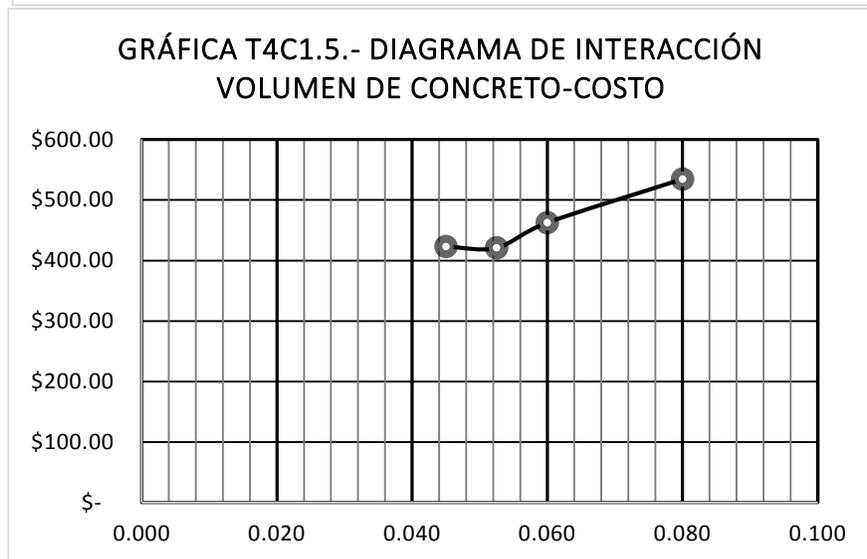
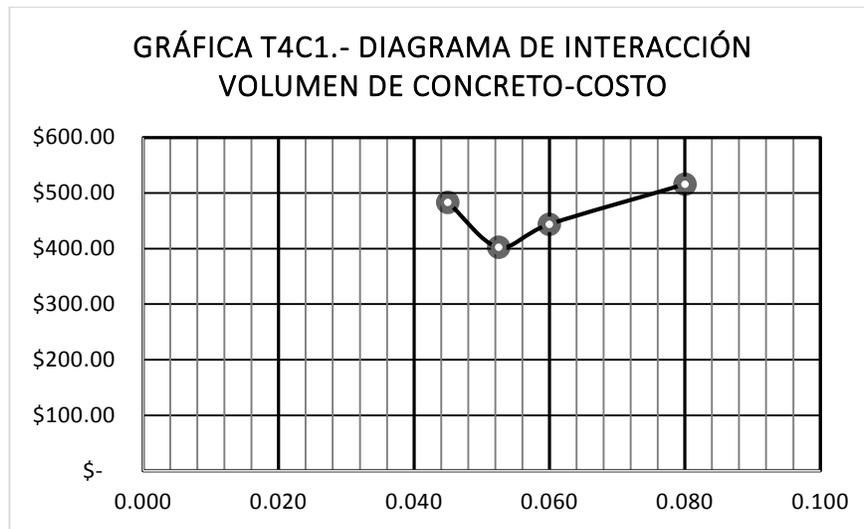
ANEXO N°3.- DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN “VOLUMEN DE CONCRETO-COSTO” EN COLUMNAS.



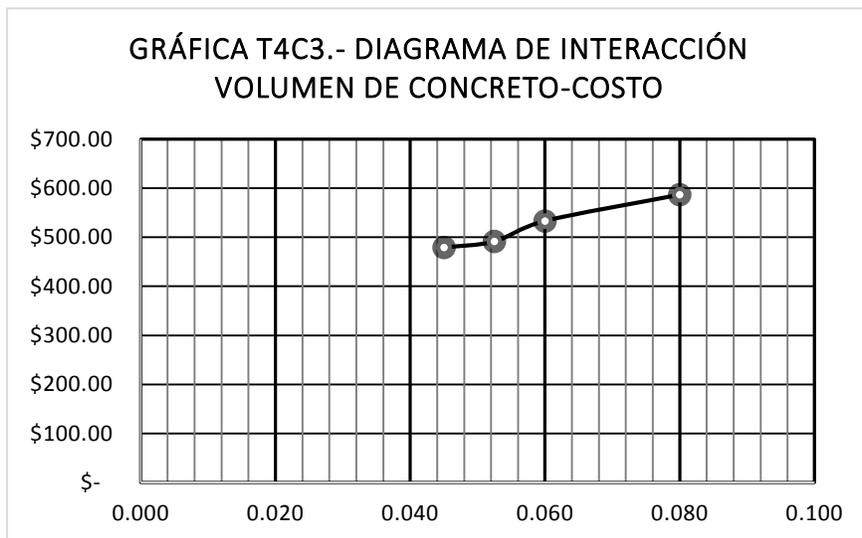
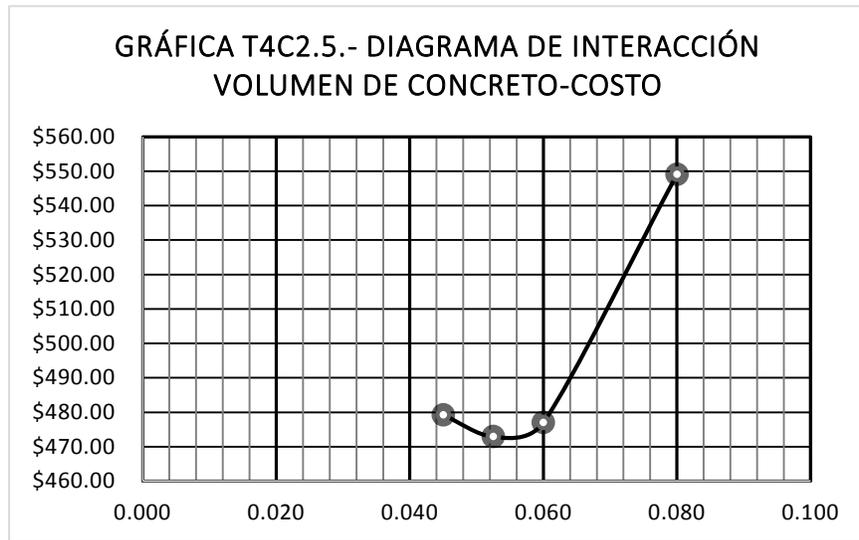
ANEXO N°3.- DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN “VOLUMEN DE CONCRETO-COSTO” EN TRABES.

CASO	PERALTE	BASE	VOLUMEN CONCRETO M ³	VOLUMEN CONCRETO M3	COSTO POR M
T4C1	0.40	0.20	0.08	0.08	\$ 515.79
	0.40	0.15	0.06	0.06	\$ 443.79
	0.35	0.15	0.05	0.05	\$ 402.24
	0.30	0.15	0.05	0.05	\$ 483.46
T4C1.5	0.40	0.20	0.08	0.08	\$ 534.49
	0.40	0.15	0.06	0.06	\$ 462.49
	0.35	0.15	0.05	0.05	\$ 420.94
	0.30	0.15	0.05	0.05	\$ 423.17
T4C2	0.40	0.20	0.08	0.08	\$ 549.11
	0.40	0.15	0.06	0.06	\$ 477.10
	0.35	0.15	0.05	0.05	\$ 443.83
	0.30	0.15	0.05	0.05	\$ 431.44
T4C2.5	0.40	0.20	0.08	0.08	\$ 549.11
	0.40	0.15	0.06	0.06	\$ 477.10
	0.35	0.15	0.05	0.05	\$ 472.96
	0.30	0.15	0.05	0.05	\$ 479.27
T4C3	0.40	0.20	0.08	0.08	\$ 586.51
	0.40	0.15	0.06	0.06	\$ 533.20
	0.35	0.15	0.05	0.05	\$ 491.66
	0.30	0.15	0.05	0.05	\$ 479.27

ANEXO N°3.- DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN “VOLUMEN DE CONCRETO-COSTO” EN TRABES.



ANEXO N°3.- DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN “VOLUMEN DE CONCRETO-COSTO” EN TRABES.

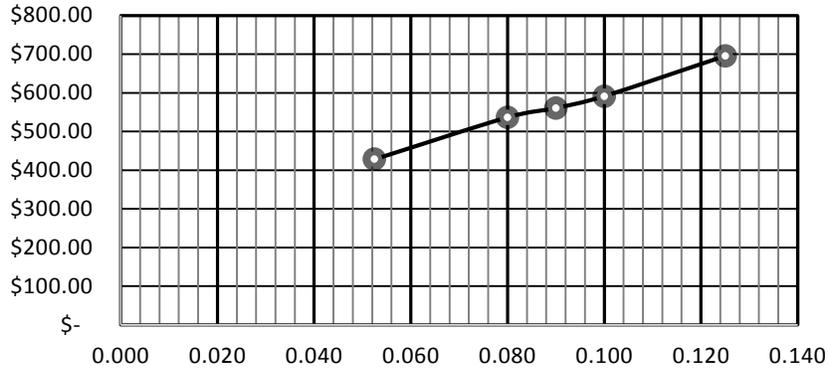


ANEXO N°3.- DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN “VOLUMEN DE CONCRETO-COSTO” EN TRABES.

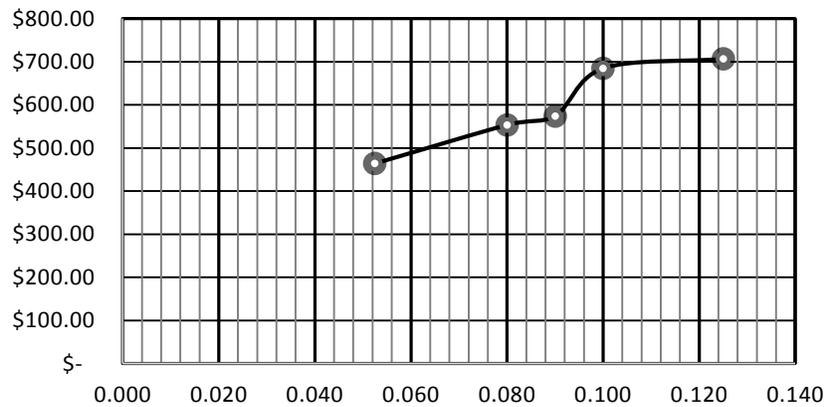
CASO	PERALTE	BASE	VOLUMEN CONCRETO M ³	VOLUMEN CONCRETO M3	COSTO POR M
T5C1	0.50	0.25	0.13	0.13	\$ 695.23
	0.50	0.20	0.10	0.10	\$ 591.29
	0.45	0.20	0.09	0.09	\$ 560.56
	0.40	0.20	0.08	0.08	\$ 536.59
	0.35	0.15	0.05	0.05	\$ 428.25
T5C1.5	0.50	0.25	0.13	0.13	\$ 706.67
	0.50	0.20	0.10	0.10	\$ 684.89
	0.45	0.20	0.09	0.09	\$ 574.05
	0.40	0.20	0.08	0.08	\$ 553.25
	0.35	0.15	0.05	0.05	\$ 463.61
T5C2	0.50	0.25	0.13	0.13	\$ 730.58
	0.50	0.20	0.10	0.10	\$ 632.88
	0.45	0.20	0.09	0.09	\$ 609.41
	0.40	0.20	0.08	0.08	\$ 633.37
	0.35	0.15	0.05	0.05	\$ 547.87
T5C2.5	0.50	0.25	0.13	0.13	\$ 747.24
	0.50	0.20	0.10	0.10	\$ 651.58
	0.45	0.20	0.09	0.09	\$ 631.28
	0.40	0.20	0.08	0.08	\$ 629.17
	0.35	0.15	0.05	0.05	\$ 516.64
T5C3	0.50	0.25	0.13	0.13	\$ 768.04
	0.50	0.20	0.10	0.10	\$ 673.45
	0.45	0.20	0.09	0.09	\$ 664.59
	0.40	0.20	0.08	0.08	\$ 639.62
	0.35	0.15	0.05	0.05	\$ 524.37

ANEXO N°3.- DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN “VOLUMEN DE CONCRETO-COSTO” EN TRABES.

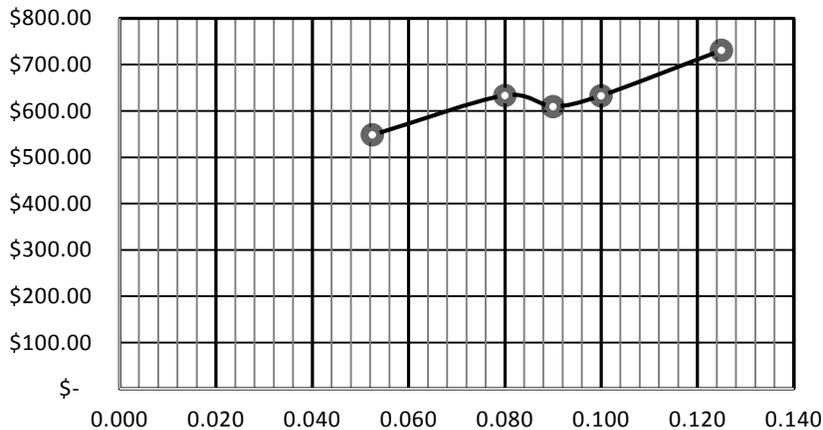
GRÁFICA T5C1.- DIAGRAMA DE INTERACCIÓN
VOLUMEN DE CONCRETO-COSTO



GRÁFICA T5C1.5.- DIAGRAMA DE INTERACCIÓN
VOLUMEN DE CONCRETO-COSTO

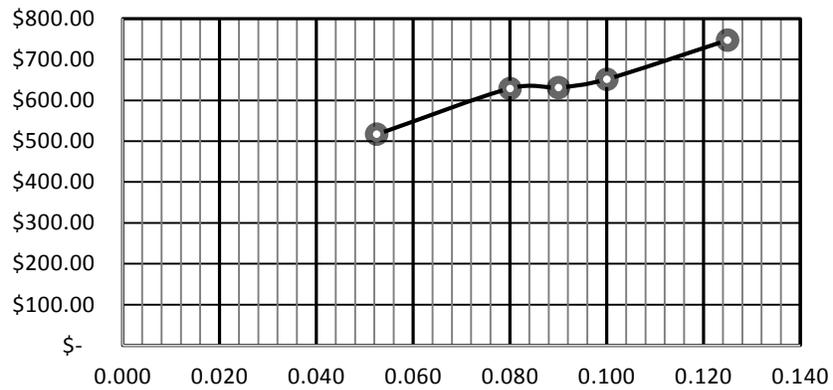


GRÁFICA T5C2.- DIAGRAMA DE INTERACCIÓN
VOLUMEN DE CONCRETO-COSTO

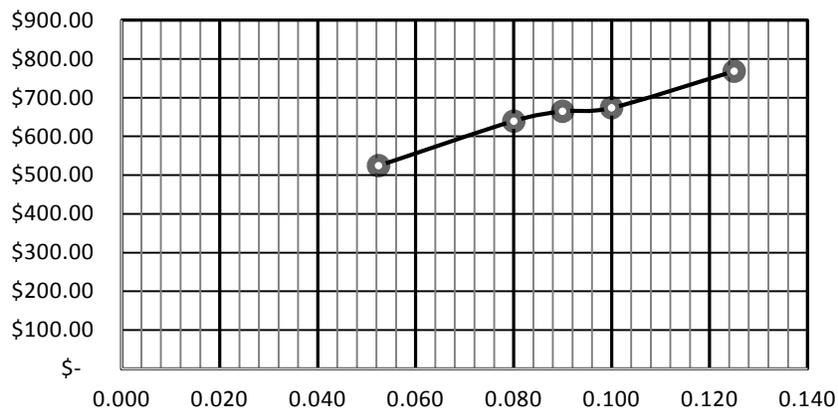


ANEXO N°3.- DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN “VOLUMEN DE CONCRETO-COSTO” EN TRABES.

GRÁFICA T5C2.5.- DIAGRAMA DE INTERACCIÓN
VOLUMEN DE CONCRETO-COSTO



GRÁFICA T5C3.- DIAGRAMA DE INTERACCIÓN
VOLUMEN DE CONCRETO-COSTO

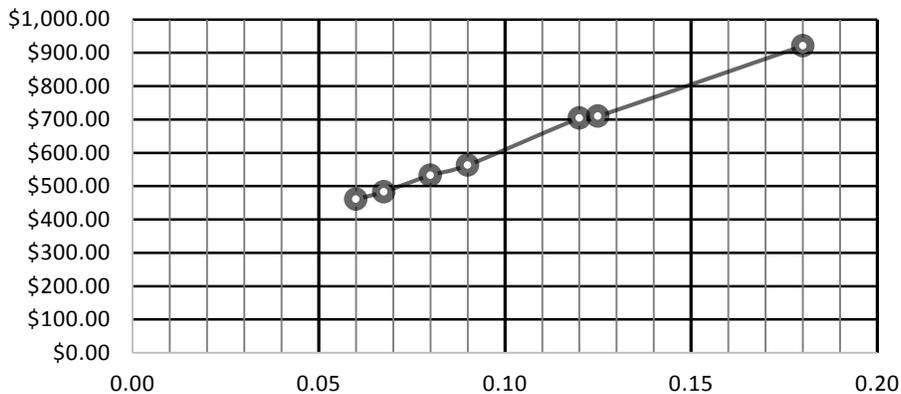


ANEXO N°3.- DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN “VOLUMEN DE CONCRETO-COSTO” EN TRABES.

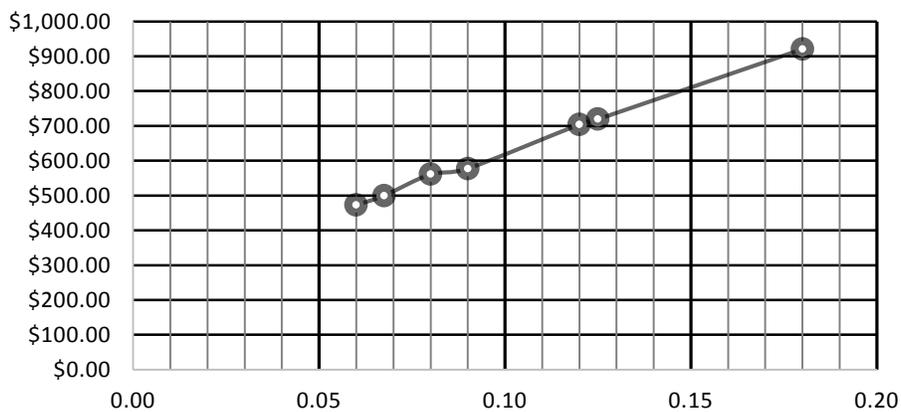
CASO	PERALTE	BASE	VOLUMEN CONCRETO M ³	VOLUMEN CONCRETO M3	COSTO POR M
T6C1	0.60	0.30	0.18	0.06	\$ 460.45
	0.60	0.20	0.12	0.07	\$ 482.72
	0.50	0.25	0.13	0.08	\$ 532.45
	0.45	0.20	0.09	0.09	\$ 562.60
	0.45	0.15	0.07	0.12	\$ 704.05
	0.40	0.20	0.08	0.13	\$ 709.84
	0.40	0.15	0.06	0.18	\$ 920.96
T6C1.5	0.60	0.30	0.18	0.06	\$ 472.44
	0.60	0.20	0.12	0.07	\$ 499.38
	0.50	0.25	0.13	0.08	\$ 561.11
	0.45	0.20	0.09	0.09	\$ 577.22
	0.45	0.15	0.07	0.12	\$ 704.05
	0.40	0.20	0.08	0.13	\$ 719.19
	0.40	0.15	0.06	0.18	\$ 920.96
T6C2	0.60	0.30	0.18	0.06	\$ 501.10
	0.60	0.20	0.12	0.07	\$ 527.43
	0.50	0.25	0.13	0.08	\$ 573.10
	0.45	0.20	0.09	0.09	\$ 605.27
	0.45	0.15	0.07	0.12	\$ 720.71
	0.40	0.20	0.08	0.13	\$ 717.18
	0.40	0.15	0.06	0.18	\$ 930.31
T6C2.5	0.60	0.30	0.18	0.06	\$ 547.82
	0.60	0.20	0.12	0.07	\$ 549.36
	0.50	0.25	0.13	0.08	\$ 619.82
	0.45	0.20	0.09	0.09	\$ 629.24
	0.45	0.15	0.07	0.12	\$ 732.10
	0.40	0.20	0.08	0.13	\$ 740.54
	0.40	0.15	0.06	0.18	\$ 939.66
T6C3	0.60	0.30	0.18	0.06	\$ 547.82
	0.60	0.20	0.12	0.07	\$ 635.21
	0.50	0.25	0.13	0.08	\$ 649.06
	0.45	0.20	0.09	0.09	\$ 655.24
	0.45	0.15	0.07	0.12	\$ 739.41
	0.40	0.20	0.08	0.13	\$ 773.25
	0.40	0.15	0.06	0.18	\$ 935.60

ANEXO N°3.- DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN “VOLUMEN DE CONCRETO-COSTO” EN TRABES.

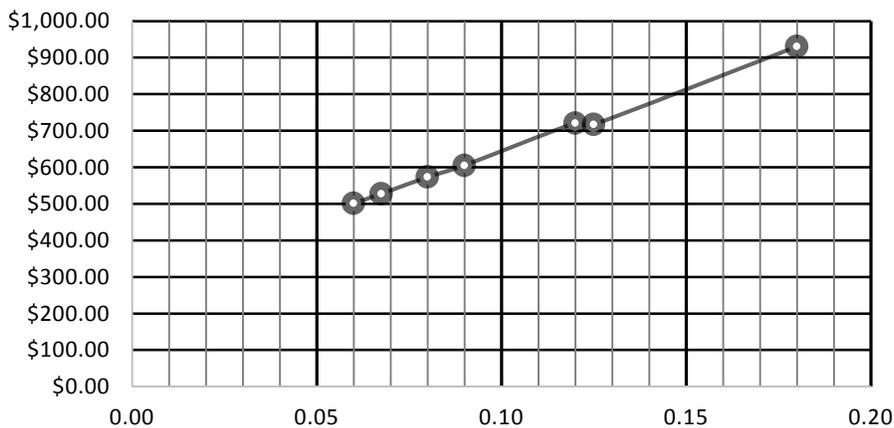
GRÁFICA T6C1.- DIAGRAMA DE INTERACCIÓN
VOLUMEN DE CONCRETO-COSTO



GRÁFICA T6C1.5.- DIAGRAMA DE INTERACCIÓN
VOLUMEN DE CONCRETO-COSTO

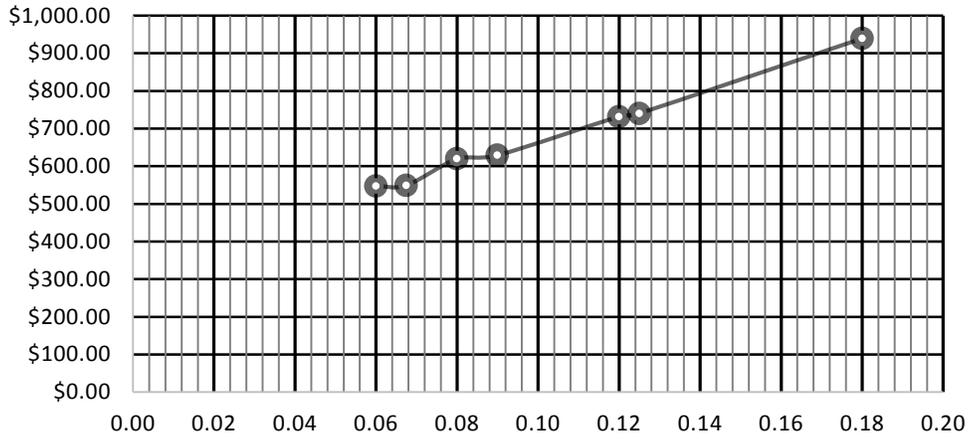


GRÁFICA T6C2.- DIAGRAMA DE INTERACCIÓN
VOLUMEN DE CONCRETO-COSTO

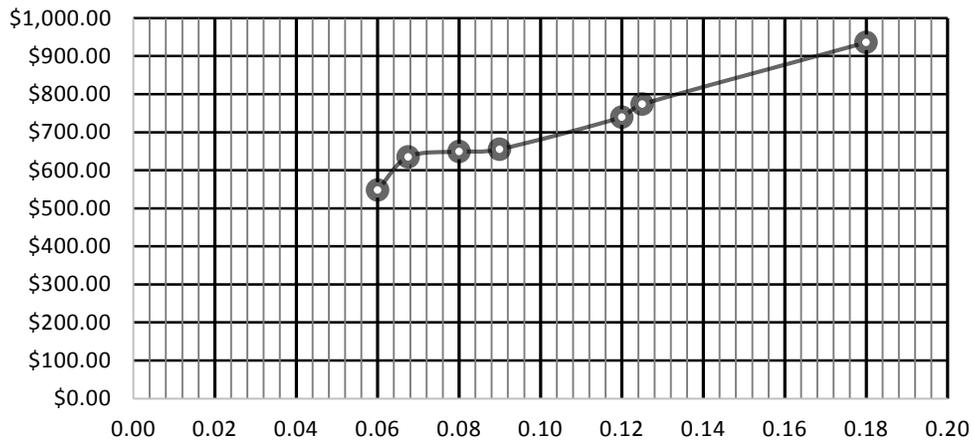


ANEXO N°3.- DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN “VOLUMEN DE CONCRETO-COSTO” EN TRABES.

GRÁFICA T6C2.5.- DIAGRAMA DE INTERACCIÓN VOLUMEN DE CONCRETO-COSTO



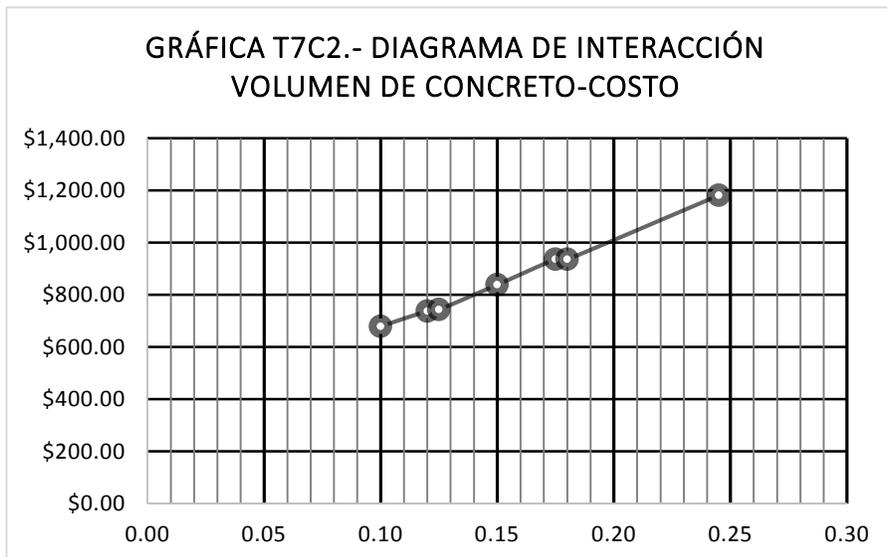
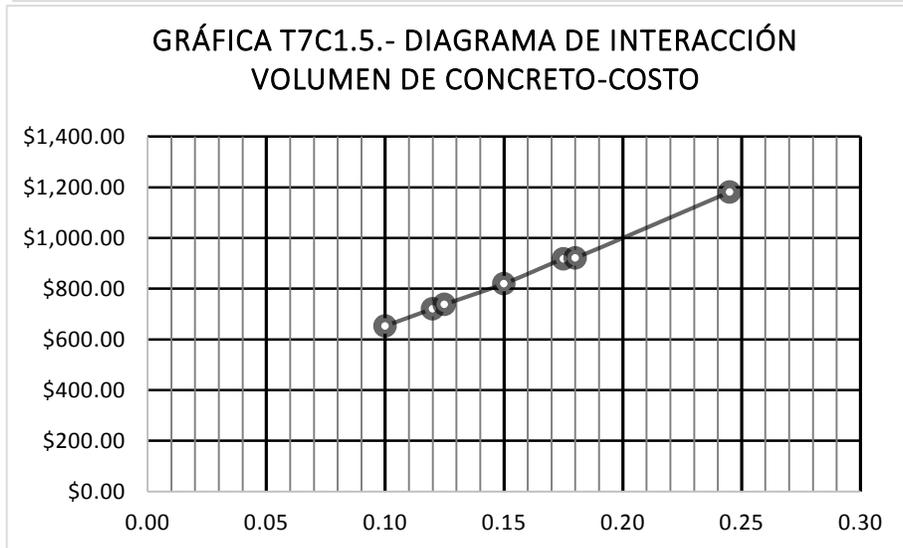
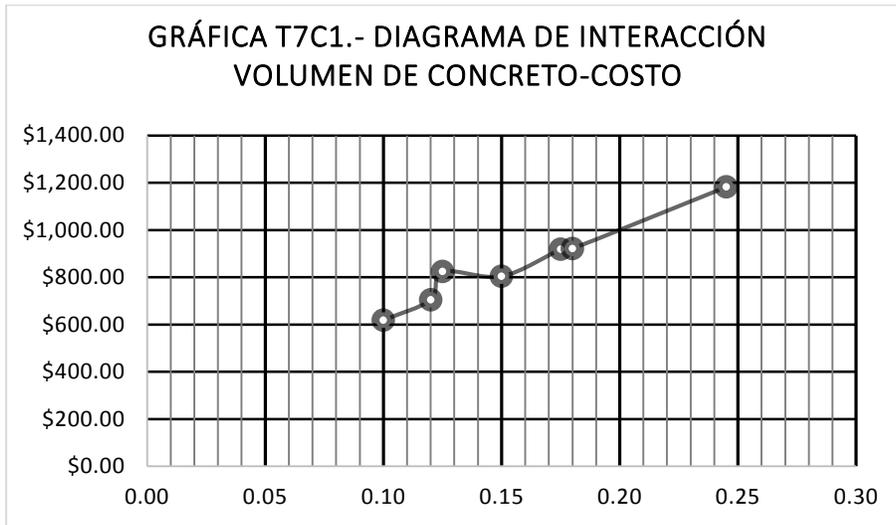
GRÁFICA T6C3.- DIAGRAMA DE INTERACCIÓN VOLUMEN DE CONCRETO-COSTO



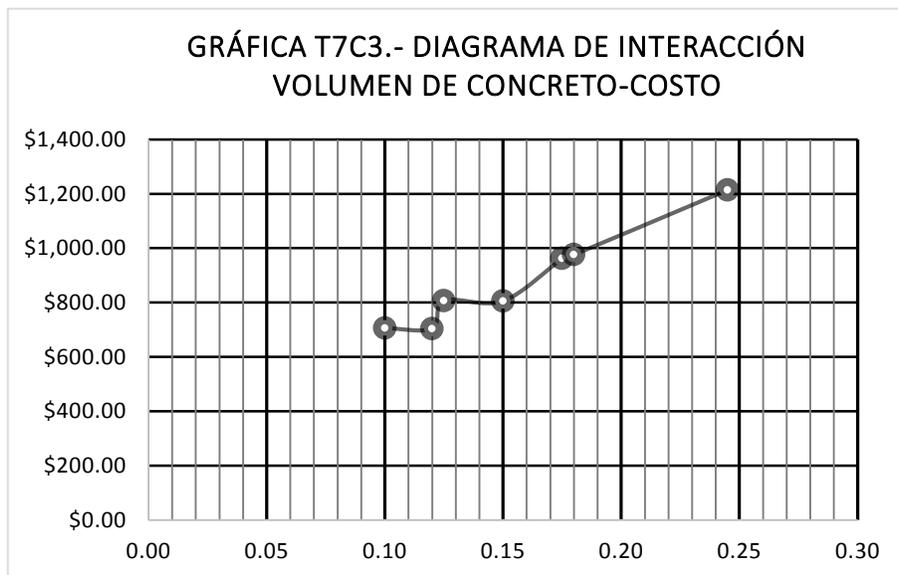
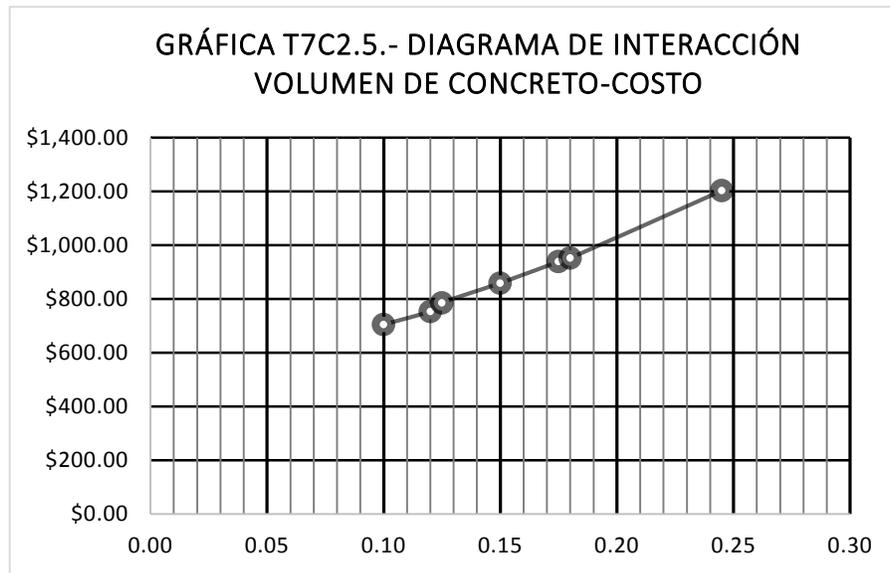
ANEXO N°3.- DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN “VOLUMEN DE CONCRETO-COSTO” EN TRABES.

CASO	PERALTE	BASE	VOLUMEN CONCRETO M³	VOLUMEN CONCRETO M3	COSTO POR M
T7C1	0.70	0.35	0.25	0.10	\$ 617.29
	0.70	0.25	0.18	0.12	\$ 704.05
	0.60	0.30	0.18	0.13	\$ 823.23
	0.60	0.25	0.15	0.15	\$ 803.15
	0.60	0.20	0.12	0.18	\$ 917.45
	0.50	0.25	0.13	0.18	\$ 920.96
	0.50	0.20	0.10	0.25	\$ 1,181.41
T7C1.5	0.70	0.35	0.25	0.10	\$ 652.65
	0.70	0.25	0.18	0.12	\$ 720.71
	0.60	0.30	0.18	0.13	\$ 737.89
	0.60	0.25	0.15	0.15	\$ 819.81
	0.60	0.20	0.12	0.18	\$ 917.45
	0.50	0.25	0.13	0.18	\$ 920.96
	0.50	0.20	0.10	0.25	\$ 1,181.41
T7C2	0.70	0.35	0.25	0.10	\$ 678.66
	0.70	0.25	0.18	0.12	\$ 737.37
	0.60	0.30	0.18	0.13	\$ 743.19
	0.60	0.25	0.15	0.15	\$ 838.51
	0.60	0.20	0.12	0.18	\$ 936.15
	0.50	0.25	0.13	0.18	\$ 935.60
	0.50	0.20	0.10	0.25	\$ 1,181.41
T7C2.5	0.70	0.35	0.25	0.10	\$ 704.67
	0.70	0.25	0.18	0.12	\$ 754.03
	0.60	0.30	0.18	0.13	\$ 785.85
	0.60	0.25	0.15	0.15	\$ 859.25
	0.60	0.20	0.12	0.18	\$ 938.80
	0.50	0.25	0.13	0.18	\$ 952.26
	0.50	0.20	0.10	0.25	\$ 1,203.33
T7C3	0.70	0.35	0.25	0.10	\$ 705.91
	0.70	0.25	0.18	0.12	\$ 704.05
	0.60	0.30	0.18	0.13	\$ 807.20
	0.60	0.25	0.15	0.15	\$ 805.19
	0.60	0.20	0.12	0.18	\$ 962.16
	0.50	0.25	0.13	0.18	\$ 976.23
	0.50	0.20	0.10	0.25	\$ 1,214.73

ANEXO N°3.- DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN “VOLUMEN DE CONCRETO-COSTO” EN TRABES.



ANEXO N°3.- DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN “VOLUMEN DE CONCRETO-COSTO” EN TRABES.

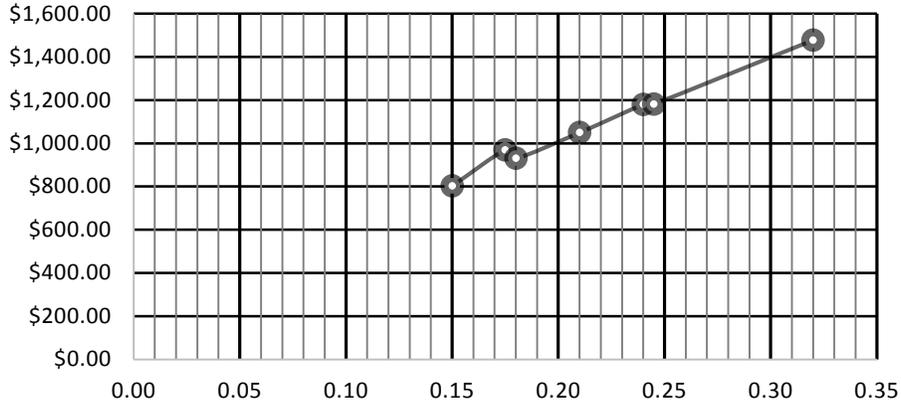


ANEXO N°3.- DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN “VOLUMEN DE CONCRETO-COSTO” EN TRABES.

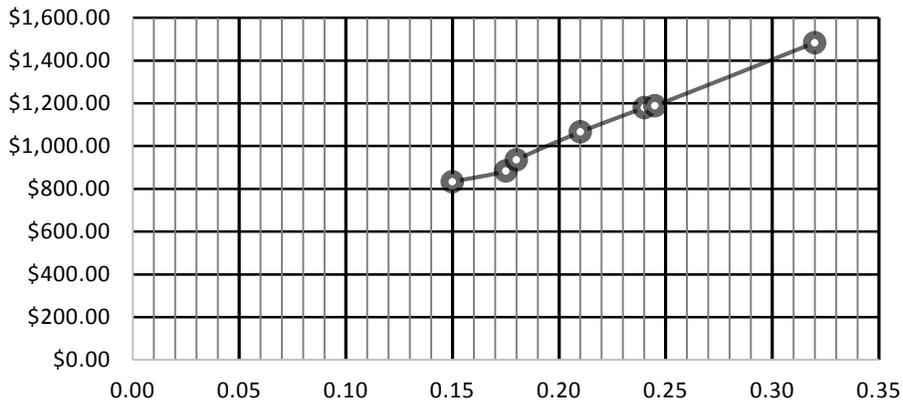
CASO	PERALTE	BASE	VOLUMEN CONCRETO M ³	VOLUMEN CONCRETO M ³	COSTO POR M
TBC1	0.80	0.40	0.32	0.15	\$ 803.15
	0.80	0.30	0.24	0.18	\$ 969.47
	0.70	0.35	0.25	0.18	\$ 930.31
	0.70	0.30	0.21	0.21	\$ 1,049.43
	0.70	0.25	0.18	0.24	\$ 1,179.39
	0.60	0.30	0.18	0.25	\$ 1,181.41
	0.60	0.25	0.15	0.32	\$ 1,476.83
TBC1.5	0.80	0.40	0.32	0.15	\$ 833.85
	0.80	0.30	0.24	0.18	\$ 884.14
	0.70	0.35	0.25	0.18	\$ 935.60
	0.70	0.30	0.21	0.21	\$ 1,066.09
	0.70	0.25	0.18	0.24	\$ 1,179.39
	0.60	0.30	0.18	0.25	\$ 1,188.72
	0.60	0.25	0.15	0.32	\$ 1,484.14
TBC2	0.80	0.40	0.32	0.32	\$ 1,484.14
	0.80	0.30	0.24	0.24	\$ 1,182.04
	0.70	0.35	0.25	0.25	\$ 1,207.42
	0.70	0.30	0.21	0.21	\$ 1,082.75
	0.70	0.25	0.18	0.18	\$ 950.80
	0.60	0.30	0.18	0.18	\$ 982.32
	0.60	0.25	0.15	0.15	\$ 873.87
TBC2.5	0.80	0.40	0.32	0.15	\$ 909.23
	0.80	0.30	0.24	0.18	\$ 976.78
	0.70	0.35	0.25	0.18	\$ 1,008.33
	0.70	0.30	0.21	0.21	\$ 1,099.41
	0.70	0.25	0.18	0.24	\$ 1,205.40
	0.60	0.30	0.18	0.25	\$ 1,210.67
	0.60	0.25	0.15	0.32	\$ 1,504.85
TBC3	0.80	0.40	0.32	0.15	\$ 937.28
	0.80	0.30	0.24	0.18	\$ 1,016.92
	0.70	0.35	0.25	0.18	\$ 1,023.58
	0.70	0.30	0.21	0.21	\$ 1,130.82
	0.70	0.25	0.18	0.24	\$ 1,210.70
	0.60	0.30	0.18	0.25	\$ 1,222.67
	0.60	0.25	0.15	0.32	\$ 1,502.84

ANEXO N°3.- DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN “VOLUMEN DE CONCRETO-COSTO” EN TRABES.

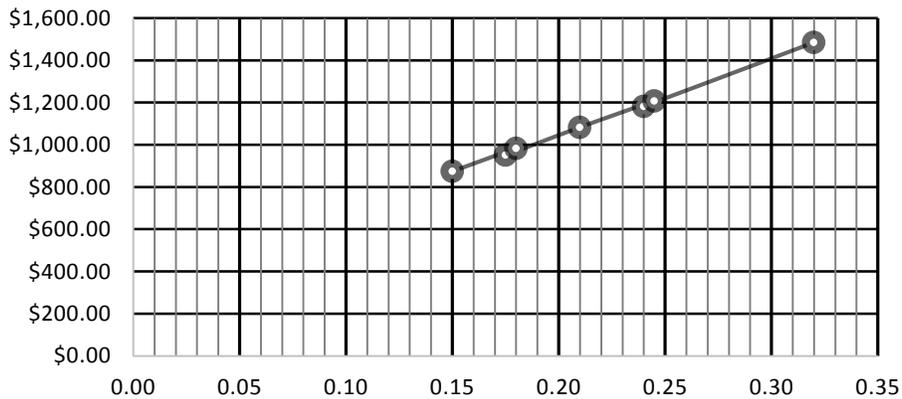
GRÁFICA T8C1.- DIAGRAMA DE INTERACCIÓN DE VOLUMEN DE CONCRETO-COSTO



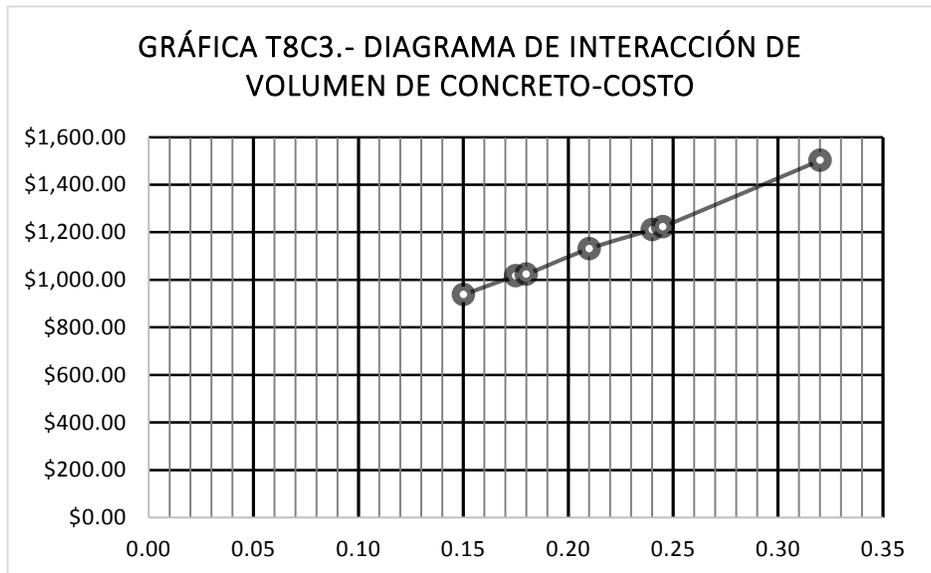
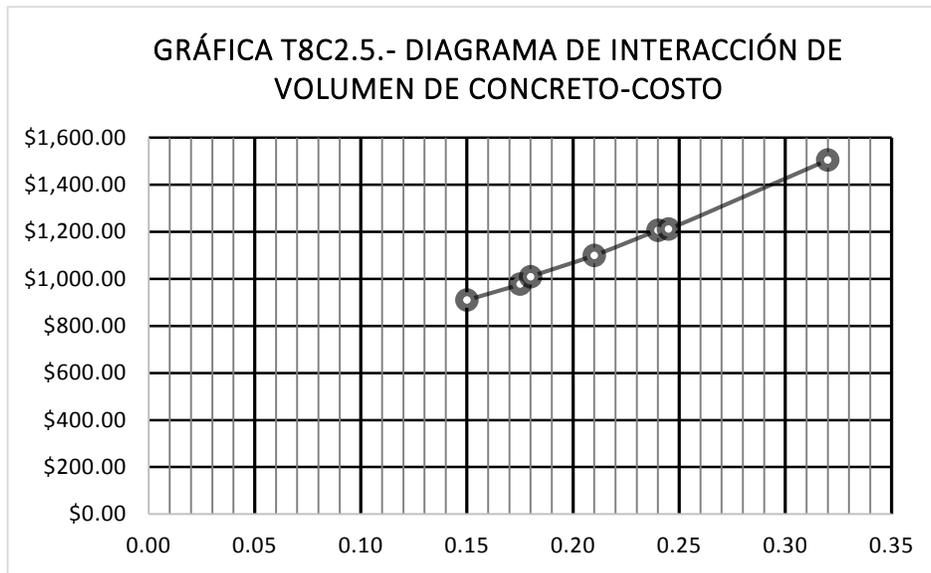
GRÁFICA T8C1.5.- DIAGRAMA DE INTERACCIÓN DE VOLUMEN DE CONCRETO-COSTO



GRÁFICA T8C2.- DIAGRAMA DE INTERACCIÓN DE VOLUMEN DE CONCRETO-COSTO



ANEXO N°3.- DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN “VOLUMEN DE CONCRETO-COSTO” EN TRABES.

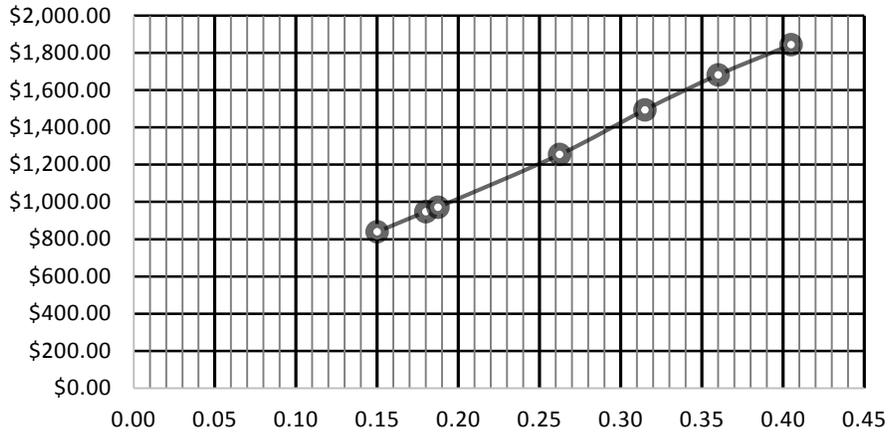


**ANEXO N°3.- DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN “VOLUMEN DE CONCRETO-
COSTO” EN TRABES.**

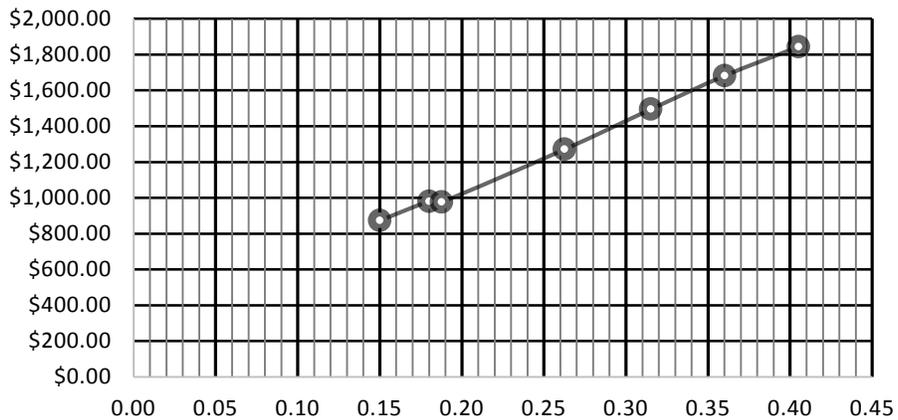
CASO	PERALTE	BASE	VOLUMEN CONCRETO M ³	VOLUMEN CONCRETO M3	COSTO POR M
T9C1	0.90	0.45	0.41	0.15	\$ 838.51
	0.90	0.40	0.36	0.18	\$ 946.96
	0.90	0.35	0.32	0.19	\$ 970.94
	0.75	0.35	0.26	0.26	\$ 1,254.07
	0.75	0.25	0.19	0.32	\$ 1,494.19
	0.60	0.30	0.18	0.36	\$ 1,681.70
	0.60	0.25	0.15	0.41	\$ 1,843.28
T9C1.5	0.90	0.45	0.41	0.15	\$ 873.87
	0.90	0.40	0.36	0.18	\$ 980.28
	0.90	0.35	0.32	0.19	\$ 976.24
	0.75	0.35	0.26	0.26	\$ 1,270.73
	0.75	0.25	0.19	0.32	\$ 1,494.19
	0.60	0.30	0.18	0.36	\$ 1,681.70
	0.60	0.25	0.15	0.41	\$ 1,843.28
T9C2	0.90	0.45	0.41	0.15	\$ 893.20
	0.90	0.40	0.36	0.18	\$ 1,004.28
	0.90	0.35	0.32	0.19	\$ 1,009.55
	0.75	0.35	0.26	0.26	\$ 1,276.02
	0.75	0.25	0.19	0.32	\$ 1,480.78
	0.60	0.30	0.18	0.36	\$ 1,681.70
	0.60	0.25	0.15	0.41	\$ 1,843.28
T9C2.5	0.90	0.45	0.41	0.15	\$ 961.24
	0.90	0.40	0.36	0.18	\$ 1,055.69
	0.90	0.35	0.32	0.19	\$ 1,058.05
	0.75	0.35	0.26	0.26	\$ 1,332.72
	0.75	0.25	0.19	0.32	\$ 1,520.19
	0.60	0.30	0.18	0.36	\$ 1,691.05
	0.60	0.25	0.15	0.41	\$ 1,850.58
T9C3	0.90	0.45	0.41	0.15	\$ 988.09
	0.90	0.40	0.36	0.18	\$ 1,070.94
	0.90	0.35	0.32	0.19	\$ 1,086.01
	0.75	0.35	0.26	0.26	\$ 1,249.99
	0.75	0.25	0.19	0.32	\$ 1,525.49
	0.60	0.30	0.18	0.36	\$ 1,715.01
	0.60	0.25	0.15	0.41	\$ 1,867.24

ANEXO N°3.- DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN “VOLUMEN DE CONCRETO-COSTO” EN TRABES.

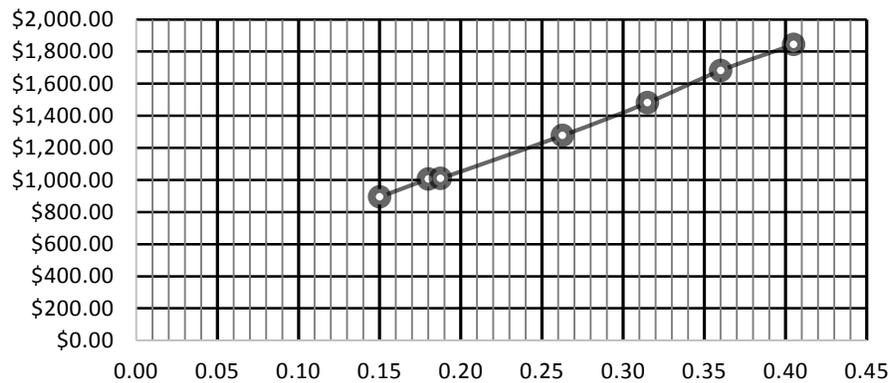
**GRÁFICA T9C1.- DIAGRAMA DE INTERACCIÓN
VOLUMEN DE CONCRETO-COSTO**



**GRÁFICA T9C1.5.- DIAGRAMA DE INTERACCIÓN
VOLUMEN DE CONCRETO-COSTO**



**GRÁFICA T9C2.- DIAGRAMA DE INTERACCIÓN
VOLUMEN DE CONCRETO-COSTO**



ANEXO N°3.- DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN “VOLUMEN DE CONCRETO-COSTO” EN TRABES.

