



BUAP

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

Facultad de Ingeniería

Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado

MAESTRÍA EN INGENIERÍA

OPCIÓN TERMINAL EN CONSTRUCCIÓN

**OPTIMIZACIÓN EN TIEMPO Y COSTO DE
CONSTRUCCIÓN DE VIADUCTO ELEVADO,
UBICADO EN EL KM 115+000 AL KM 128+300
DE LA AUTOPISTA 150D (MÉXICO – PUEBLA).**

TESINA

Que para obtener el grado de

**MAESTRO EN INGENIERÍA
OPCIÓN TERMINAL EN CONSTRUCCIÓN**

Presenta:

LUIS ALBERTO BAUTISTA MÉNDEZ

Asesor de tesina:

M.I. FERNANDO DANIEL LAZCANO HERNÁNDEZ

Puebla, Pue.

OCTUBRE, 2019



BUAP

Oficio No. 4160/2017

C. Luis Alberto Bautista Méndez
Pasante de la Maestría en Ingeniería
con opción terminal en Construcción
Facultad de Ingeniería, BUAP.
Presente

Por medio del presente, el suscrito M.I. Fernando Daniel Lazcano Hernández, Director de la Facultad de Ingeniería, de acuerdo a su solicitud de aprobación de Tema de Tesina, le autoriza desarrollar el tema intitulado: **Optimización en tiempo y costo de construcción de viaducto elevado, ubicado en el Km 115+000 al Km. 128+300 de la autopista 150D (México-Puebla).** Para obtener el grado de Maestro en Ingeniería con opción terminal en Construcción. Asignándose como Asesor al M.I. Fernando Daniel Lazcano Hernández.

Sin otro particular de momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente
"Pensar bien, para vivir mejor"
H. Puebla de Zaragoza, noviembre 24 de 2017.


M.I. Fernando Daniel Lazcano Hernández
Director

C.c.p. M.I. Fernando Daniel Lazcano Hernández, Asesor del Tema de Tesina

C.c.p. Archivo

ABH/WVL/sco*



80 AÑOS
DE UNIVERSIDAD

Facultad
de Ingeniería

Blvd. Valsequillo y Av. San Claudio
s/n, edif. 108 C, Col. San Manuel,
Ciudad Universitaria,
Puebla, Pue. C.P. 72570
01 (222) 229 55 00 Ext. 7610

H. Puebla de Zaragoza, a 03 de junio de 2019

M.I. FERNANDO DANIEL LAZCANO HERNÁNDEZ
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE INGENIERIA, BUAP
PRESENTE

En atención al oficio No. 4160/2017, en el cual se me asigna como asesor de la tesina intitulada: **Optimización en tiempo y costo de construcción de viaducto elevado, ubicado en el km 115+000 al km 128+300 de la autopista 150D (México-Puebla)**, que presenta el pasante de la Maestría en ingeniería terminal en Construcción C. Luis Alberto Bautista Méndez, con Matricula 212470288; le informo que se ha concluido con el proceso de revisión, por lo que **autorizo la impresión** de la misma.

Lo que hago de su conocimiento, para los efectos académicos que haya lugar.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE



M.I. FERNANDO DANIEL LAZCANO HERNÁNDEZ
ASESOR DE TESINA

c.c.p. interesado

DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTO

DEDICATORIAS:

A Dios por darme la fortaleza, sabiduría y permitirme culminar con éxito mi preparación profesional.

A mi MADRE por su apoyo incondicional, por estar conmigo hombro a hombro cada día de mi vida, porque es un ejemplo de mujer, de valor, de firmeza y sobre todo de amor.

A mi PADRE por sus consejos y apoyo incondicional, por estar siempre pendiente del logro de mis metas y objetivos.

A mis HERMANOS por ser parte de mi vida y compartir mis triunfos, por estar ahí cuando los requiero.

AGRADECIMIENTOS:

A mi Asesor el M.I. Fernando Daniel Lazcano Hernández, por guiarme y apoyarme durante de mi formación académica.

INDICE

1	PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN	7
1.1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
1.2	JUSTIFICACIÓN	9
1.3	OBJETIVO GENERAL	11
1.4	OBJETIVOS PARTICULARES	11
1.5	HIPÓTESIS	11
1.6	VARIABLES	11
1.7	ANTECEDENTES	12
1.8	MARCO HISTÓRICO	13
1.9	MARCO TEORICO	21
1.10	DEFINICIONES	23
1.11	RESUMEN	25
2	CAPITULO PRIMERO. INTRODUCCIÓN	27
2.1	Introducción	27
2.2	Descripción General del Proyecto	29
2.3	Método de Construcción Tradicional	35
2.4	Tiempo y Costo de fabricación de los elementos con el método Tradicional	58
3	CAPITULO SEGUNDO. ESPECIFICACIONES Y CONTROL DE CALIDAD	70
3.1	Geometría de los elementos	70
3.2	Especificaciones del Proyecto	79
3.3	Control de calidad	80
3.4	Elementos Prefabricados.	85
3.5	Fabricación de elementos en planta prefabricadora	87
3.6	Proceso Constructivo con el uso de Prefabricados	118
3.7	Tiempo y Costo de Fabricación de los Elementos	126
3.8	Comparativa en tiempo y costo, entre el método tradicional “in situ” y el uso de prefabricados.	136
4	CAPITULO TERCERO. CONCLUSIONES	141
4.1	Conclusiones	141
4.2	Bibliografía	144

4.3	Anexos	145
-----	--------------	-----

1 PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La ciudad de Puebla se encuentra en una zona cercana al estado de Tlaxcala y a unas horas de la Ciudad de México.

Está bien comunicada por carreteras federales y autopistas; entre ellas las más importantes son: la autopista México-Puebla (127 km) la autopista Puebla-Orizaba, la carretera federal 129a Teziutlán, la autopista Amozoc- Perote y el boulevard Puebla-Orizaba.

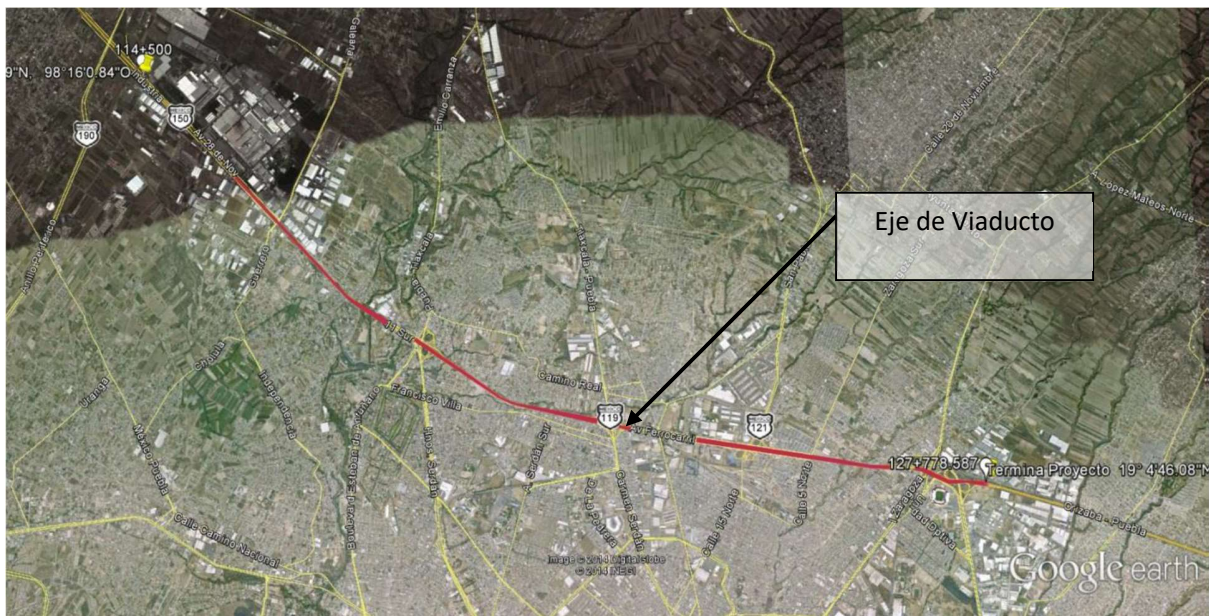


Figura 01.- Localización del viaducto de Puebla Km. 115+000 al Km. 128+300, (fuente: Imagen satelital Google).

De acuerdo al último censo del 2010, en el estado de Puebla viven 5,779,829 habitantes, comparado con el año 2000, se tiene una tasa de crecimiento poblacional del 1.4%, con ello se ocupa el 5to lugar a nivel nacional por su número de habitantes, donde el 72% vive en comunidades urbanas y el 28% en rurales, asimismo el crecimiento poblacional ha sido factor importante para el desarrollo de vialidades de acuerdo al número de habitantes y a las características físicas del

lugar para facilitar principalmente el tráfico vehicular, con ello se incrementan el número de vehículos en circulación, como consecuencia reduce la velocidad aumentando los tiempos de traslado de un lugar a otro. Por ello en Puebla se han realizado esfuerzos para modernizar la infraestructura y la función de control, mediante la planeación y operación del sistema vial que mejore la fluidez del tráfico.

Debido a ello el aforo vehicular en el tramo comprendido entre el km 90+000 al km 130+000 de la autopista México-Puebla 150D se ha incrementado considerablemente en los últimos 10 años. El Tráfico Diario Promedio Anual (TDPA) registrado en la caseta de cobro de San Martín Texmelucan ubicada en el km 96+360 ha pasado de 14,000 autos en el año 2005 a 22,000 autos en el año 2015 lo que equivale a un aumento del flujo vehicular del 57%. De igual manera ocurre en la zona conurbada de Puebla la cual se encuentra entre el km 115+000 al km 124+000 de la misma autopista. En esta zona el incremento del flujo vehicular pasó de 30,000 autos en el año 2005 a 50,300 autos en el año 2015 lo que representa un aumento del 68%, según datos de la SCT. Este aumento colapso la zona conurbada de Puebla.

Dado que la autopista 150 D (México - Orizaba), es una de las autopistas más importantes del país ya que comunica directamente al puerto de Veracruz y sureste del país, a ciudades como Orizaba y Córdoba, asimismo cuenta con conexión a carreteras federales tales como son: autopista federal 140 (Amozoc-Perote), carretera federal 135 (Puebla, Tehuacán, Puerto Escondido, Oaxaca), carretera federal 140 (La Tinaja, Veracruz-Sayula, Veracruz), es requerido llevar a cabo la modernización de vialidades para satisfacer la demanda actual y futuras del tránsito de bienes y personas, mediante la ampliación de la red carretera impulsando los libramientos carreteros en aquellas regiones donde se presenten nodos de conflicto, del tal magnitud que retrasen, las actividades sociales, productivas y comerciales.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Debido al aumento en el aforo vehicular en el tramo comprendido entre el km 90+000 al km 130+000 de la autopista México Puebla 150D se en los últimos 10 años, se propone una solución para la correcta circulación en este tramo carretero. Asimismo, ocurre con la zona conurbada de Puebla, la cual se encuentra entre el km 115+000 al km 124+000 de la misma autopista. En esta zona el incremento del flujo vehicular paso de 30,000 autos en el año 2005 a 50,300 autos en el año 2015 lo que representa un aumento del 68%, provocando el colapso.

La solución vial se realizará mediante la ampliación de la red carretera impulsando los libramientos carreteros donde se presentan nodos de conflicto que retrasan las actividades sociales, productivas y comerciales, resultando en consecuencia impostergable su modernización.

Para ello se propone la construcción de una carretera de cuota, siendo esta el Viaducto Elevado de Puebla, donde se prevé resolver los altos índices de congestionamiento vial, además del impacto para la entidad permitiendo la integración de las diferentes regiones del País, proporcionando la descentralización de actividades económicas, culturales y sociales en la ciudad de Puebla. Además del desarrollo económico, político y social que una obra de esta magnitud genera, reflejándose en el aprovechamiento de los recursos, atrayendo inversiones, brindando oportunidades que propicien una mejora en la calidad de sus habitantes.

El Viaducto Elevado será una vialidad sobre la autopista Federal México-Puebla-Orizaba, con una longitud de 13.3 km. Teniendo como inicio el km. 115+000 de la autopista Federal México-Córdoba 150D (conocida como México-Puebla-Veracruz) y termino el km 128+300. El cual constará en su diseño de 4 carriles de circulación, cumpliendo la normatividad según las especificaciones, para una Autopista Tipo A-4.

Además de que beneficiará a un millón 700 usuarios de los municipios de Coronango, Cuautlancingo, San Andrés Cholula y San Pedro Cholula, sumados los

de la capital poblana, generando así dos mil empleos directos y más de siete mil indirectos, además de mejorar el sistema vial de la zona metropolitana y conectará con la autopista en el tramo México-Puebla-Orizaba.

Para ello se requirió de la creación de un fideicomiso, el gobierno federal destinó una inversión de 5 mil millones de pesos, mientras que otra cantidad similar será aportada por las empresas a las que otorgó la concesión el Gobierno del Estado.

Se trata de una concesión para construir, explotar, mantener y operar durante los próximos 30 años, a partir del inicio de operaciones del viaducto elevado, previsto para agosto de 2016.

1.3 OBJETIVO GENERAL

Explicar el proceso constructivo que optimiza en tiempo y costo la construcción del Viaducto elevado sobre la Autopista México-Puebla con el uso de elementos prefabricados que lo conforman.

1.4 OBJETIVOS PARTICULARES

- Describir las diferentes etapas de construcción comparando el sistema tradicional, con el uso de elementos prefabricados.
- Describir el proceso que implementa el uso de prefabricados debido a la magnitud y complejidad de la obra en el tiempo de su ejecución.
- Aplicar las Especificaciones y control de calidad para cada etapa de construcción.

1.5 HIPÓTESIS

La aplicación de un proceso constructivo que integre el uso de prefabricados con base a la complejidad, magnitud y tiempo de ejecución, optimiza los procesos y técnicas constructivas para la creación de una vialidad para comunicar el área metropolitana de Puebla y centro del país, lo cual dará como resultado que dicha vialidad cumpla su cometido en cuanto a durabilidad, calidad y servicio durante su periodo de vida útil.

1.6 VARIABLES

Proceso y técnicas de construcción.

- Tiempo de ejecución
- Costo de la obra

Vialidad que cumpla en durabilidad, calidad y servicio durante su periodo de vida útil.

1.7 ANTECEDENTES

Macro Localización

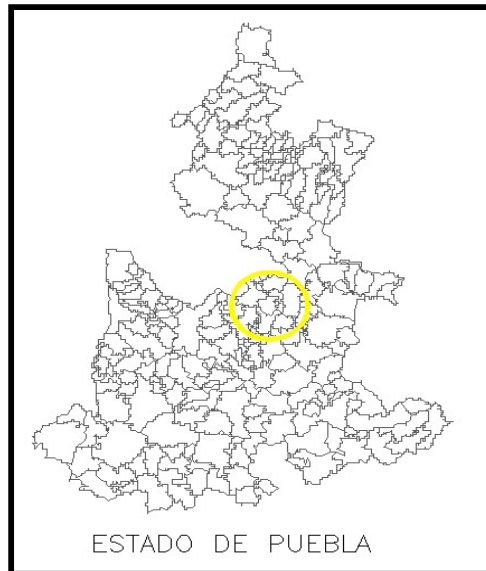


Figura. 01a. Micro Localización del viaducto elevado (fuente: inegi)

El viaducto Elevado se ubica en la parte norte del Estado de Puebla, sobre la autopista México - Puebla – Orizaba, dentro de los municipios de Puebla, Coronango y Cuautlancingo; la ubicación general se muestra en la figura 02.

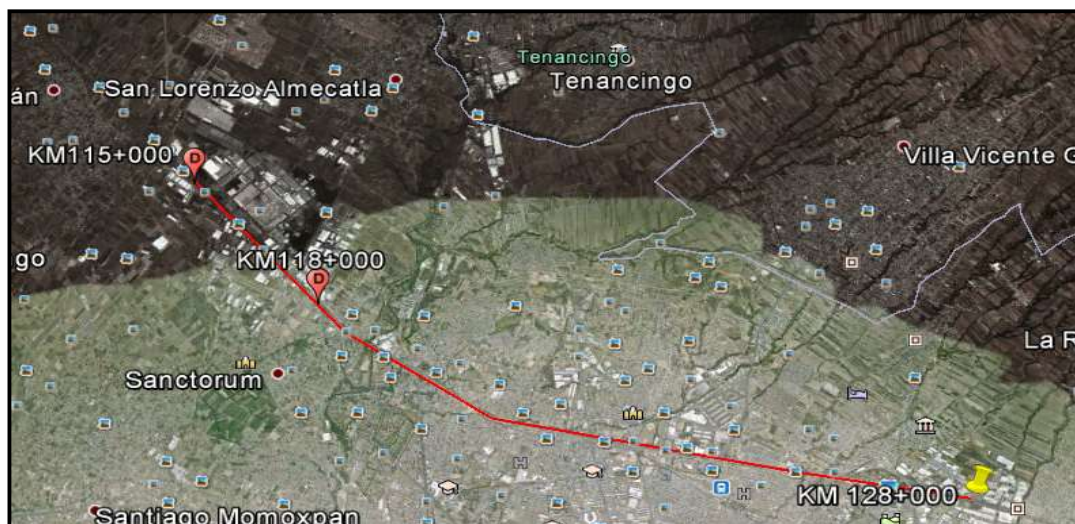


Figura 02. Localización del viaducto elevado Puebla Km 115+000 al km 128+300. (Fuente: Imagen satelital Google).

1.8 MARCO HISTÓRICO

Haciendo un rápido repaso histórico de su evolución, puede afirmarse que el concreto prefabricado es una forma de construir todavía joven, si nos atenemos a que su espectacular desarrollo se produjo a partir de la segunda mitad del Siglo XX, especialmente tras el final de la Segunda Guerra Mundial con amplias regiones de Europa devastadas, obligando a una reconstrucción generalizada de edificios e infraestructuras, para la que se buscaron soluciones rápidas y económicas, además de reaprovechar el tejido industrial creado durante el conflicto bélico para atender a las necesidades logísticas de la época.

Grandes hitos de la primera época

Barca de Joseph Louis Lambot (1848) y la jardinera de Joseph Monier (1849), como primeros elementos prefabricados en concreto.

Castle House de John Board, considerado el primer edificio en el que se emplea cemento Pórtland para la realización de elementos prefabricados de hormigón (1851)

William Wilkinson, inventor del hormigón armado o reforzado (1854)

Patente de edificio prefabricado compuesto por módulos tridimensionales de Eduard T. Potter (1889).

Primeras vigas de hormigón armado de Edmond Coignet (1889).

Se construye el primer edificio cuya estructura está resuelta con elementos refabricados de hormigón, un molino de harina en Swansea (Inglaterra) (1897)

Piedra aglomerada o «cast stone», patente de la empresa Coade (1898).

Primeras losas prefabricadas de hormigón armado para cubiertas en EEUU (1900).

Paneles de prefabricados de hormigón para comunidad de Forest Hills Gardens en EEUU de Grosvenor Atterbury (1908).

Procedimiento de fabricación de tubos por centrifugación (1925).

Eugène Freyssinet principal impulsor del pretensado en las estructuras de hormigón (1928).

Pabellón universitario «Le Maison Suisse» de Le Corbusier (1933).

Francisco Fernández Conde, obtiene de Freyssinet las patentes del pretensado para España y América Latina (1942).

Viaducto ferroviario Adam en Wigan (Inglaterra) construido y que cuenta con 16 vigas doble T de 9 m en cada uno de los 4 vanos (1946).

Unión Soviética: los arquitectos evaluaron la aplicación de nuevas tecnologías alternativas (1947 - 1951). Éstas básicamente debían cumplir dos requisitos esenciales: reducir costes y rapidez de ejecución. Se probaron varios diseños competidores a escala real, y los paneles de hormigón prefabricado emergieron como el claro ganador. Esto tuvo como resultado la creación de barrios urbanos formados por multitud de edificios idénticos, faltos de equipamiento comercial o lúdico, y que perduró casi como forma exclusiva de construcción hasta finales de los 80 con la caída del Muro de Berlín.

El Ministerio de Edificios y Obras Públicas de Inglaterra decide la estandarización de los sistemas prefabricados, limitando su uso hasta 6 alturas. Como resultado, se

obtuvieron una serie de componentes prefabricados de hormigón para producir en una gama de moldes normalizados (1960).

Evolución de los elementos prefabricados de hormigón para forjados, desde unidades simples hasta elementos más industrializados. La introducción de la fabricación de las losas alveolares en España se vincula a Eduardo Vert Sanz, industrial valenciano fundador de la firma HORVITEN (1966).

Escuela francesa de «grandes paneles», cuyo máximo exponente fue la ejecución entre 1965 y 1970 de un conjunto de viviendas llamado «Grande Borne».

Último tercio del Siglo XX

Llegados a este punto, se produce una creciente mecanización en la industria, con el desarrollo de nuevas grúas, que produjeron cambios en los procesos constructivos. Aumentó la demanda de grandes prefabricados de concreto para hacer frente a las necesidades de ejecución rápida y cubrir un mayor rango de aplicaciones (viviendas, escuelas, pabellones, etc.). Entender que el concreto podía ser transportado una vez fraguado permitía toda una variedad de posibilidades y al mismo tiempo una forma nueva de trabajar el concreto.

Las condiciones climatológicas ya no condicionaban su puesta en obra; la humedad y la temperatura únicamente afectaban al proceso de ejecución y al desarrollarse éste en lugares protegidos podían controlarse perfectamente; los moldes se podían colocar en la posición más cómoda para el vertido y aprovecharse más; el vibrado y desencofrado se podía controlar mejor y de la misma forma las características de la materia prima, el concreto, pudiendo realizar nuevas formas de curado.

El aumento del volumen de construcción en prefabricados conllevó realizar esfuerzos mayores en las propiedades de los elementos con función estructural. El concreto empleado poseía cada vez mejores características resistentes y permitía

el vibrado en moldes, lo que supuso su empleo para la fabricación de paneles de fachada de mayores dimensiones. Como contraposición, algunos de los edificios en los que se había empleado el prefabricado con bajo contenido en agua comenzaba a mostrar signos de deterioro en su superficie, debido a la falta de planificación en el momento de la elección de los materiales, por lo que en la década de los 60 se comienza a constatar la necesidad de intensificar la labor técnica en la fase de proyecto, para evitar así algunas de las patologías que sufrían estos elementos en los años posteriores a su ejecución.

Esta metodología de construcción comienza a disiparse como consecuencia de la crisis de los años 70, surgiendo un nuevo modelo de prefabricación más abierto. Los fabricantes responden a demandas pequeñas y diferenciadas, creando una producción más flexible basada en el uso de elementos de construcción que tras pocos cambios eran adaptables a casi cualquier tipo de obra. Los fabricantes ofrecen una diversa gama de productos dotados de versatilidad, integrado en el concepto de prefabricación abierta. Es notorio el ejemplo de Italia que salió airoso de este reto, situándose en un lugar destacado en la edificación y en la obra civil.

En esta época, otras tipologías edificatorias como los edificios de oficinas o espacios comerciales también se suman a las ventajas que ofrece la prefabricación en concreto, especialmente con el uso de paneles y elementos decorativos de fachada. Los paneles de cerramiento eran normalmente piezas armadas. En casos especiales de dimensiones excepcionales se llegaron a fabricar utilizando las técnicas de postensado.

En cuanto a la obra civil, la construcción de puentes concentra uno de los grandes campos de aplicación para la prefabricación, donde la mejora no solo de las características resistentes de los elementos sino también de los medios de transporte y elevación, permitieron comprobar la paulatina mejoría de las prestaciones de esta solución constructiva frente a otras.

No obstante, el mercado seguía percibiendo al prefabricado como una solución industrial que necesitaba producir grandes cantidades de elementos muy repetitivos

para conseguir optimizar costos, cuestión que pudo empezar a corregirse a medida que la industria fue capaz de producir elementos a medida a un coste razonable.

También se observa en estos años un desarrollo desigual en Europa y Norteamérica. Debido a los mayores costes laborales del segundo, se requieren sistemas normalizados que disminuyan la necesidad de mano de obra.

En España, uno de los países punteros históricamente en prefabricación de concreto, se vieron ejemplos en la proliferación de pasos superiores de vigas prefabricadas con la construcción de las primeras autopistas de peaje en esta época. Más inteligente y con más posibilidades fue el desarrollo de una prefabricación abierta, donde diversos componentes podían utilizarse en sistemas versátiles.

A finales del Siglo XX se observa una evolución exponencial del concreto no sólo a medida que mejoran las técnicas de dosificación, curado, control de calidad, acabados, mayor grado de automatización en las fábricas o la introducción de los concretos autocompactantes, resultando una forma de construcción que ya no sólo destacaba por sus características mecánicas, sino por su mayor fiabilidad o durabilidad, obligando a la industria a alcanzar el nivel tecnológico que tiene actualmente.

El concepto de concreto prefabricado en la actualidad

La construcción con elementos prefabricados de concreto ha evolucionado técnicamente mediante la sofisticación progresiva de los medios de fabricación, pero sobre todo conceptualmente, experimentando fuertes cambios de explotación y uso, siguiendo el camino trazado por la evolución de las necesidades sociales, las crisis económicas y la percepción del mercado.

El concreto prefabricado podemos definirlo el día de hoy como una forma de construcción con entidad propia, ya que presenta una serie de cualidades inherentes que lo hacen diferente del resto de materiales.

Aunque cada vez va quedando más lejos la acepción del término «prefabricado» como una construcción apresurada, provisional y de baja calidad, todavía no están suficientemente difundidas en el colectivo de proyectistas, constructores e incluso gobernantes y administraciones locales o nacionales (responsables de una gran parte de la construcción llevada a cabo), las ventajas de la prefabricación, persistiendo ciertos mitos sin base técnica sólida que de alguna forma impiden el avance de una industria con un potencial técnico y desarrollo extraordinarios.

La prefabricación debe concebirse ya como la «industrialización de la construcción en concreto», es decir, la aplicación de técnicas de producción en instalaciones fijas de alto rendimiento, con elevados niveles de control que aseguran una mayor calidad a través de la eliminación de incertidumbres en el resultado final de los elementos constructivos, que conducen no sólo a mejores acabados sino también a mejores precios de la solución final (por las economías de escala y el empleo de medios y técnicas de producción especializados) de los que puedan alcanzarse en realizaciones a pie de obra.

En la actualidad hay muchos motivos para decidirse por una construcción que utiliza un alto porcentaje de procesos industrializados, ventajas que van desde un control más ajustado de los gastos y de los tiempos de ejecución; la posibilidad de poder acceder a elementos producidos en fábricas lejanas –lo cual tiene una múltiple perspectiva, la del empresario que busca costos más baratos en la producción, la del proyectista de un país con una industria local poco desarrollada, etc.; el asegurar una calidad final superior y también el cumplimiento de normas cada vez más exigentes en todos los apartados de la construcción.

Además, la construcción industrializada aporta la opción de que las piezas pueden ser desmontadas y reutilizadas, concepto determinante, por ejemplo, en muchas de las obras realizadas para los juegos olímpicos de Londres 2012.

Frente a los primeros pasos en la industrialización, en el momento actual, los recursos tecnológicos posibilitan la variación dentro la producción, no sólo la repetición. En ocasiones estas variaciones se abordan con medios modestos y con ingenio, pero también hay opciones para la sofisticación técnica y para el gusto hacia lo excepcional.

Los procesos informáticos que facilitan el control de la forma y su aplicación industrial son recursos hoy muy habituales y que permiten la realización de elementos constructivos que ya no sería fácil llevar a cabo mediante procedimientos manuales.

Pero hay un aspecto esencial que debe superarse. El concreto todavía se concibe como un todo común, no diferenciándolo habitualmente según su forma de plasmarlo en la construcción: si como material fresco y que cura libremente en la obra (ejecución in situ) o como producto terminado, siendo piezas diseñadas y fabricadas previamente en una planta industrial y con todas sus características adquiridas (ejecución industrializada prefabricada).

También llama la atención que, salvo el material base (concreto), todas las etapas del proceso tienen en mayor o menor medida notables diferencias, algo que se suele obviar por lo general:

El proyecto: las consideraciones de diseño son en general distintas si tratamos de una obra in situ o una en prefabricado;

La fabricación: en el caso de los prefabricados, las piezas saldrán terminadas y prácticamente preparadas para ser ensambladas en la obra; en el caso del concreto in situ o premezclado, cuando sale de la planta de fabricación estamos todavía hablando de una materia prima que tendrá todavía un largo proceso por delante;

El transporte: es completamente diferente en ambos casos;

El control de recepción en obra: los elementos prefabricados suelen estar ya controlados previamente en fábrica, pudiendo limitarse su control en obra a una simple verificación documental; en el caso del concreto, los controles a efectuar comienzan prácticamente en la propia obra (p.ej. rotura de probetas para evaluar su resistencia);

La ejecución: en un caso se vierte el concreto fresco en unos moldes (con el armado o no, según el caso) y en el otro se montan piezas terminadas según la posición que deberán disponer;

Debe añadirse el mantenimiento: las estructuras prefabricadas suelen ser diseñadas para facilitar las medidas para realizar las tareas de mantenimiento preventivo, son más durables y, si fuese necesario restituirlas por otras, son más fácilmente desmontables que los elementos colados in situ;

Incluso, puede contemplarse la posible reutilización futura de los elementos prefabricados, a través del reciclaje de forma que puedan servir como árido reciclado para la fabricación de nuevas piezas.

Debe además diferenciarse en cómo ha evolucionado en la obra civil (ingeniería) frente a la edificación (arquitectura). En el primer caso, el desarrollo del concreto prefabricado pertenece por derecho propio a la ingeniería. Hoy son sobradamente conocidos los prefabricados que mejor se adaptan a la obra civil (elementos para puentes, canalizaciones, dovelas para túneles, traviesas de ferrocarril, etc.). Sin embargo, en la arquitectura no se ha logrado avanzar a la misma velocidad y todavía se percibe cierto recelo en este campo, probablemente porque los requerimientos formales actuales escapan de la rigidez o la ausencia de versatilidad que se le presupone (¿equivocadamente?) a la prefabricación.

1.9 MARCO TEORICO

Terminología y Definiciones

En términos generales la prefabricación puede referirse a elementos aislados o a conjuntos formados con unidades prefabricadas, naciendo de ello el término de prefabricación parcial o total, la cual indica el grado de utilización de los mismos, así como de la libertad de diseño por parte del proyectista, limitándose esta al caso de la construcción de edificaciones en serie.

La Comisión Alemana para el Concreto armado define a las piezas prefabricadas de la siguiente manera: “Son las piezas de concreto armado que se montan o colocan en obra después del fraguado”. Las cuales se distinguen en: Piezas fabricadas en obra y Piezas fabricadas en fábricas especiales.

La Unión Sindical Francesa de la Prefabricación de Edificios, acordó establecer la definición siguiente:

“Una construcción prefabricada es aquella cuyas partes constitutivas son, en su mayoría, ejecutadas en serie, en taller, con la precisión de métodos industriales modernos, para formar un sistema constructivo coherente que satisfaga las condiciones normales de resistencia, aspecto, habitabilidad, confort y duración, con el mínimo de gasto. Esta construcción, con una serie de montajes precisos y detallados, debe poder ser edificada por una mano de obra corriente, rápidamente, sin detenciones, retoque ni modificaciones, siendo reducidos al mínimo los trabajos de terminación”.

El hecho de haber sido definidos los prefabricados, tanto en unidades como en serie, es una prueba de que el interés en los medios técnicos e industriales, al observar principalmente un cambio radical y completo de sus aplicaciones en los métodos constructivos y en la evolución de industria de la construcción.

Campo de Aplicación.

El campo de aplicaciones de los prefabricados ha crecido enormemente al racionalizarse los métodos de fabricación, equipos, maquinaria, el transporte y montaje en obra, permitiendo la obtención de elementos en serie de poco peso con tolerancias reducidas, como la de grandes piezas para puentes y toda clase de construcciones.

La utilización de elementos prefabricados ha tomado gran incremento en los últimos años, tanto en la construcción urbana como en las edificaciones industriales.

Los elementos prefabricados han producido un cambio radical en la técnica de la construcción, transformando los métodos tradicionales en un verdadero montaje, caracterizado por el acoplamiento de elementos constructivos que llegan a la obra con el dimensionamiento preciso.

Se aplican también procedimientos basados en la fabricación de las series de piezas a pie de obra con excelentes resultados, debido al riguroso control sobre la dosificación y compactación del concreto se ejerce. Un más profundo conocimiento de la técnica que debe regir la granulometría y dosificación, la calidad de los cementos y la vibración como método de compactado propulsaron la técnica de la prefabricación hacia un criterio cada vez científico, sin que los prefabricados conmoviesen profundamente la construcción tradicional.

La aparición del pretensado y postensado, permiten cierta reducción del peso propio de grandes elementos resistentes, facilitó el desarrollo del campo de utilización de los prefabricados en la edificación de naves y edificios industriales.

1.10 DEFINICIONES

Naturaleza del Presfuerzo

El concreto se convierte en presforzado cuando se carga permanentemente, de manera que produzcan en él esfuerzos iniciales opuestos los que se desarrollarán después las cargas de trabajo.

Las vigas simplemente apoyadas se presfuerzan aplicando un momento negativo para contrarrestar el positivo previsto, y al mismo tiempo, una compresión longitudinal, para contrarrestar los esfuerzos de tensión producidos por el momento flexionante. Se obtienen ambos efectos ahogando miembros muy estirados, excéntricamente abajo del centro de la sección de la viga, produciendo al mismo tiempo un efecto P/A de la carga F y un efecto flexionante negativo cuya medida es Fe . Al elemento con el que se produce el presfuerzo, se le llama tendón, y puede ser alambre, cable de alambre para presforzado o varillas.

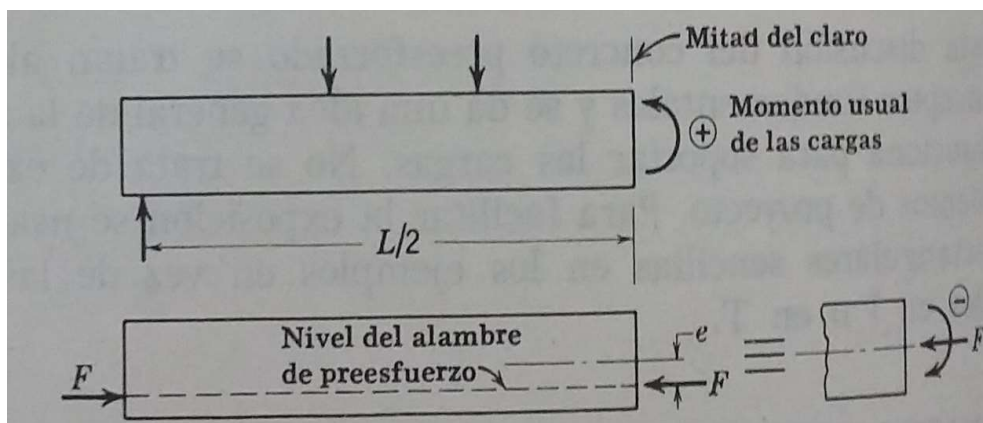


Figura 03. El preesfuerzo en la viga produce compresión axial y un momento de signo opuesto al momento de la carga muerta. (Fuente: FERGUSON, 2005, págs. 551-558)

Las vigas continuas se presfuerzan de manera semejante, pero para mejores resultados, se requiere una excentricidad afectiva arriba de la mitad del peralte en las zonas de momento negativo. Su análisis es más complicado debido a que el preesfuerzo puede modificar las reacciones externas, fuerzas cortantes y momentos.

En los pilotes, placas, columnas y otros miembros sujetos a momentos tan positivos como negativos o sujetos a cargas que obran en cualquiera de sus caras, se usan alambres longitudinales concéntricos, únicamente para producir el efecto P/A , como en la fig. 04. Como los alambres de preesfuerzo en un claro de una viga simplemente apoyada producen un momento negativo para contrarrestar el momento positivo ordinario, este preesfuerzo realmente debilitaría el miembro e se invirtiera o si se pusiera en el momento negativo.

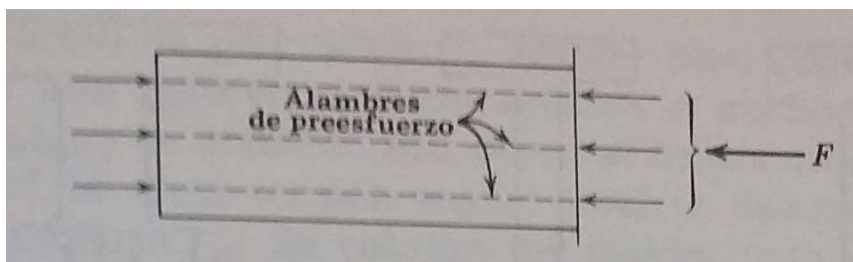


Figura 04. Viga con preesfuerzo uniforme (Fuente: FERGUSON, 2005, págs. 551-558)

Objetivos del Preesfuerzo

Evita completamente la formación de grietas de tensión por efecto de las cargas de trabajo.

Como en el preesfuerzo se produce una contra flecha en los miembros que van a soportar cargas muertas, las flechas a las cargas de trabajo son mucho menores.

Como se evita el agrietamiento por tensión el concreto presforzado a las cargas de trabajo, se puede usar ceo de resistencia muy elevada (con áreas pequeñas), para proporcionar la tensión necesaria.

El preesfuerzo es un medio que permite usar económicamente el acero de muy alta resistencia de aumentar los claros permisibles, conservando el concreto sin agrietar, haciéndolo, por lo tanto, más efectivo.

El presfuerzo reduce los esfuerzos de tensión diagonal las cargas de trabajo. Lo que ha permitido generalizar el uso de secciones I y en T modificadas, con menos área en el alma que las vigas convencionales. Como la Figura 05.

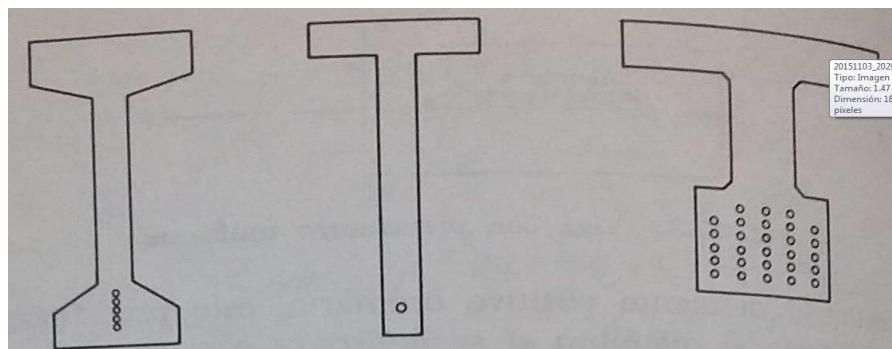


Figura 05. secciones transversales de vigas presforzadas (Fuente: FERGUSON, 2005, págs. 551-558)

La mayor parte de las ventajas del concreto presforzado son de construcción o de esfuerzos de trabajo.

1.11 RESUMEN

La presente tesina tiene como objetivo, la descripción del proceso constructivo con el uso de prefabricados para la construcción del Viaducto Elevado, comparándolo con el método tradicional “in situ”; que para ello se lleva a cabo el análisis de costo y tiempo de fabricación de elementos que conforman la estructura de la Vialidad como son: Zapatas-Columnas, Cabezales y Trabes.

Asimismo, dar a conocer las exigencias en cuanto a calidad de Materiales, especificaciones generales y particulares de cada elemento que se fabrica, ya que dicha vialidad de altas especificaciones cumplirá con determinada funcionalidad, calidad y servicio durante su vida útil, por lo que se expondrá el control de calidad

en el proceso de fabricación, así también su Transporte, almacenamiento, traslado y montaje final.

Dicha viabilidad está planteada como una solución, debido al aumento del aforo vehicular en la zona conurbada de Puebla, así como en la autopista México-Puebla 150D, en el tramo comprendido entre el km 90+000 al km 130+000.

Lo anteriormente descrito nos llevará a formular las Conclusiones, ventajas y desventajas que conlleva el uso de prefabricados, de acuerdo a la complejidad, magnitud y ubicación geográfica donde se desarrolla la construcción del viaducto elevado, implementando métodos de construcción que optimizan en tiempo y costo su ejecución, lo anterior con base a un sistema industrializado de prefabricación.

2 CAPITULO PRIMERO. INTRODUCCIÓN

2.1 Introducción

El aforo vehicular en el tramo comprendido entre el km 90+000 al km 130+000 de la autopista México-Puebla (150D), se ha incrementado considerablemente en los últimos 10 años se propuso buscar una solución para dar fluidez a la circulación en ese tramo carretero.

El Trafico Diario Promedio Anual (TDPA) registrado en la caseta de cobro de San Martín Texmelucan ubicada en el km 96+360 ha pasado de 14,000 autos en el año 2005 a 22,000 autos en el año 2015 lo que equivale a un aumento del flujo vehicular del 57%. De igual manera ocurre en la zona conurbada de Puebla la cual se encuentra entre el km 115+000 al km 124+000 de la misma autopista. En esta zona el incremento del flujo vehicular paso de 30,000 autos en el año 2005 a 50,300 autos en el año 2015 lo que representa un aumento del 68%.¹ Este aumento colapso la zona conurbada de Puebla.

Por su parte el Gobierno Federal y el Gobierno Estatal coinciden en que es necesario llevar a cabo la modernización de las carreteras para satisfacer la demanda actual y futuras del tránsito de bienes y personas, mediante la ampliación de la red carretera impulsando los libramientos carreteros en aquellas regiones donde se presenten nodos de conflictivo, del tal magnitud que retrasen, las actividades sociales, productivas y comerciales, resultando en consecuencia impostergable su modernización, siendo este el caso del Viaducto Elevado de Puebla.

El gobierno del Estado de Puebla en colaboración con el Gobierno Federal iniciaron un programa de mejora y construcción de carreteras en el Estado de Puebla incluyendo la modernización de la zona conurbada donde se presenta el mayor conflicto vial, dando como resultado la construcción de una carretera de cuota,

¹ <http://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-servicios-tecnicos/datos-viales/>

siendo el caso del Viaducto Elevado de Puebla, que por su importancia tiene previsto resolver los altos índices de congestionamiento vial, además de que representa una obra de gran impacto para la entidad al permitir la integración de las diferentes regiones del País. También proporcionará la descentralización de las actividades económicas, culturales y sociales en la ciudad de Puebla. El desarrollo económico, político y social que una obra de esta magnitud genera, se reflejará en un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles atrayendo inversiones, brindando nuevas oportunidades, que propicien una mejora en la calidad de vida de sus habitantes.

La ciudad de Puebla registra altos índices de congestionamiento vial, creando nodos altamente conflictivos, razón por la cual, los gobiernos adoptaron medidas para fortalecer las vías carreteras que permitan incrementar la capacidad y eficiencia de la comunicación de los centros de población especialmente en tramos sumamente congestionados, lo cual se logrará a través de la construcción del Viaducto Elevado de Puebla que permitirá la integración de las diferentes regiones del Estado y del País, a fin de combatir el rezago social, proporcionando la competitividad económica.

La saturación de la autopista en esa zona se debe a que la población que habita y trabaja en las zonas industriales requiere desplazarse a sus puntos de trabajo y hogares. Las industrias trabajan las 24 horas del día y la rotación por los turnos demanda un mayor flujo vehicular sobre todo en las horas de entrada y salida, a este flujo se suma los viajes de largo itinerario que se ven directamente afectados en los tiempos de llegada a su destino final por el tapón que se forma en la zona conurbada de Puebla.

Otras de las razones que contribuyen a que se forme esta zona de conflicto es que la autopista entre los km 114+000 al km 119+000 es de dos carriles por sentido, lo que contribuye a que ese tramo en particular se sature rápidamente.

2.2 Descripción General del Proyecto

El proyecto comprende la construcción de un Viaducto Elevado sobre la autopista Federal México-Puebla-Orizaba. Con una longitud total de 13.3 km. El tramo inicia en el km. 115+000 de la autopista Federal México-Córdoba 150D (conocida como México-Puebla-Veracruz) y termina en el km. 128+300 de la misma. Diseñado para 4 carriles de circulación y cumplirá la normativa según especificaciones para una Autopista Tipo A-4. (**Ver Anexo.1. PG-01 Plano de Planta General del Proyecto**)

Actualmente la sección de la autopista consta de un ancho de 20 m, conformada por 4 carriles de circulación de 3.50 m de ancho, una franja central de 1 m y los acotamientos de 2.50 m. tal como se muestra en la fig. 06.

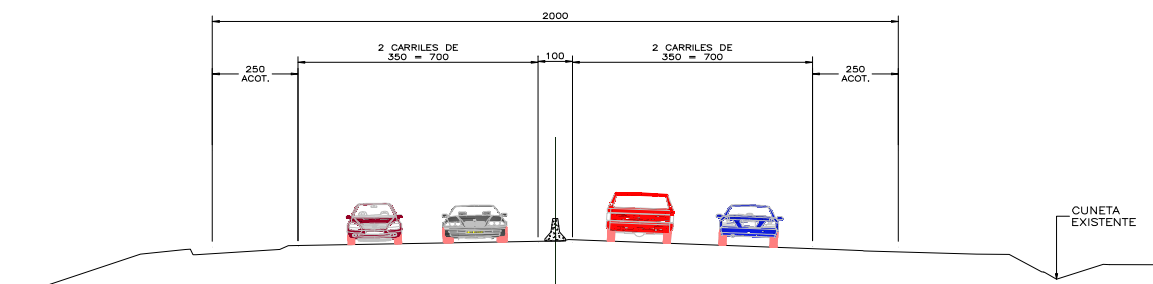


Figura 06. Sección transversal de la autopista. (Fuente: plano de planta general de proyecto)

En una primera etapa, y previo a la construcción de la estructura elevada, se requiere realizar una ampliación de la sección transversal existente de la autopista, la cual comprende del km 115+000 al km 119+300, en un ancho de 2.15 m a cada lado de la autopista, para conformar una sección trasversal total de 24.30 m.

En la fig. 07, se indica la ampliación a cada lado de la autopista y la estructura de pavimento que está considerada para esta zona en particular.

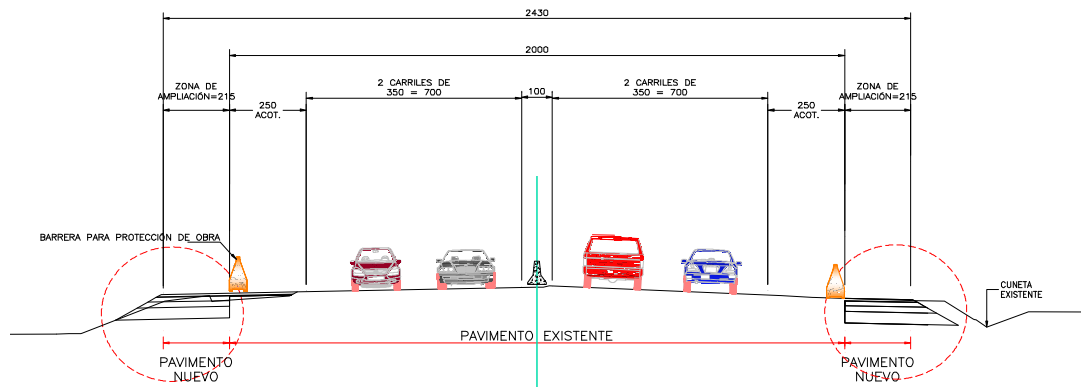


Figura 07. Sección transversal de la autopista considerando la ampliación transversal. (Fuente: plano de planta general de proyecto)

En una segunda etapa, una vez realizada la ampliación transversal indicada, se inicia con los trabajos de construcción de la estructura elevada, la cual estará conformada de la siguiente manera:

Cimentación:

Pilas coladas “in situ”.

Subestructura:

Zapatas-Columna y tipo Candelero

Superestructura:

Cabezales

Caballetes

Trabes

- Concreto

- Acero

Prelosas

Parapetos

Pavimentos:

Concreto asfáltico

Dispositivos de Protección:

Barrera separadora central

Alumbrado:

Luminarias tipo LED

El volumen de algunos elementos que conforman el proyecto, se indica en la siguiente tabla:

VIADUCTO ELEVADO

km 115+000 al km 128+300 Longitud de 13.3 km

Elementos del Viaducto	Totales de elementos de proyecto
Pilas	1,676
Zapatillas-Columnas	404
Cabezales	349
Trabes de concreto	702
Trabes metálicas	252
Prelosas	4,805
Parapetos	11,416

Tabla No. 1. Elementos de proyecto. (Fuente: Datos del proyecto)

Así mismo a lo largo del viaducto Elevado habrá rampas de ascenso y descenso para los vehículos que requieran incorporarse que forman parte de la zona conurbada, por otro lado para dar acceso y salida a los vehículos que transitarán sobre esta vía, se contemplan rampas con una longitud de 500 m, la primera ubicada del km 114+500 al km 115+000, la segunda del km 128+300 al km 128+800, ambas construidas sobre un cuerpo de terraplén contenido por muros

mecánicamente estabilizados, quedando la sección como se muestran en la figura 08 y 09.

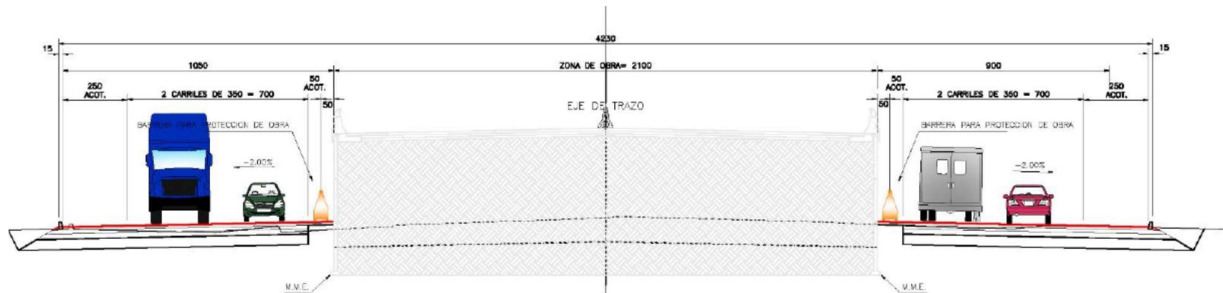


Figura 08. Sección transversal de la autopista en etapa final en zona de rampas con MME. (Fuente: plano de planta general de proyecto)

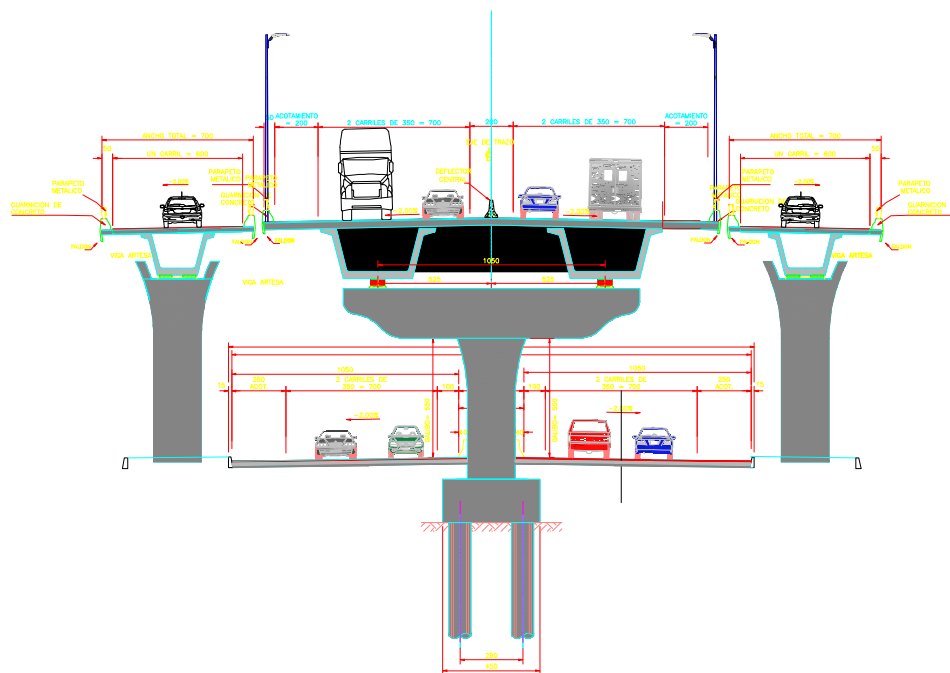


Figura 09. Sección transversal Tipo en Zona de Accesos. (Fuente: plano de planta general de proyecto)

En una tercera y última etapa, se consideran dos secciones conformadas por 4 carriles cada una (2 en cada sentido de circulación), como se describe a continuación y se observa en figura 10:

- La primera está compuesta por el viaducto, el cual se eleva en un segundo plano al del cuerpo actual y se pretende que sea utilizada por el tránsito de largo itinerario.
- La segunda corresponde a los carriles centrales, que se prevé sea una vía rápida y sea usada por vehículos ligeros.

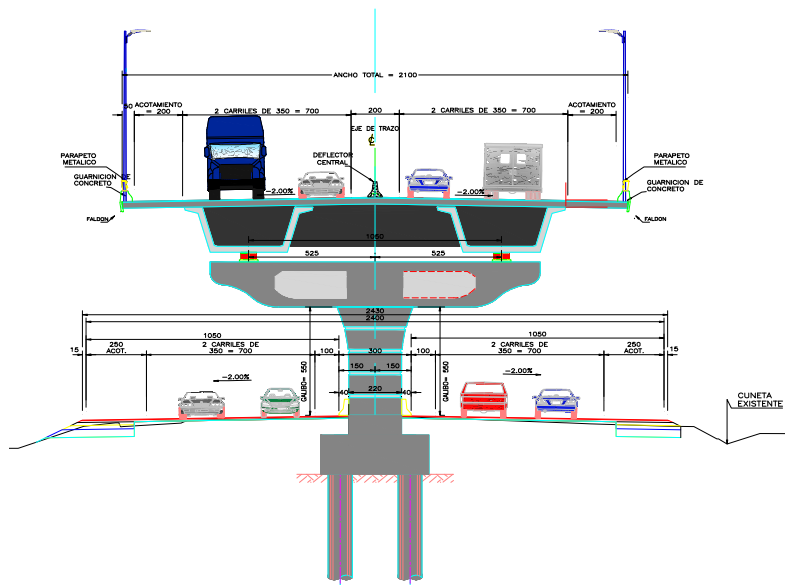


Figura 10. Sección transversal de la autopista en etapa final. (Fuente: plano de planta general de proyecto)

En esta etapa final, la ampliación transversal de 2.15 m realizada a cada lado de la autopista del km115+000 al km 119+300 pasa a conformar el acotamiento de la autopista.

Para llevar a cabo los trabajos de construcción del viaducto elevado, se requiere confinar los dos carriles centrales de la autopista (Un carril sentido México y un carril sentido Orizaba), para posteriormente canalizar el tránsito vehicular en los carriles restantes incluyendo la zona de ampliación transversal, asimismo se

requieren las medidas de seguridad que protejan la obra y principalmente al usuario con base a las exigencias por parte del sistema operador de carreteras CAPUFE y la SCT, así como una logística que permita la movilidad, fluidez del tránsito vehicular a lo largo del tramo a intervenir, efectuar maniobras de montaje de elementos, Trabajos en la cimentación, lo anterior con base a la complejidad y exigencias de la obra en general.

Por lo anteriormente mencionado, se llevará a cabo el cierre de la autopista en ambos sentidos, con un horario de 10 pm a 5 am, dado que se efectuarán trabajos las 24 horas del día, por lo que se desvía el tránsito vehicular por el periférico ecológico de Puebla que inicia en el sentido a Veracruz a la altura del km 113+800, y salida a la altura del km 134+000 y viceversa, tal como se muestra en la Fig. 11, por otra parte para la zona conurbada será parcialmente en algunos tramos. La construcción del Viaducto Elevado está considerada con un periodo de ejecución de 24 meses, los cuales se consideran con inicio el mes de septiembre 2014 y finalizando en septiembre 2016.

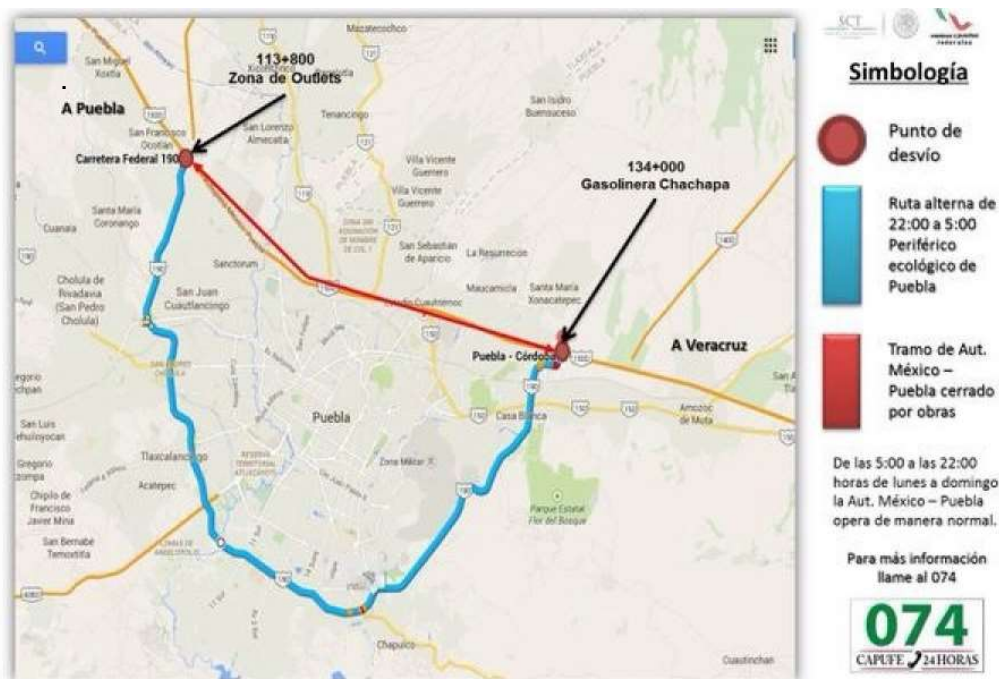


Figura 11. Ruta alterna por cierre de autopista (fuente: sct federal)

2.3 Método de Construcción Tradicional

Se entiende por “construcción tradicional” a aquella actividad o tarea que se realiza en el lugar “in situ”, cuyo fin es materializar la mayor parte de los subsistemas de una edificación.

Consideramos entonces al método de construcción tradicional a los trabajos o actividades cuyo desarrollo y cumplimiento se realizan en la obra, incorporando en forma definitiva y permanente los materiales en el lugar que esta se realiza.

Estos trabajos requieren ser ejecutados por personal calificado (pero no especializado), prácticamente mano de obra artesanal, que generalmente fue heredando de sus mayores los distintos oficios, ya que es un sistema constructivo donde prevalece la espontaneidad y la improvisación y que utiliza materiales en estado primario y disposición manual.

Por otra parte, existe una mejora aplicada al método tradicional de construcción que podemos determinar cómo racionalización.

Esto significa disponer y hacer todas aquellas operaciones requeridas con criterio lógico, proponiendo la realización de las tareas con orden y en la forma más conveniente.

Si tomamos como ejemplo una edificación como un “producto”, racionalizar quiere decir estudiar y mejorar los métodos de construcción, esto con el fin de producir en cantidad, calidad, menor costo y tiempo su ejecución, lo anterior conduciendo a la rentabilidad.

La construcción racionalizada es un avance sobre lo tradicional, ya que existen mejoras que surgen de una planificación que arranca en el diseño de los componentes constructivos y materiales empleados, minimizando de este modo los desperdicios por adaptación y corte y reduciendo los tiempos y el costo de mano de obra.

El proceso evolutivo de la construcción consistente en pasar de la etapa del artesanado a la de la industrialización.

La concentración de operaciones especializadas traslada muchos de los procesos tradicionalmente ejecutados en obra a talleres permanentes, aprovechando las ventajas de producción en masa.

Es básico en cualquier industria que el trabajo en fábrica es más eficiente que el trabajo in situ.

Aun así, la industria de la construcción requiere siempre que muchos de sus procesos deban realizarse en la obra, y esto sucede aun en los sistemas prefabricados más elaborados; algunos sostienen a este respecto que se hace cada vez más imprescindible que el sistema sea diseñado en forma tal que el total de la unidad (cuando se trata de conjuntos de viviendas), sea realizado en fabrica. No solo la estructura, la cubierta o parte del sistema de instalaciones, porque la relación entre estos componentes y el total se torna tan crítica como la de los componentes entre sí.

Es por ello que tanto la prefabricación, como la construcción tradicional racionalizada, son consideradas ambos instrumentos de utilidad para afrontar las necesidades del momento, materializadas en una variedad de situaciones concretas que requieren de todas las respuestas viables.

2.3.1 Proceso constructivo mediante el método tradicional “in situ”.

De acuerdo con la descripción general del proyecto, la construcción del viaducto elevado contempla trabajos “in situ” y uso de prefabricados, en el caso de su cimentación será a base de pilas coladas en el sitio y el empleo de prefabricados en su superestructura; por ello se describirá el proceso constructivo tradicional “in situ” en su superestructura, con el fin de realizar la comparativa en tiempo y costo, comparándolo con la fabricación de elementos en planta.

A continuación, se describe las etapas de construcción del método mencionado:

Trabajos Preliminares

Antes del inicio de cualquier trabajo, serán instalados los dispositivos y elementos de protección requeridos para protección misma de la obra, como es el

señalamiento vial y seguridad al personal que llevará a cabo los trabajos de construcción. En este caso es requerido para el desvío del tránsito vehicular por el periférico ecológico de Puebla.

Trazo y Nivelación.

Se ubicará como primer paso el eje del trazo del viaducto, realizándose a cada 20 metros en lo largo de todo el tramo (del km 113+500 al 128+000), posterior a ello, se localizarán los ejes de los apoyos de las columnas, y pilas de cimentación, asimismo se establecerán bancos de nivel, para poder determinar los niveles requeridos, los cuales estarán especificados y ubicados con referencia en los planos de trazo de proyecto.

Cimentación:

Perforación y colado de pila de cimentación.

Previo al inicio de las perforaciones, se deberá cortar, demoler y retirar el concreto o asfalto de la superficie de rodamiento, el producto de la demolición será dispuesto en el banco de tiro autorizado asignado al proyecto.

Para la perforación de las pilas, se determinará el equipo de perforación con base a la verificación de las características del subsuelo en el cual se cimentará la estructura y las especificaciones del mismo proyecto, como son la estratigrafía del suelo, la profundidad de la excavación y diámetro de la perforación. Durante la perforación, en todo momento se verificará la verticalidad, estabilidad de las paredes, y la profundidad de desplante, el espacio disponible en el sitio para las maniobras. Se utilizará equipo de perforación rotatorio sobre orugas (perforadora tipo Kelly), misma que se efectuará hasta alcanzar la profundidad requerida que señala el nivel de desplante de pila (NDP) que va de los 30 a 35 m, la profundidad

viene especificada para cada uno de los ejes, por lo que se requerirá consultar en los planos de proyecto. **(Ver Anexo 2. PT-01 Plano de pila de cimentación tipo)**



Fotografía 01. Perforación de pila con equipo rotatorio

Habilitado, armado y colocación de acero de refuerzo y presfuerzo en pilas.

El habilitado y armado del acero de refuerzo en pilas, se llevará a cabo en el área confinada, al centro del eje del trazo de proyecto.

El acero de refuerzo utilizado será de resistencia de $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$, para los recubrimientos estos deberán ser respetados y medidos conforme a los dibujos contemplados en plano estructural de cada pila los cuales pueden asegurarse colocando separadores de concreto o acero, así como la distribución del acero. Para el armado de la zona de presfuerzo, se deberá armarse y colocarse dentro del armado, previo a efectuar el colado conforme a los detalles de armado especificados en el plano estructural.

Debido a la longitud de las pilas, los empalmes de varilla se harán con conectores mecánicos. **(Ver Anexo 2. PT-01 Plano de pila de cimentación tipo)**



Fotografía 02. Habilitado de Acero de refuerzo en zona confinada

Antes de colocar el acero de refuerzo se verificará que el fondo de la perforación esté libre de azolve, limpiando el fondo con el bote de perforación o bote de limpieza y verificando la profundidad total y final de la pila, registrándola en el formato correspondiente para su control. Los datos registrados tienen que ser verificados y firmados por la supervisión y topografía de la obra.

El equipo contemplado para izaje y colocación del armado en la excavación será con una grúa sobre orugas de pluma rígida, misma que se alojará en la zona confinada.



Fotografía 03. Izaje y colocación de Armado de pila en excavación

Colado de Pilas

Para el colado de la pila lo que se requiere cuidar es el fuste de la pila por lo que el concreto será auto nivelante y auto compactable con un revenimiento de 10cm, lo que permitirá que la mezcla fluya con facilidad entre los espacios de la jaula de acero y el contacto con el suelo para que ocupe el volumen completo de la perforación y así garantizar la integridad de la pila.

El vertido del concreto se hará con tubería tremie el cual está constituida de la siguiente manera:

- Tubería
- Tolva o cono de recepción
- Trampa
- Elevador
- Chicotes o cables
- Herramienta para retiro de chicote (comúnmente llamado “caimán”)
- Rastrillera.

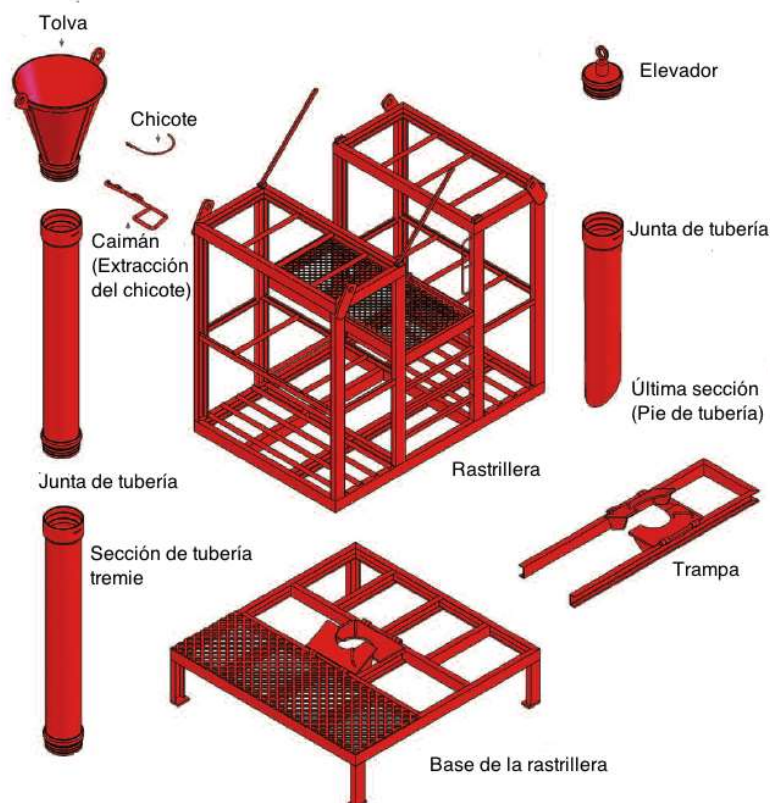


Figura 12. Tubería Tremie (KIT) (Fuente: GUERRERO, 2013)

El procedimiento de colado es el siguiente:

- Para la colocación del concreto se habilita la tubería Tremie, realizando cortes de tubería en los momentos oportunos, dando el avance correcto para evitar la contaminación del concreto, juntas de material distinto de éste y para que no se mueva el acero de refuerzo de manera ascendente.
- Se introduce la línea de tubería en la perforación, cuidando que ésta esté centrada en el área transversal de la pila. La tubería debe dejarse a un diámetro de tubería del fondo de la perforación (por lo general las tuberías Tremie son de 10" de diámetro, es por esto por lo que se recomienda dejar la tubería a 30 cm del fondo de la perforación) (Fig. 13).

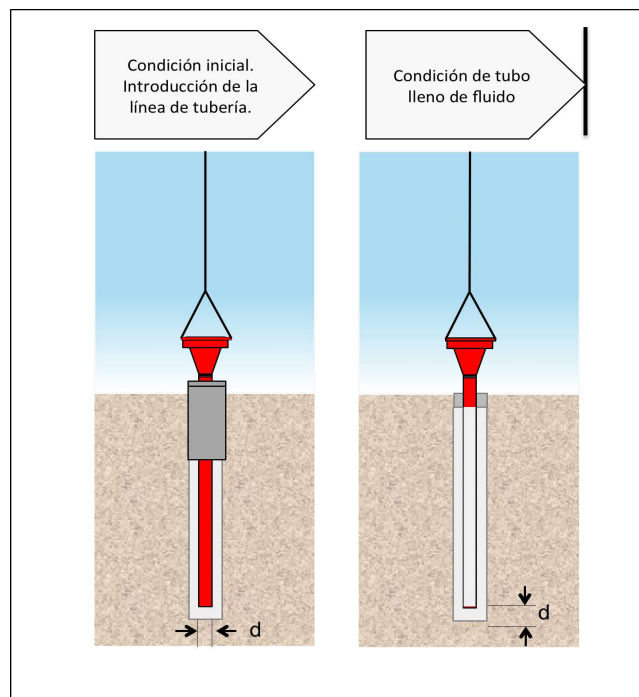


Figura 13. Procedimiento de colado con tubería Tremie (Fuente: GUERRERO, 2013)

Se coloca en la tubería un balón de látex que hace la de una válvula de separación, este tapón deslizante tiene como función evitar la segregación del concreto al momento de ir cayendo cuando se inicia el colado, después el mismo concreto amortigua la caída de la mezcla; también tiene como función evitar la contaminación del concreto cuando se vacía directamente de la olla revolvedora a la tolva de recepción, provocando el desplazamiento del lodo o fluido estabilizador por el concreto. El vaciado de la mezcla debe de hacerse con un continuo movimiento ascendente y descendente (“chaqueteo”), con la finalidad de romper la fricción concreto con tubo; es importante vigilar que no se caiga en un exceso de movimientos verticales, ya que pueden ocasionar un ascenso del acero de refuerzo o contaminación con bolsas de lodo. Durante el colado se debe tener siempre ahogada la tubería Tremie un mínimo de 1.5 m y un máximo de 8.0 m dentro del concreto, para evitar segregación y contaminación (Fig. 14).

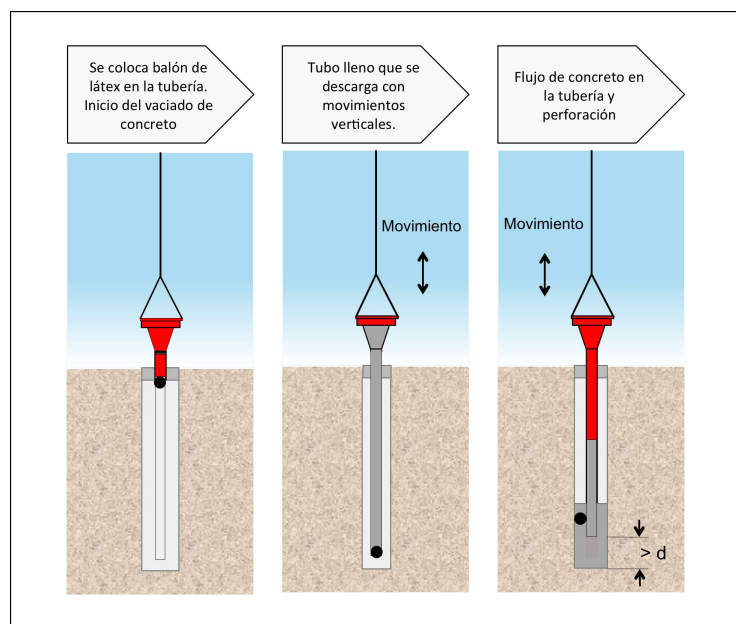


Figura 14. Procedimiento de colado con tubería Tremie (Fuente: GUERRERO, 2013)

Se procede de manera continua con el colado para producir una pila de concreto monolítico. Una vez que el concreto alcanza el nivel de proyecto, se corrobora su nivel utilizando una sonda o referencias externas, y se procede de inmediato a extraer y lavar el total de la tubería Tremie, para evitar que se fragüe el concreto en su interior (Fig. 15).

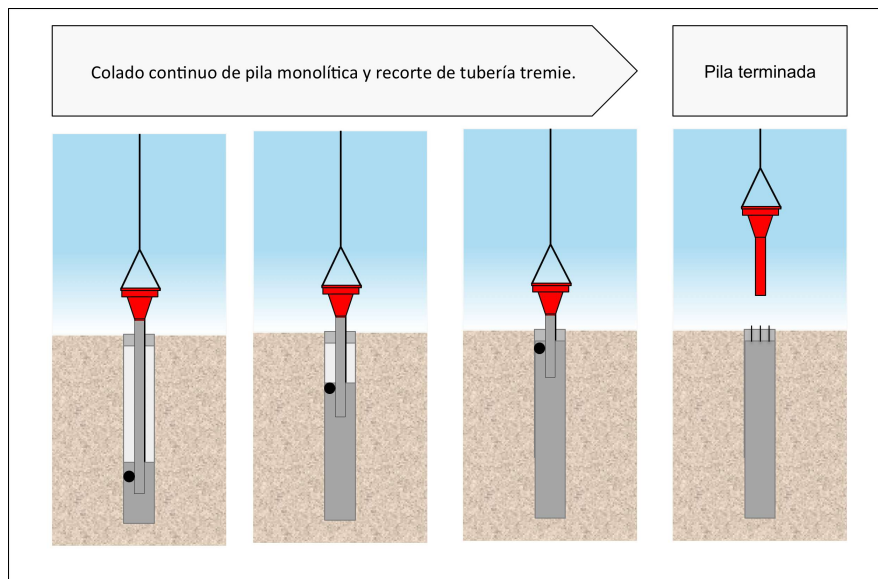


Figura 15. Procedimiento de colado con tubería Tremie (Fuente: GUERRERO, 2013)

Una vez colada la pila, previo al fraguado inicial del concreto, se deberá colocar el dispositivo de conexión, fijándolo para evitar movimientos y no afectar el ensamble de la zapata. **(Ver Anexo 2. PT-01 Plano de pila de cimentación tipo)**, así mismo con brigada de topografía se nivelará y centrará el dispositivo en la posición correspondiente.



Fotografía 05. Colado de pila con Tubería Tremie

Excavación y descabece de pilas

Una vez alcanzada su resistencia el concreto de la pila, se procederá a realizar la excavación, considerando el sobre ancho para realizar maniobras, la profundidad de la excavación está determinada por el Nivel de desplante de la zapata (NDZ) de cada uno de los apoyos. **(Ver Anexo 3. PN-01 Plano de niveles).**



Fotografía 06. Excavación y acarreo de material

Para el descabece de las pilas, se utilizará martillo Neumático. El nivel de descabece de la pila de nivelación especificada para cada uno de los apoyos, partirá del (NDZ), por lo que deberá verificarse en el plano de niveles de proyecto y del plano de losa. **(Ver Anexo 4. LN-01 Plano de Losa de Nivelación Tipo).**

Para garantizar la estabilidad de las paredes de la excavación se estabilizará colocando malla electrosoldada 6-6-10-10 y concreto lanzado de $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$.



Fotografía 07. Descabece de pilas con Martillo Neumático

Losa de Nivelación

Habilitado, armado y colocación de acero de refuerzo en losa.

El habilitado y armado del acero de refuerzo en losa, se llevará a cabo a lo ancho de la excavación, el acero de refuerzo utilizado será de resistencia de $f_y= 4,200 \text{ kg/cm}^2$, para los recubrimientos estos deberán ser respetados, así como la distribución del acero conforme a lo contemplados en plano estructural de cada losa, para este caso se colocarán placas de nivelación de acero a 36 de $30 \times 30 \text{ cm} \times 2.54 \text{ cm}$ y $25 \text{ cm} \times 25 \text{ cm} \times 2.54 \text{ cm}$ (**Ver Anexo 4. LN-01 Plano de Losa de Nivelación Tipo**).



Fotografía 09. Armado de losa de Nivelación

Colado de losa de Nivelación

Previo al colado, deberá delimitarse la sección de la losa, así como cimbrar el fuste de la pila para respetar la sección y recubrimientos requeridos, el concreto será de un $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ de un revenimiento de 5 a 10 cm, el cual deberá ser vibrado lo que se requiere cuidar es la integridad del colado, podrán utilizarse aditivos, siempre y cuando se requiera, el vaciado será a tiro directo mediante canaleta.



Fotografía 10 y 11. Colado de losa de Nivelación y losa de nivelación terminada

2.3.2 Subestructura

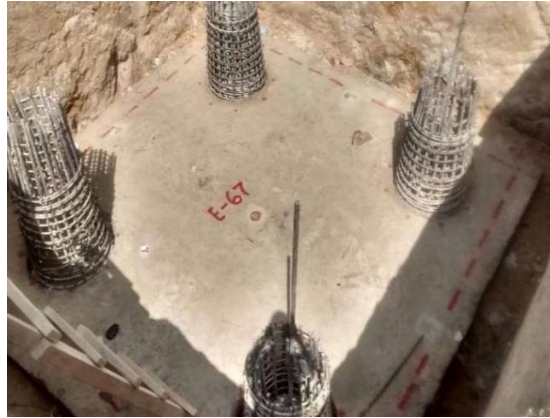
Para la descripción del proceso constructivo de zapatas, columnas y cabezales, se ilustrará mediante fotografías de trabajos realizados, lo anterior con el fin de mostrar el procedimiento constructivo.

Zapatas y Columnas

Trazo y Nivelación.

Una vez fraguado el concreto, la losa de nivelación quedará lista para recibir la zapata, por lo que se realizará el trazo para el desplante de acuerdo a la geometría especificada, en este caso la sección de la zapata es de 4.5 m x 4.5 m, para

garantizar los niveles de desplante, deberán corroborarse con el plano de niveles de proyecto. **(Ver Anexo 4. LN-01 Plano de Losa de Nivelación Tipo).**



Fotografía 12. Trazo de la sección de zapata

Habilitado, armado y colocación de acero de refuerzo y presfuerzo en zapata.

El habilitado y armado del acero de refuerzo en la zapata, se llevará a cabo en el área confinada, al centro del eje del trazo de proyecto.

El acero de refuerzo utilizado será de resistencia de $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$, los recubrimientos estos deberán ser respetados y medidos conforme a los dibujos contemplados en plano estructural de cada zapata, los cuales pueden asegurarse colocando separadores de concreto o acero, así como la distribución del acero. El acero de presfuerzo será de un $f_{pu} = 19,000 \text{ kg/cm}^2$ con 8 torones T-15 de 5/8", deberá colocarse el acero en la zona del presfuerzo en la cabeza de la pila, Así mismo se revisará el armado de la columna, dejando armado el acero longitudinal que va ligado a la zapata. **(Ver Anexo 5. ZC-01 Plano de Zapata y Columna Tipo Acero de Refuerzo 1 a 3)**

Cimbrado de Zapata

El cimbrado de la zapata, será de un acabado común, se colocará chaflán de 2 cm x 2 cm en las aristas, la cimbra delimitará la sección en sus 4 caras, las cuales

tendrán un ancho de 4.5m por 2 m de altura, se deberá cimbrar el fuste de las 4 pilas, se le aplicará desmoldante, ya sea aceite quemado u otro producto a fin de favorecer el descimbrado una vez fraguado el concreto.

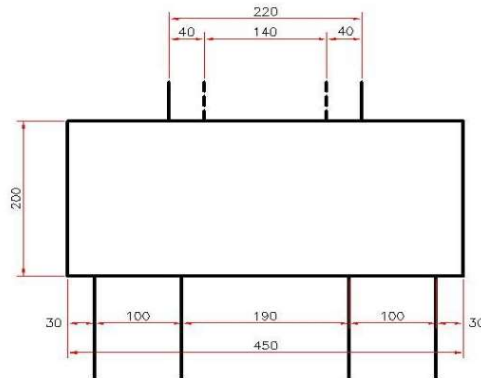


Figura 16. Sección geométrica de la zapata (Fuente: especificaciones generales del proyecto)

Colado de Zapata

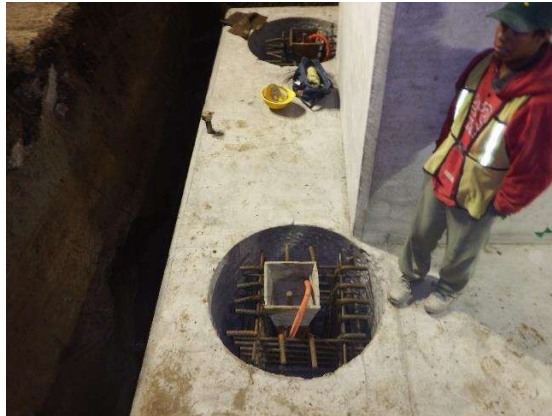
Se colará con concreto premezclado de $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$, con agregado máximo de $\frac{3}{4}$ ", el volumen aproximado de este colado es de 34.20 m^3 , se utilizará vibrador para concreto, para garantizar la homogeneidad del colado y será a tiro directo, después del fraguado del concreto se retirará la cimbra pasados 3 días y se procederá al curado del concreto.



Fotografía 13. Colado de zapata aislada

Postensado del Acero de presfuerzo en pila

El tensado del acero de presfuerzo, se realizará una vez verificado el armado en la zona del presfuerzo conforme al plano estructural, el equipo a utilizar será un gato hidráulico el cual tensará la barra con una fuerza de 50.6 toneladas, posterior a esto se procederá a inyectar la lechada de un concreto de $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ para protección de la barra de presfuerzo, concluido esto se realizará el colado de la parte superior de la pila para formar un solo cuerpo con el de la zapata, será de un concreto de resistencia $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$.



Fotografía 14. Aplicación de lechada para protección de barra de presfuerzo



Fotografía 15. Colado de nodo en zona de presfuerzo de pila

Relleno en Excavación

Terminado el colado de la zapata, se procederá a rellenar el área lateral colindante que se excavó; el relleno se realizará con material de banco limo arenoso (tepetate) será compactado al 90% de acuerdo con el AASHTO estándar en capas de 20 cm máximo. Compactados con equipo vibratorio (bailarina).

Habilitado, armado y colocación de acero de refuerzo y presfuerzo en columna.

El habilitado y armado del acero de refuerzo en la columna, se inició previo al colado de la zapata ya que se colocaron las varillas longitudinales, este será de resistencia de $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$, para los recubrimientos estos deberán ser respetados, así como la distribución del acero; el acero de presfuerzo está conformado por 8 torones, lo anterior conforme a lo contemplado en plano estructural de la columna. **(Ver Anexo 5. ZC-01 Plano de Zapata y Columna Tipo Acero de refuerzo 1 a 3)**

Trazo y Nivelación

Es importante mencionar que durante el proceso de armado estructural de la columna, deberá ponerse especial atención en la verticalidad de la misma, esto es entendible debido a que si por algún motivo la columna no quedara totalmente vertical, el cabezal tendría problemas, así como la colocación de las trabes; además de que las cargas sobre la columna no estarían trabajando en el sentido vertical solamente, se tendría una flexión de la columna en todo momento, no siendo este el diseño principal.

Esta verticalidad además del constructor es responsabilidad de la supervisión y deberá verificar la misma con dos equipos de topógrafos formando un ángulo de 90° entre ellos. Para ir alineando perfectamente este armado se recurre al apoyo de tensores de alambre fabricados en la obra y se colocan en cuatro lados de la

columna (norte, sur, este y oeste), tirando de cada uno de ellos conforme lo indiquen los topógrafos.

Cimbra en columna

Estando el acero de la columna alineado correctamente, el siguiente paso es colocar el aligerante de poliestireno, dado que la columna es hueca en el alma de su sección, también se colocará la tubería de bajante pluvial de PVC de 8", para proceder a colocar la cimbra, la cimbra será de madera con tableros armados con triplay de 16 mm para acabado común, deberá estar perfectamente troquelada, la cimbra constará de tableros de tamaño máximo de 1.22 m x 2.44 m, la cimbra tomará la forma acorde a la geometría de la parte superior de la columna contemplando la ménsula.

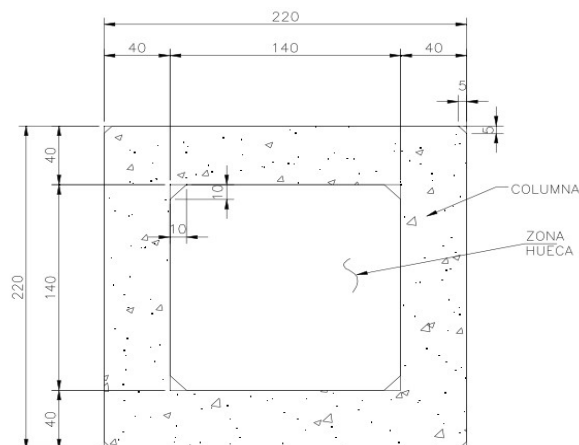


Figura 17. Geometría inferior de la columna (Fuente: especificaciones generales del proyecto)

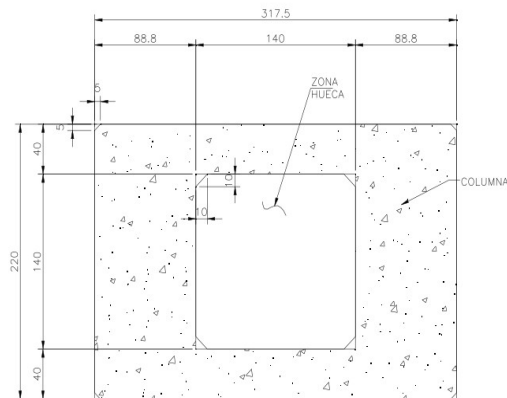


Figura 18. Geometría Superior de la columna (Fuente: especificaciones generales del proyecto)

Se le aplicará desmoldante, a fin de favorecer el descimbrado una vez fraguado el concreto.

Colado de la columna

Estando listo el cimbrado, se realiza el colado de la columna, será con concreto premezclado de $f'c=400 \text{ kg/cm}^2$ bombeable, será monolítico es decir de un solo tiro, para cuidar la integridad de la columna se debe tener especial cuidado que durante este proceso se lleve a cabo el vibrado correctamente, en particular en la parte más baja y la zona central donde está colocado el aligerante de poliestireno de alta densidad, además que en algunos casos como en las columnas de mayor altura sea complicado por la longitud del chicote del vibrador; se debe estar atento en todo momento de que se realice este vibrado.

Postensado del Acero de presfuerzo en columna

El postensado del acero de presfuerzo, se efectuará una vez que el concreto haya alcanzado el 80 % de su resistencia, este se llevará a cabo con un gato hidráulico tensando el total de 8 torones con una carga de 20 toneladas.

2.3.3 Superestructura

Cabezal

Habilitado, armado y colocación de acero de refuerzo y presfuerzo

El habilitado y armado del acero de refuerzo en el cabezal, será de resistencia de $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$, para los recubrimientos estos deberán ser respetados, así como la distribución del acero conforme a lo contemplado en plano estructural del cabezal. **(Ver Anexo 6. CAB-01- Plano de Cabezal Tipo Acero de Refuerzo y Presfuerzo 1 a 3).**

Se colocarán 14 ductos engargolados de estaño que van de 4" de diámetro, dentro de ellos se colocarán 19 torones por ducto, se instalará el anclaje muerto mediante el uso de trompeta, una placa y cuña de acero, las cuales serán fijadas para evitar movimiento durante el proceso del colado. Se desplazarán las varillas de los apoyos del cabezal a fin de dejar colocado el aislador sísmico que recibirá la trabe.

Para realizar la conexión de armado de columna con armado de cabezal, deberán doblarse, amarrarse y empalmarse las varillas a manera de tener una correcta ligadura del acero de refuerzo longitudinal.

Cimbrado de cabezal

Para la elaboración del cabezal, se deberá contar primeramente con una obra falsa consistente en una armadura de acero que estará levantada hasta el nivel de la columna donde se desplantará el cabezal para poder hacer el cimbrado.

La cimbra estará diseñada para soportar, con la seguridad adecuada, la carga muerta del concreto, así como la adicional producida por las operaciones de colado y cimbrado.

El diseño de la cimbra tomará particularmente en cuenta los siguientes factores.

a) Velocidad y método de colocación del concreto.

- b) Cargas vivas, laterales e impactos.
- c) Materiales y esfuerzos permisibles.
- d) Deflexiones, excentricidades y presiones.
- e) Contra-venteo.
- f) Empalmes.

Para el cimbrado de la sección del cabezal se utilizará cimbra de madera la cual es más ligera y manipulable a alturas considerables a comparación de la de acero, en este caso a se maneja una altura de 7 a 10 m. se le aplicará desmoldante a fin de favorecer el descimbrado una vez fraguado el concreto. Se habilitará la cimbra a base de tableros de 1.22 m x 2,44 m que permitan abarcar la mayor área posible de la sección a delimitar y se elevaran a la altura requerida con el apoyo de una grúa, para proceder con el cimbrado.



Fotografía 16. Colocación de cimbra con apoyo de grúa

Colado de cabezal

El concreto será premezclado de una resistencia de $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$ bombeable, el colado se hará de manera que se inicie con la colocación del concreto por el perímetro de la sección del cabezal a fin de que fluya hacia el centro logrando un acomodo uniforme, deberá ser rápido lo que permita que fluya con facilidad y ocupe los espacios entre las varillas del acero de refuerzo así mismo tendrá que ser

vibrado. En ningún momento se dejarán juntas frías, el colado será monolítico por lo que deberán tomarse las precauciones para que el suministro sea continuo evitando el fraguado inicial y se garantice la integridad del elemento.

Una vez colado el elemento y transcurridos 3 días, se procederá al descimbrado, aplicando el aditivo correspondiente para su curado.

Postensado del Acero de presfuerzo en cabezal

El postensado del acero de presfuerzo, se efectuará una vez que el concreto haya alcanzado el 80 % de su resistencia, este se llevará a cabo con un gato hidráulico multitoron tensando el grupo de 19 torones con una carga de 7.1 toneladas.

Una vez tensado el elemento, se cortarán los torones y se inyectará una lechada mezcla agua - cemento arena de $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ en el ducto que aloja los torones, suele incluir un plastificante retardante, posterior a ello se colará la sección faltante quedando ahogados los conectores y dándole el acabado final al elemento.

Trabe tipo artesa

Habilitado, armado y colocación de acero de refuerzo y presfuerzo

El Acero de refuerzo será de resistencia de $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$, el recubrimiento mínimo no será menor a 2.5 cm de espesor, la distribución del armado y numero de varillas, estará conforme al plano estructural de la trabe (**Ver Anexo 7. TRAB-01- Plano de Trabe Tipo Artesa Acero de Refuerzo y Presfuerzo 1 a 3**).

Para el acero de presfuerzo se colocarán los torones requeridos para cada trabe, los cuales se encamisarán con tubos de plástico de 19 mm de diámetro de longitudes variables, deberán verificarse las longitudes de los engrases, también se deberá dejar el ducto engargolado de 100 mm para inserción de cable de presfuerzo en diafragma. (**Ver anexo 7. Plano de Trabe tipo Artesa Acero Refuerzo y Presfuerzo 1 a 3**).

Cimbrado de Trabe

Para la elaboración de la trabe, se deberá contar primeramente con una obra falsa consistente en una armadura de acero que estará levantada hasta el nivel requerido donde se desplantará para poder hacer el cimbrado.

La cimbra estará diseñada para soportar, con la seguridad adecuada, la carga muerta del concreto, así como la adicional producida por las operaciones de tensado, colado y cimbrado.

El diseño de la cimbra tomará particularmente en cuenta los siguientes factores.

- a) Velocidad y método de colocación del concreto.
- b) Cargas vivas, laterales e impactos.
- c) Materiales y esfuerzos permisibles.
- d) Deflexiones, excentricidades y presiones.
- e) Contra-venteo.
- f) Empalmes.

Para el cimbrado de la sección de la trabe se utilizará cimbra de madera para acabado aparente, se le aplicará desmoldante, ya sea aceite quemado u otro producto a fin de favorecer el descimbrado una vez fraguado el concreto. se habilitará la cimbra a base de tableros de 1.22 m x 2.44 m, o de las dimensiones que permitan abarcar la mayor área posible de la geometría a cimbrar, se deberán considerar en las aristas, chaflanes de 2 cm x 2 cm, los tableros se elevarán a la altura requerida con el apoyo de una grúa. Deberá realizarse un control de calidad previo al colado, por lo que se verificarán los niveles, esviajes, sección geométrica de la trabe, fijación del acero y recubrimientos.



Fotografía 17. Cimbrado para desplante de trabe

Colado de Trabe y Diafragmas

El concreto para el colado de la trabe será premezclado de un $f'c = 500 \text{ kg/cm}^2$, con una compactación no menor a 0.8, con un revenimiento de 12 a 18 cm y agregado grueso tamaño máximo de 19 mm, en caso de que se requiera usar aditivos deberá justificarse su empleo, lo anterior con el objetivo de que no existan oquedades ya que por la geometría de la trabe deberá tenerse cuidado al vibrar el concreto para que este ocupe los espacios del armado, el suministro no podrá exceder los 30 min evitando el fraguado inicial, esto para garantizar la integridad de la pieza y tener un colado monolítico e integral.

Para los diafragmas, el concreto será de la misma resistencia al de la trabe, aplicando el mismo método para su colado.

Posterior al fraguado y alcanzada su resistencia máxima el concreto, se procederá descimbrar al tercer día, agregando el aditivo correspondiente para su curado.



Fotografía 18. Colado de trabe

Postensado del Acero de presfuerzo en trabe

El postensado del acero de presfuerzo, se efectuará una vez que el concreto haya alcanzado el 80 % de su resistencia, este se llevará a cabo con un gato hidráulico tensando torón por torón con una carga de 19. 95 toneladas.

Una vez tensado el elemento, se cortarán los torones y se inyectará una lechada en el ducto que aloja los torones la cual se compone por mortero de $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$, posterior a ello se colara la sección faltante quedando ahogados los conectores y dándole el acabado final al elemento.

2.4 Tiempo y Costo de fabricación de los elementos con el método Tradicional

En la ejecución de los trabajos “In situ”, influye de manera determinante el tiempo y la calidad en el proceso que realiza la mano de obra; de manera que esto genera un aumento en el tiempo de ejecución, requiriéndose calidad, un mejor control del proceso y el empleo de materiales de la zona en la que se desarrollan. Dado que se utilizan procesos artesanales, siendo que la mano de obra no es especializada y

que en algunos procesos se ha racionalizado para su mejora pero que indudablemente significa un aumento en el costo y el tiempo.

Tiempo de Fabricación

El tiempo se determinará por cada actividad o concepto de trabajo conforme al proceso constructivo antes mencionado, por lo que a continuación se describe cada uno de estos, incluyendo las cantidades y/o volúmenes de obra a ejecutar, considerando el rendimiento de la mano de obra que se emplea para cada actividad. Existen diferentes factores que influyen en los rendimientos y consumos de la mano de obra; por lo que se integrarán de la siguiente manera para determinar el tiempo de ejecución.

A continuación, se integra de la siguiente manera para determinarse el tiempo de ejecución por jornales, es decir por una duración de 8 horas, tal y como se muestra en las siguientes tablas:

CLAVE	DESCRIPCIÓN DEL CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	MANO DE OBRA	RENDIMIENTO (jornada de 8 hr)	TIEMPO (jornales de 8 hr)
TRAZO-01	TRAZO Y NIVELACIÓN CON APARATOS ESTABLECIENDO EJES Y REFERENCIAS, INCLUYE TODOS LOS MATERIALES Y APARATOS NECESARIOS PARA EL TRAZO Y VERIFICACIÓN PREVIA DE LOS NIVELES ASI COMO LA MANO DE OBRA Y LA HERRAMIENTA NECESARIA PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS	M2	4.84	CUADRILLA DE TOPOGRAFÍA (1 TOPOGRAFO + 1 AYUDANTE)	800	0.01
ACERO-01	HABILITADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO FY=4,200 KG/CM2 EN CIMENTACIÓN EN CUALQUIER DIÁMETRO, INCLUYE TRASLAPES, GANCHOS, ESCUADRAS Y DESPERDICIOS	KG	25064	CUADRILLA DE FIERREROS(7 OFICIALES FIERREROS Y 7 AYUDANTES)	4200	5.97
CIM-01	CIMBRA COMÚN EN ZAPATAS DE CIMENTACIÓN, INCLUYE HABILITADO, CIMBRADO Y DESCIMBRADO.	M2	17.6	CUADRILLA DE CARPINTERÍA (1 OFICIAL CARPINTERO + 1 AYUDANTE)	12	1.47
CIM-02	CIMBRA ACABADO APARENTE EN ESTRUCTURA, INCLUYE: HABILITADO, CORTES, DESPERDICIOS, CIMBRADO Y DESCIMBRADO.	M2	20.16	CUADRILLA DE CARPINTERÍA (1 OFICIAL CARPINTERO + 1 AYUDANTE)	7	4.26
CONCRET-01	CONCRETO PREMEZCLADO F'C= 400 KG/CM2 EN CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA RESISTENCIA MÁXIMA A 3 DÍAS, INCLUYE: BOMBEO, COLADO,VIBRADO, CURADO, PRUEBAS Y DESPERDICIOS	M3	56.3	CUADRILLA (1 OFICIAL ALBAÑIL + 5 AYUDANTES)	45	4.25
ACPRE-01	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ACERO DE PRESFUERZO FPU= 19,000 KG/CM2, 8 TORONES T15 (5/8) EN COLUMNA.	KG	74.8	CUADRILLA (1 OFICIAL FIERRERO + 2 AYUDANTES)	1600	0.05
POLIEST	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ALIGERANTE A BASE DE POLIESTIRENO DE ALTA DENSIDAD	M3	11.76	CUADRILLA (1 OFICIAL FIERRERO + 1 AYUDANTE)	40	0.29
TUBOPVC	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE TUVO DE PVC RD 26 DE 8"	M	8.5	CUADRILLA (1 OFICIAL FIERRERO + 1 AYUDANTE)	150	0.06
TENSADO	TENSADO DE ACERO DE PRESFUERZO DE FPU= 19,000 KG/CM2, TORONES T15 (5/8)	KG	7127	CUADRILLA DE TENSADO (1 AYUDANTE ESPECIALIZADO)	3552	2.01
TOTAL EN JORNALES						18.35
NOTA: LOS RENDIMIENTOS DE LA MANO DE OBRA, SON LOS TEÓRICOS BASADOS EN LA EXPERIENCIA Y CONDICIONES DE LA ZONA DEL ESTADO DE PUEBLA.						

Tabla No. 2 Tiempo de fabricación de Zapata – columna (Fuente: Autoría propia)

CLAVE	DESCRIPCIÓN DEL CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	MANO DE OBRA	RENDIMIENTO (jornada de 8 hr)	TIEMPO (jornales de 8 hr)
TRAZO-01	TRAZO Y NIVELACIÓN CON APARATOS ESTABLECIENDO EJES Y REFERENCIAS, INCLUYE TODOS LOS MATERIALES Y APARATOS NECESARIOS PARA EL TRAZO Y VERIFICACIÓN PREVIA DE LOS NIVELES ASI COMO LA MANO DE OBRA Y LA HERRAMIENTA NECESARIA PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.	M2	30.80	CUADRILLA DE TOPOGRAFÍA (1 TOPOGAFO + 1 AYUDANTE)	800	0.04
ACERO-02	HABILITADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO FY=4,200 KG/CM2 EN CUALQUIER DIÁMETRO, INCLUYE: HABILITADO, TRASLAPES, GANCHOS, ESCUADRAS, DESPERDICIOS, FIJACIÓN, CALZAS PARA DAR RECUBRIMIENTO REQUERIDO Y COLOCACIÓN EN MOLDE CON GRUA PORTICO DE 120 TON.	KG	12710	CUADRILLA DE FIERREROS (7 OFICIALES FIERREROS Y 7 AYUDANTES)	4200	3.03
ACPRE-01	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ACERO DE PRESFUERZO FPU= 19,000 KG/CM2, 8 TORNES T15 (5/8) EN COLUMNA.	KG	3046	CUADRILLA (1 OFICIAL FIERRERO + 2 AYUDANTES)	1600	1.90
ANDAM	HABILITADO Y ARMADO DE ANDAMIAJE A BASE DE ESTRUCTURA METÁLICA REFORZADA PREVIO DISEÑO ESTRUCTURAL.	PZA	24	CUADRILLA DE COLADO (7 OFICIALES HERREROS + 7 AYUDANTES)	14	1.71
CIM-02	CIMBRA ACABADO APARENTE EN ESTRUCTURA INCLUYE: HABILITADO, CIMBRADO Y DESCIMBRADO., ELEVACIÓN HASTA UNA ALTURA DE 10 M CON APOYO DE GRUA.	M2	210.03	CUADRILLA DE CARPINTERÍA (1 OFICIAL CARPINTERO + 1 AYUDANTE)	7	30.00
CONCRET-01	CONCRETO PREMEZCLADO F'C= 400 KG/CM2 EN CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA RESISTENCIA MÁXIMA A 3 DÍAS, INCLUYE: BOMBEO, COLADO, VIBRADO, CURADO, PRUEBAS Y DESPERDICIOS	M3	73.20	CUADRILLA (1 OFICIAL ALBAÑIL + 5 PEONES)	45	1.63
DUCTO-01	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE DUCTO DE 10" DE DIÁMETRO DE ACERO AL CARBÓN PARA DRENAJE.	M	2.50	CUADRILLA (1 OFICIAL HERRERO + 1 AYUDANTE)	120	0.02
DUCTO-02	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE DUCTO DE ESTAÑO, DE 10" DE DIÁMETRO PARA TENDONES PARA ALOJAR ACERO DE PRESFUERZO.	M	303.40	CUADRILLA (1 OFICIAL FIERRERO + 2 AYUDANTES)	200	1.52
TENSADO	TENSADO DE ACERO DE PRESFUERZO DE FPU= 19,000 KG/CM2, TORNES T15 (5/8)	KG	3046	CUADRILLA DE TENSADO (1 AYUDANTE ESPECIALIZADO)	3552	0.86
					TOTAL EN JORNALES	40.71

NOTA: LOS RENDIMIENTOS DE LA MANO DE OBRA, SON LOS TEÓRICOS BASADOS EN LA EXPERIENCIA Y CONDICIONES DE LA ZONA DEL ESTADO DE PUEBLA.

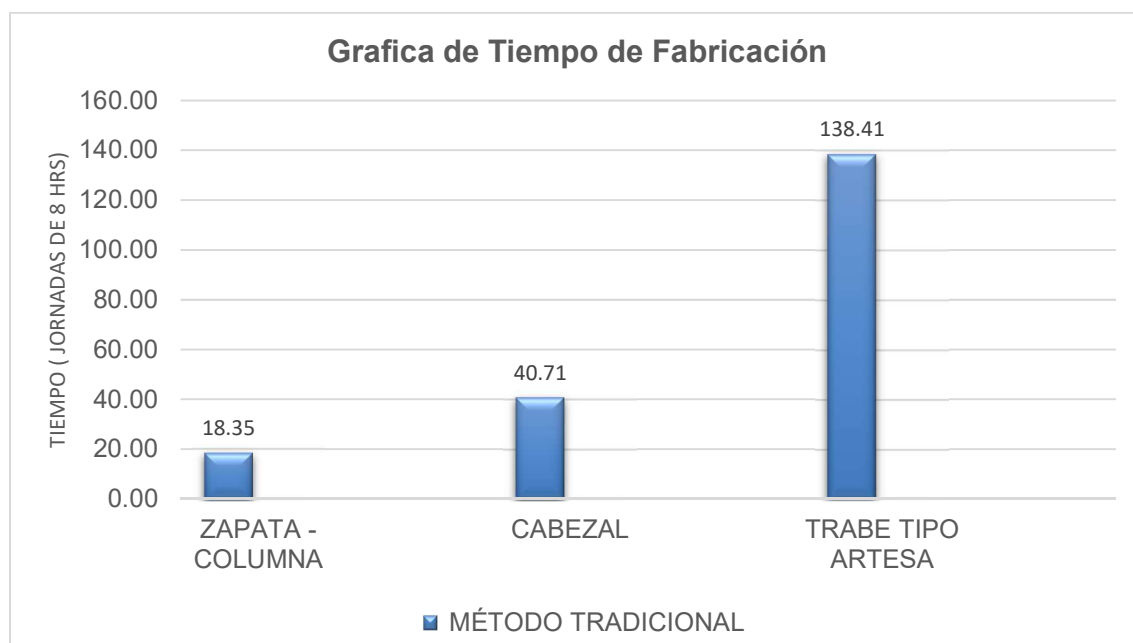
Tabla No. 3 Tiempo de fabricación de Cabezal (Fuente: Autoría propia)

CLAVE	DESCRIPCIÓN DEL CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	MANO DE OBRA	RENDIMIENTO (jornada de 8 hr)	TIEMPO (jornales de 8 hr)
TRAZO-01	TRAZO Y NIVELACIÓN CON APARATOS ESTABLECIENDO EJES Y REFERENCIAS, INCLUYE TODOS LOS MATERIALES Y APARATOS NECESARIOS PARA EL TRAZO Y VERIFICACIÓN PREVIA DE LOS NIVELES ASI COMO LA MANO DE OBRA Y LA HERRAMIENTA NECESARIA PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS	M2	160	CUADRILLA DE TOPOGRAFÍA (1 TOPOGAFO + 1 AYUDANTE)	800	0.20
ACERO-02	HABILITADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO FY=4,200 KG/CM2 EN EN CUALQUIER DIÁMETRO, INCLUYE: HABILITADO, TRASLAPES, GANCHOS, ESCUADRAS, DESPERDICIOS, FIJACIÓN, CALZAS PARA DAR RECUBRIMIENTO REQUERIDO Y COLOCACIÓN EN MOLDE CON GRUA PORTICO DE 120 TON.	KG	14952	CUADRILLA DE FIERREROS(7 OFICIALES FIERREROS Y 7 AYUDANTES)	4200	3.56
ACPRE-01	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ACERO DE PRESFUERZO FPU= 19,000 KG/CM2, 8 TORONES T15 (5/8) EN COLUMNA.	KG	3069	CUADRILLA (1 OFICIAL FIERRERO + 2 AYUDANTES)	1600	1.92
ANDAM	HABILITADO Y ARMADO DE ANDAMIAJE A BASE DE ESTRUCTURA METÁLICA REFORZADA PREVIO AL DISEÑO ESTRUCTURAL.	PZA	320	CUADRILLA DE COLADO (7 OFICIALES HERREROS + 7 AYUDANTES)	14	22.86
CIM-02	CIMBRA ACABADO APARENTE EN ESTRUCTURA INCLUYE: HABILITADO, CIMBRADO Y DESCIMBRADO., ELEVACIÓN HASTA UNA ALTURA DE 10 M CON APOYO DE GRUA.	M2	737.33	CUADRILLA DE CARPINTERÍA (1 OFICIAL CARPINTERO + 2 AYUDANTE)	7	105.33
CONCRET-02	CONCRETO PREMEZCLADO F'C= 500 KG/CM2 EN ESTRUCTURA, RESISTENCIA MAXIMA A 3 DÍAS (TRABE, DIAFRAGMAS Y CALZAS). INCLUYE: BOMBEO, COLADO, VIBRADO, CURADO, PRUEBAS Y DESPERDICIOS.	M3	103.10	CUADRILLA (1 OFICIAL ALBAÑIL + 5 AYUDANTES)	45	2.29
TUBE-01	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE TUBERÍA DE PLASTICO DE 1 1/2" DE DIÁMETRO PARA DRENES.	M	2.70	CUADRILLA (1 OFICIAL FIERRERO + 1 AYUDANTE)	150	0.02
DUCTO-03	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE DUCTO ENGARGOLADO DE 4" DE DIÁMETRO PARA ALOJAR CABLE EN DIAGRAMAS.	M	9.70	CUADRILLA (1 OFICIAL FIERRERO + 2 AYUDANTES)	200	0.05
DUCTO-04	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE DUCTO ENGARGOLADO DE 2 1/2" DE DIÁMETRO PARA ALOJAR CABLE EN DIAGRAMAS.	M	9.00	CUADRILLA (1 OFICIAL FIERRERO + 2 AYUDANTES)	200	0.05
TUBE-02	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE TUBERÍA DE PLASTICO PARA ALOJAR TORONES DE 3/4" DE DIÁMETRO.	M	1782.30	CUADRILLA (1 OFICIAL FIERRERO + 5 AYUDANTES)	1400	1.27
TENSADO	TENSADO DE ACERO DE PRESFUERZO DE FPU= 19,000 KG/CM2, TORONES T15 (5/8)	KG	3069	CUADRILLA DE TENSADO (1 AYUDANTE ESPECIALIZADO)	3552	0.86
TOTAL EN JORNALES						138.41

NOTA: LOS RENDIMIENTOS DE LA MANO DE OBRA, SON LOS TERÓRICOS BASADOS EN LA EXPERIENCIA Y CONDICIONES DE LA ZONA DEL ESTADO DE PUEBLA.

Tabla No. 4 Tiempo de fabricación de Trabe (Fuente: Autoría propia)

A continuación, se representa gráficamente, el tiempo de ejecución con el método “in situ”:



Grafica No. 1. Grafica de Tiempo de fabricación Método tradicional (Fuente: Autoría propia)

Una vez conocido el tiempo que llevará la fabricación de los elementos, podemos analizar y exponer las condiciones a las que estará sujeto el tiempo para la realización de cada actividad:

- Dependerá de la cantidad y/o volumen a ejecutar y el rendimiento de la mano de obra que se vaya a emplear en cada actividad.
- Estará sujeta a las inclemencias del clima o a cualquier evento de caso fortuito o fuerza mayor, desastres naturales, etc.
- Dependerá del Suministro de los Materiales e insumos.
- Dependerá de la complejidad de los trabajos y las condiciones del lugar.

Por lo anterior se determina que los tiempos de ejecución para el método “in situ” son variables y que requieren de un control de la mano de obra, ya que suele haber

demasiado personal en el sitio donde se desarrollan los trabajos, esto pensado a que mientras mayor número, habrá un mayor avance. Lo que implica un aumento en el costo.

Costo de fabricación

Para saber el costo de fabricación de cada uno de los elementos, se determinará solamente el costo directo, dado que no se cuentan con los datos requeridos para determinar el sobre costo, quedando sujeto a las condiciones en las que la empresa ejecutora los realice dado que es una concesión y no se tiene acceso a dichos datos.

Se realizará con apoyo del software NEODATA, el análisis de precio unitario por cada actividad, donde obtendremos: el presupuesto a costo directo por cada uno de los elementos, utilizando los rendimientos y costo de la mano de obra y materiales empleados en el análisis, cabe mencionar que el costo de los insumos está considerado al mes de junio 2016, acorde a lo establecido para la zona en la que se desarrollan las actividades, en este caso la zona conurbada de la ciudad de Puebla.
(Ver anexo 8. Tarjetas de Análisis de Precios unitarios)

Derivado del análisis de precios unitarios a costo directo de los conceptos de trabajo para la ejecución del método “in situ” para cada uno de los elementos, a continuación, se especifican en las siguientes tablas:

Código	Descripción completa	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe
TRAZO-01	TRAZO Y NIVELACIÓN CON APARATOS ESTABLECIENDO EJERS DE REFERENCIAS, INCLUYE: TODOS LOS MATERIALES Y APARATOS NECESARIOS PARA EL TRAZO Y VERIFICACIÓN PREVIA DE LOS NIVELES ASI COMO LA MANO DE OBRA Y LA HERRAMIENTA NECESARIA PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.	M2	4.84	\$ 3.43	\$ 16.60
ACERO-01	HABILITADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO FY=4,200 KG/CM2 EN CIMENTACIÓN EN CUALQUIER DIÁMETRO, INCLUYE: TRASLAPES, GANCHOS, ESCUADRAS Y DESPERDICIOS	KG	25064	\$ 14.94	\$ 374,456.16
CIM-01	CIMBRA COMÚN EN ZAPATAS DE CIMENTACIÓN, INCLUYE: HABILITADO, CIMBRADO Y DESCIMBRADO.	M2	17.6	\$ 242.22	\$ 4,263.07
CIM-02	CIMBRA ACABADO APARENTE EN ESTRCUTURA, INCLUYE: HABILITADO, CORTES, DESPERDICIOS, CIMBRADO Y DESCIMBRADO.	M2	20.16	\$ 300.66	\$ 6,061.31
CONCRET-01	CONCRETO PREMEZCLADO F´C= 400 KG/CM2 EN CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA RESISTENCIA MAXIMA A 3 DÍAS, INCLUYE: BOMBEO, COLADO, VIBRADO, CURADO, PRUEBAS Y DESPERDICIOS.	M3	56.3	\$ 2,500.98	\$ 140,805.17
ACPRE-01	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ACERO DE PRESFUERZO FPU= 19,000 KG/CM2, 8 TORONES T15 (5/8) EN COLUMNA	KG	74.8	\$ 56.72	\$ 4,242.66
POLIEST	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ALIGERANTE A BASE DE POLIESTIRENO DE ALTA DENSIDAD	M3	11.76	\$ 509.79	\$ 5,995.13
TUBOPVC	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE TUBO DE PVC RD 26 DE 8"	M	8.5	\$ 88.59	\$ 753.02
TENSADO	TENSADO DE ACERO DE PRESFUERZO DE FPU= 19,000 KG/CM2, TORONES T15 (5/8)	KG	7127.00	\$ 0.27	\$ 1,924.29
TOTAL ZAPATA-COLUMNA					\$ 538,517.41

Tabla No. 5. Costo de fabricación de Zapata – columna (Fuente: Autoría propia)

Código	Descripción completa	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe
TRAZO-01	TRAZO Y NIVELACIÓN CON APARATOS ESTABLECIENDO EJERS DE REFERENCIAS, INCLUYE: TODOS LOS MATERIALES Y APARATOS NECESARIOS PARA EL TRAZO Y VERIFICACIÓN PREVIA DE LOS NIVELES ASI COMO LA MANO DE OBRA Y LA HERRAMIENTA NECESARIA PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.	M2	30.8	\$ 3.43	\$ 105.64
ACERO-02	HABILITADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO FY=4,200 KG/CM2 EN CUALQUIER DIÁMETRO. INCLUYE: HABILITADO, TRASLAPES, GANCHOS, ESCUADRAS, DESPERDICIOS, FIJACIÓN, CALZAS PARA DAR RECUBRIMIENTO REQUERIDO Y COLOCACIÓN EN EL MOLDE CON GRUA POTICO DE 120 TN.	KG	12710	\$ 14.94	\$ 189,887.40
ACPRE-01	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ACERO DE PRESFUERZO FPU= 19,000 KG/CM2, 8 TORONES T15 (5/8) EN COLUMNA	KG	3046	\$ 56.72	\$ 172,769.12
ANDAM	HABILITADO Y ARMADO DE ANDAMIAJE A BASE DE ESTRUCTURA METÁLICA REFORZADA PREVIO DISEÑO ESTRUCTURAL.	PZA	24	\$ 370.71	\$ 8,897.04
CIM-02	CIMBRA ACABADO APARENTE EN ESTRCUTURA, INCLUYE: HABILITADO, CORTES, DESPERDICIOS, CIMBRADO Y DESCIMBRADO.	M2	73.72	\$ 300.66	\$ 22,164.66
CONCRET-01	CONCRETO PREMEZCLADO F'C= 400 KG/CM2 EN CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA RESISTENCIA MAXIMA A 3 DÍAS, INCLUYE: BOMBEO, COLADO, VIBRADO, CURADO, PRUEBAS Y DESPERDICIOS.	M3	73.20	\$ 2,500.98	\$ 183,071.74
DUCTO-01	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE DUCTO DE 10" DE DIÁMETRO DE ACERO AL CARBÓN PARA DRENAJE.	M	2.50	\$ 86.84	\$ 217.10
DUCTO-02	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE DUCTO DE ESTAÑO, DE 10" DE DIÁMETRO PARA TENDONES PARA CUALQUIER ACERO DE PRESFUERZO.	M	303.40	\$ 71.33	\$ 21,641.52
TENSADO	TENSADO DE ACERO DE PRESFUERZO DE FPU= 19,000 KG/CM2, TORONES T15 (5/8)	KG	7127	\$ 0.27	\$ 1,924.29
TROMPETA	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE TROMPETA PARA ALOJAR TORONES DE PRESFUERZO	PZA	14	\$ 4,030.38	\$ 56,425.32
TOTAL CABEZAL					\$ 657,103.83

Tabla No. 6. Costo de fabricación de Cabezal (Fuente: Autoría propia)

Código	Descripción completa	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe
TRAZO-01	TRAZO Y NIVELACIÓN CON APARATOS ESTABLECIENDO EJERS DE REFERENCIAS, INCLUYE: TODOS LOS MATERIALES Y APARATOS NECESARIOS PARA EL TRAZO Y VERIFICACIÓN PREVIA DE LOS NIVELES ASI COMO LA MANO DE OBRA Y LA HERRAMIENTA NECESARIA PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.	M2	160	\$ 3.43	\$ 548.80
ACERO-02	HABILITADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO FY=4,200 KG/CM2 EN CUALQUIER DIÁMETRO. INCLUYE: HABILITADO, TRASLAPES, GANCHOS, ESCUADRAS, DESPERDICIOS, FIJACIÓN, CALZAS PARA DAR RECUBRIMIENTO REQUERIDO Y COLOCACIÓN EN EL MOLDE CON GRUA POTICO DE 120 TN.	KG	14952	\$ 14.94	\$ 223,382.88
ACPRE-01	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ACERO DE PRESFUERZO FPU= 19,000 KG/CM2, 8 TORONES T15 (5/8) EN COLUMNA	KG	7127	\$ 56.72	\$ 404,243.44
ANDAM	HABILITADO Y ARMADO DE ANDAMIAJE A BASE DE ESTRUCTURA METÁLICA REFORZADA PREVIO DISEÑO ESTRUCTURAL.	PZA	320	\$ 370.71	\$ 118,627.20
CIM-02	CIMBRA ACABADO APARENTE EN ESTRCUTURA, INCLUYE: HABILITADO, CORTES, DESPERDICIOS, CIMBRADO Y DESCIMBRADO.	M2	642.54	\$ 300.66	\$ 193,186.08
CONCRET-02	CONCRETO PREMEZCLADO F'C=500 KG/CM2 EN ESTRCUTURA, RESISTENCIA MÁXIMA A 3 DÍAS (TRABE, DIAFRAGMAS Y CALZAS), INCLUYE: BOMBEO, COLADO, VIBRADO, CURADO, PRUEBAS Y DESPERDICIOS.	M3	103.10	\$ 2,812.76	\$ 289,995.56
TUBE-01	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE TUBERÍA DE PLASTICO DE 1 1/2" DE DIÁMETRO PARA DRENES.	M	2.70	\$ 9.76	\$ 26.35
DUCTO-03	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE DUCTO ENGARGOLADO DE 4" DE DIÁMETRO PARA ALOJAR CABLE EN DIAFRAGMAS.	M	9.70	\$ 85.47	\$ 829.06
DUCTO-04	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE DUCTO ENGARGOLADO DE 2 1/2" DE DIÁMETRO PARA ALOJAR CABLE EN DIAFRAGMAS.	M	9.00	\$ 70.47	\$ 634.23
TUBE-02	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE TUBERÍA DE PLASTICO PARA ALOJAR TORONES DE 3/4" DE DIÁMETRO.	M	1782.30	\$ 8.43	\$ 15,024.79
TENSADO	TENSADO DE ACERO DE PRESFUERZO DE FPU= 19,000 KG/CM2, TORONES T15 (5/8)	KG	7127	\$ 0.27	\$ 1,924.29
TOTAL VIGA TIPO ARTESA					\$ 1,248,422.68

Tabla No. 7. Costo de fabricación de Trabe (Fuente: Autoría propia)

Derivado del análisis del costo de fabricación de los elementos “in situ”, se resume lo siguiente:

- El costo de fabricación de la zapata-columna es de: \$ 538,517.41 (Quinientos treinta y ocho mil quinientos diecisiete pesos 41/100 m.n.)
- El costo de fabricación del cabezal es de: \$657,103.83 (Seiscientos cincuenta y siete mil ciento tres pesos 83/100 m.n.)
- El costo de la fabricación de la trabe es de: \$1,248,422.68 (Un millón doscientos cuarenta y ocho mil cuatrocientos veintidós pesos 68/100 m.n.)

De los conceptos que conforman el presupuesto se observan los importes de las actividades que impactan en el costo de fabricación; tomemos en cuenta específicamente el concepto del cimbrado en los tres elementos.

Se tienen los siguientes costos de la cimbra en cada elemento:

- Zapata: \$242.22 por metro cuadrado
- Columna: \$300.66 por metro cuadrado
- Cabezal: \$300.66 por metro cuadrado
- Trabe: \$300.66 por metro cuadrado

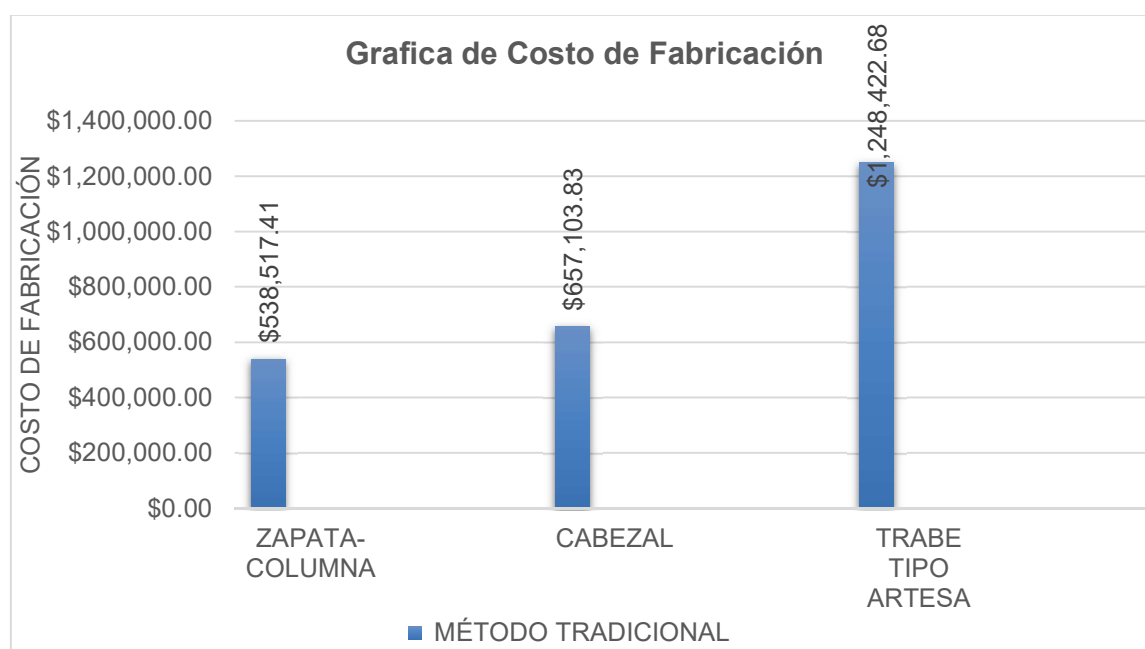
Para efectos de análisis de costo, consideremos algunos aspectos importantes sobre el concepto del cimbrado.

La cimbra conforme se le va dando uso, va perdiendo características esenciales como son: geometría y el acabado que esta le da al elemento de concreto.

En la práctica a la cimbra utilizada para dar el acabado aparente a los elementos de concreto en cualquier tipo de obra, en la industria de la construcción se le consideran comúnmente 4 usos; cabe mencionar que esto depende también del manejo y cuidado que se le dé a la cimbra, tal motivo conlleva a la adquisición continua de cimbra nueva para lograr el acabo requerido, lo cual indudablemente genera un aumento en costo de adquisición de madera para cimbra; para el caso del viaducto elevado el requerimiento de las cantidades de cimbra son altas ya que

requiere de una gran cantidad de fabricación de elementos de concreto con acabado aparente de acuerdo con especificaciones de calidad en su proceso constructivo. Asimismo, cabe mencionar que, para el caso de la trabe y el cabezal, se requiere de una obra falsa a base de estructura o andamios metálicos para llevar a cabo las maniobras debido a la altura, la cual no analizaremos pero que se considera como parte del cimbrado, lo que incrementará el costo de fabricación tanto en cantidad de mano de obra, andamiaje y madera para el habilitado de la cimbra.

A continuación, se representa gráficamente el costo de fabricación de los elementos “in situ”:



Grafica No. 2. Grafica de Costo de fabricación Método tradicional (Fuente: Autoría propia)

3 CAPITULO SEGUNDO. ESPECIFICACIONES Y CONTROL DE CALIDAD

3.1 Geometría de los elementos

3.1.1 Subestructura

Zapata Tipo

La superestructura está conformada por losa maciza de concreto reforzado, la cual se apoya sobre trabe tipo artesa; estos elementos se apoyan sobre cabezal y luego sobre columna de sección variable en un sentido y constante en el otro. Dicha columna se apoya sobre una zapata de concreto reforzado en la cual se alojan 4 pilas de cimentación de sección circular de 100 cm de diámetro.

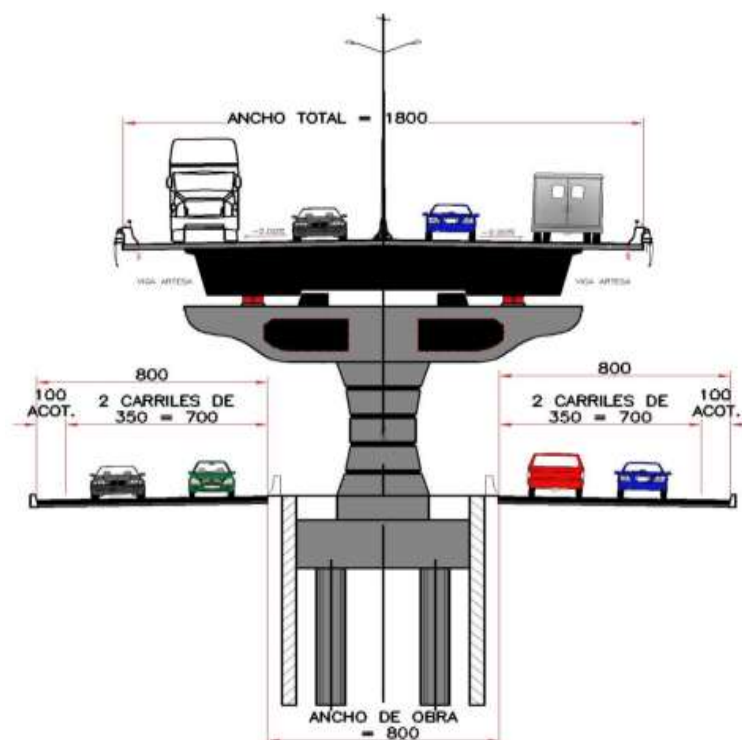


Figura 19. Elevación de zapata tipo (Fuente: Especificaciones generales del proyecto)

En la fig. 20, se muestra la geometría de la zapata.

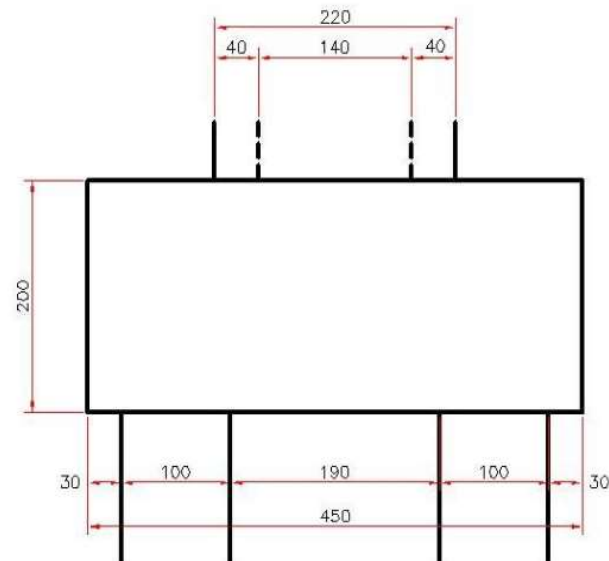


Figura 20. Geometría de zapata tipo (Fuente: Especificaciones generales del proyecto)

En la fig. 21, se muestra en planta la geometría de la zapata que se utilizará para la distribución de las fuerzas al suelo. Dicha zapata alojará 4 pilas de cimentación, de 1.0m de diámetro, distribuida simétricamente.

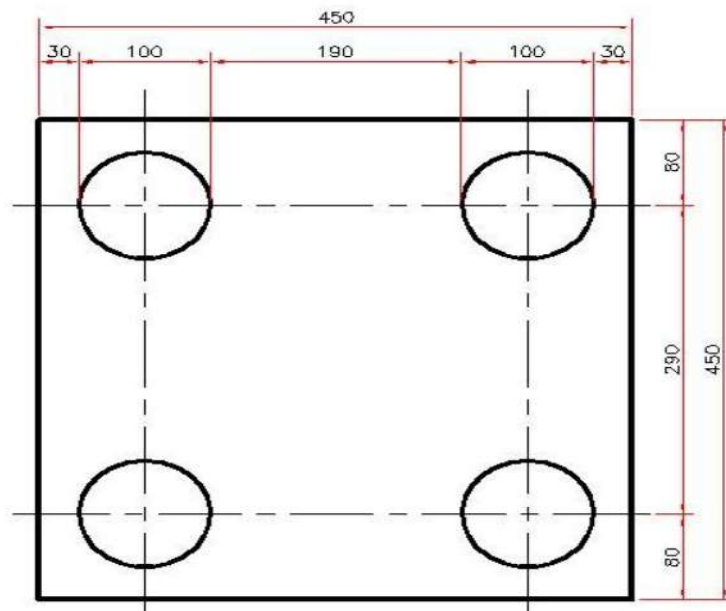


Figura 21. Planta de zapata tipo (Fuente: Especificaciones generales del proyecto)

En las figs. 22 y 23, se muestra la geometría de la zapata.

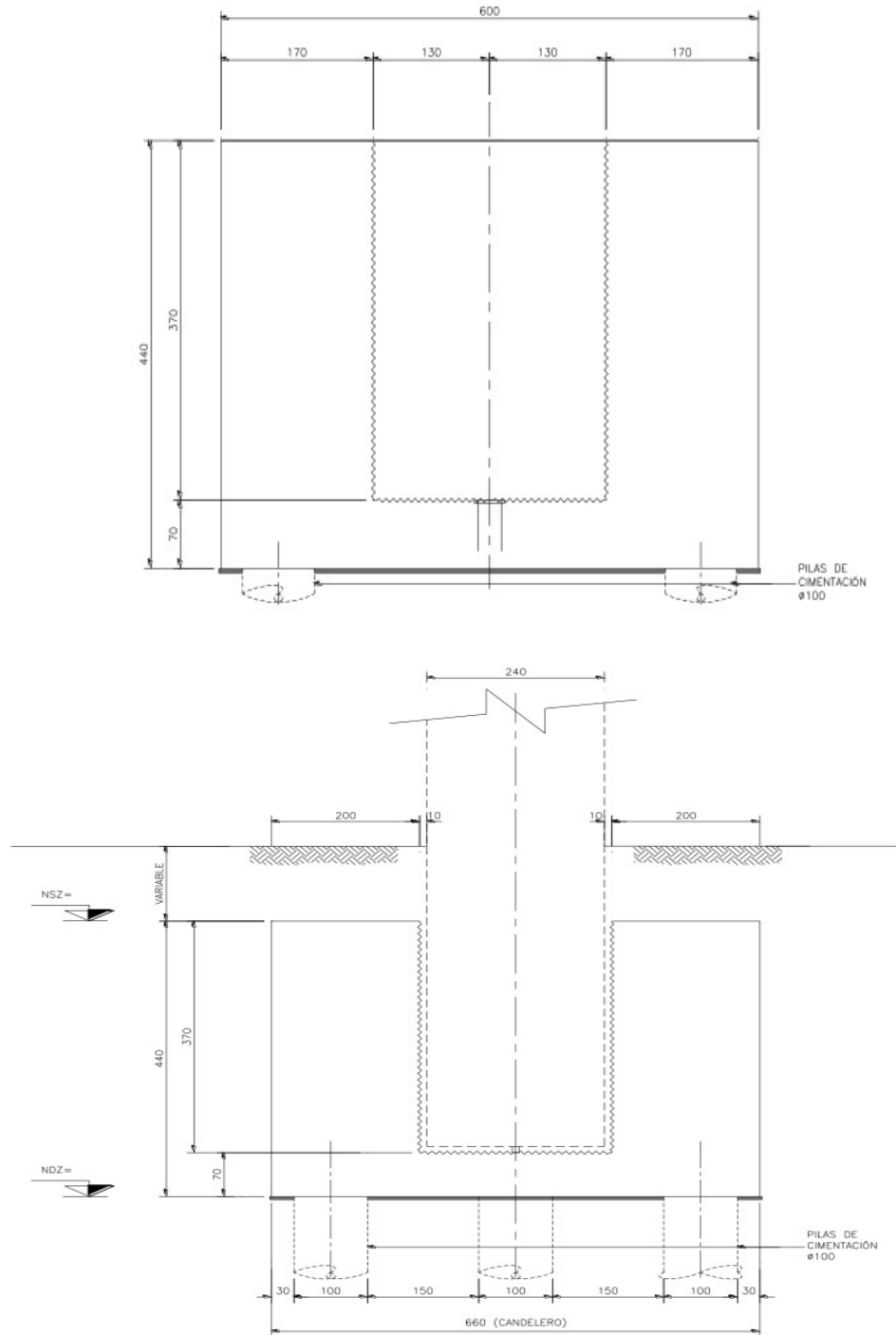


Figura 22 y 23. Geometría y Elevaciones de Candelero (Fuente: Especificaciones generales del proyecto)

En la fig. 24, se muestra en planta del candelero tipo. Dicho candelero alojará 6 pilas de cimentación, de 1.0m de diámetro, distribuida simétricamente.

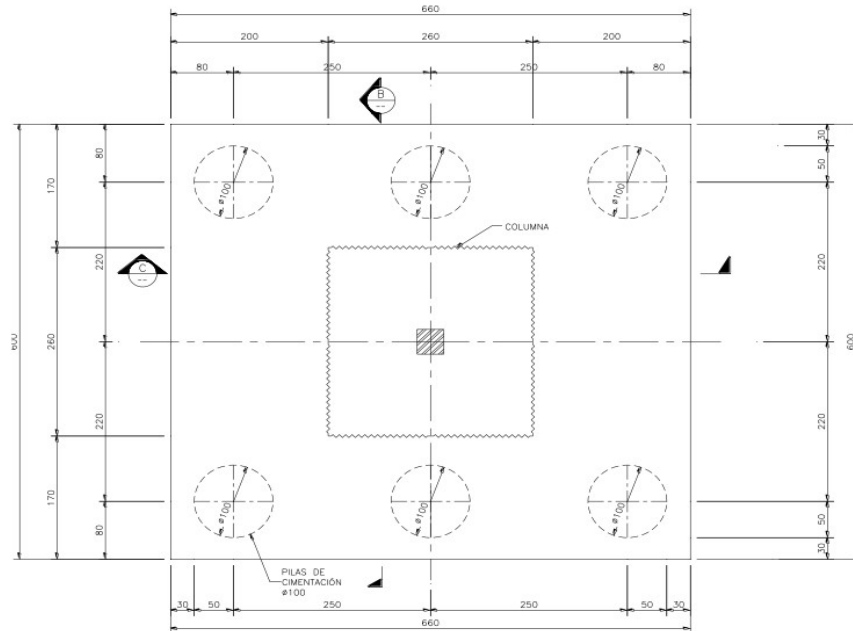


Figura 24. Planta de candelero tipo. (Fuente: Especificaciones generales del proyecto)

Columna

La columna que se considera en la construcción del viaducto es tipo cajón de dimensiones variables, las cuales van desde 3.175 m a 2.20 m constantes en sentido ortogonal, con espesores variables de 0.888 m a 0.40 m en un sentido longitudinal y de 0.40 m constantes en sentido transversal.

Las alturas de las columnas varían entre los 5 m y 8.5 m, respetando como sección máxima 3.175 m por 2.20 m y como sección mínima 2.20 m por 2.20 m.

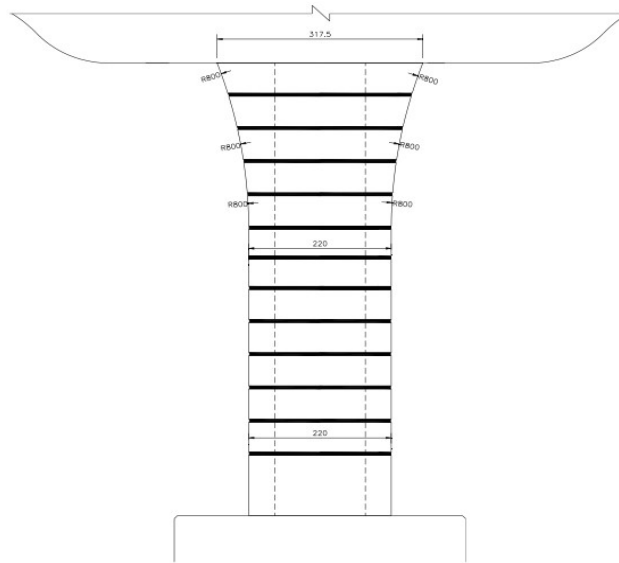


Figura 25. Geometría de columnas del Viaducto Elevado (Fuente: Especificaciones generales del proyecto)

Columna sección inferior

Tiene una sección transversal de 2.20 m por 2.20 m, con espesores de muro de 0.40 m.

Columna sección central

La columna conserva la misma geometría de la sección inferior.

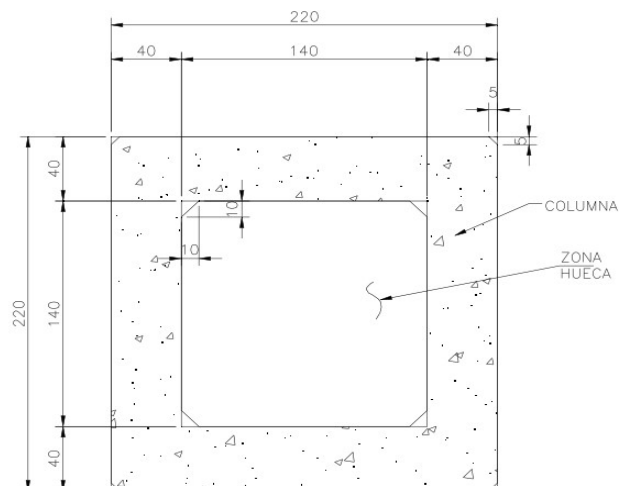


Figura 26. Geometría de sección inferior y central de columna (Fuente: Especificaciones generales del proyecto)

Columna sección superior

Esta es la máxima sección transversal posible de la columna. Sus dimensiones son 3.175 m por 2.20 m, con espesores de muro de 0.4 m en un sentido y de 0.888 m en la otra dirección.

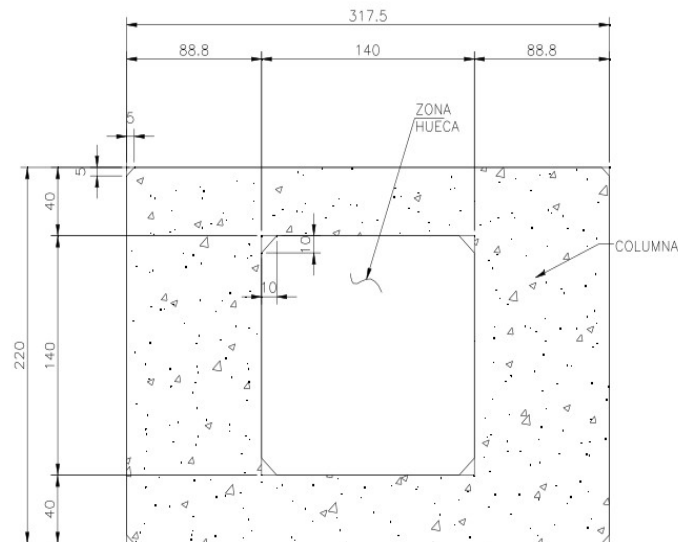


Figura 27. Geometría de sección superior de columna (Fuente: Especificaciones generales del proyecto)

Conexión columna-cabecal

Tiene una sección transversal que permite el paso del refuerzo al cabecal y que garantiza la correcta transferencia de acero de la columna. Tiene una sección de 2.20 m en una dirección, muros de 0.40 m en ambas direcciones ortogonales.

El ajuste entre columna y cabecal será de la siguiente forma:

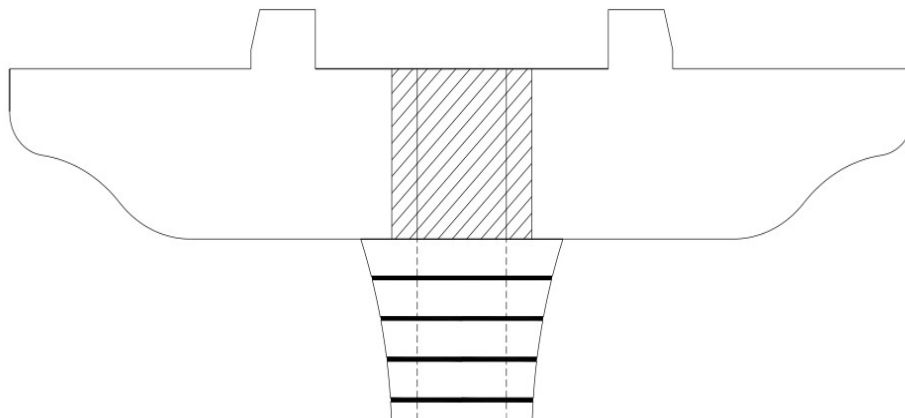
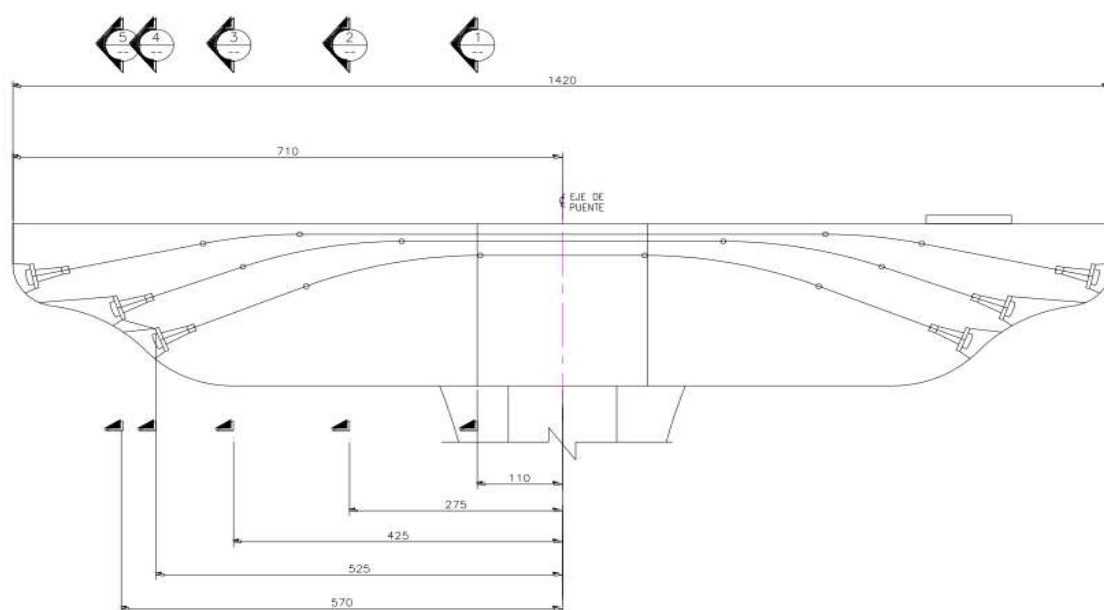


Figura 28. Geometría de conexión columna – cabezal (Fuente: Especificaciones generales del proyecto)

3.1.2 Superestructura

Cabezal

Los cabezales que se consideran en la construcción del viaducto a lo largo de todo el tramo se clasifican en tipo I, II, III, IV, V, VI y VII, de acuerdo a su longitud, ya que cada uno de estos fue diseñado para cada tramo en específico, a continuación, se presenta la sección tipo:



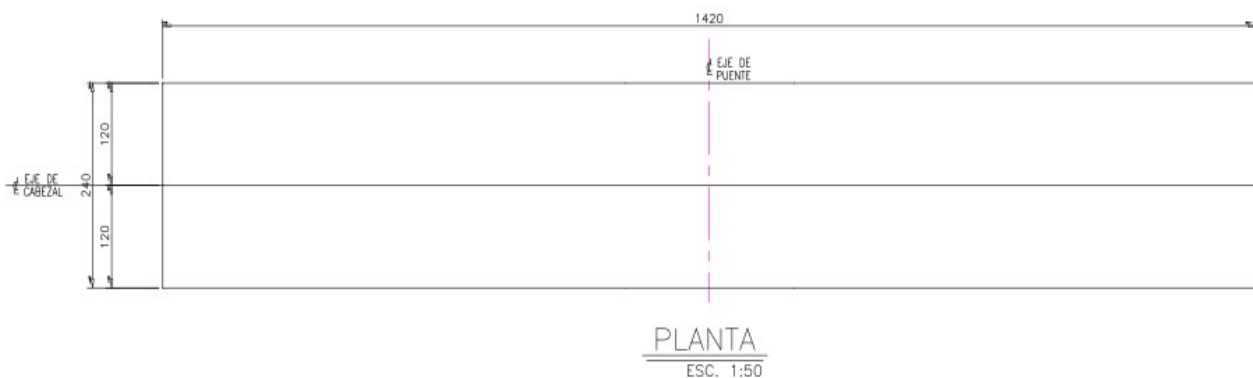


Figura 29 y 30. Cortes de la sección de Cabezal (Fuente: Especificaciones generales del proyecto)

Trabes

Las trabes tipo que se consideran en la construcción del viaducto se clasifican de acuerdo a su longitud, siendo estas las siguientes:

- a) Trabe de 40 m, entre eje de pilas; 39.90 m de longitud total y entre apoyos 39.00 m.

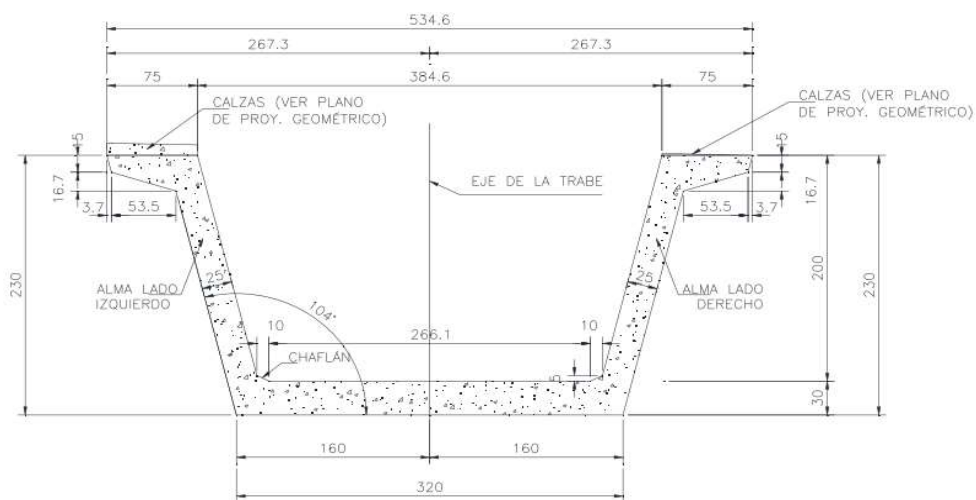


Figura 31. Sección Transversal tipo de trabe de 40 m (Fuente: Especificaciones generales del proyecto)

Trabes tipo de 32 m, entre eje de pilas; 31.90 m de longitud total y entre apoyos 30.75 m.

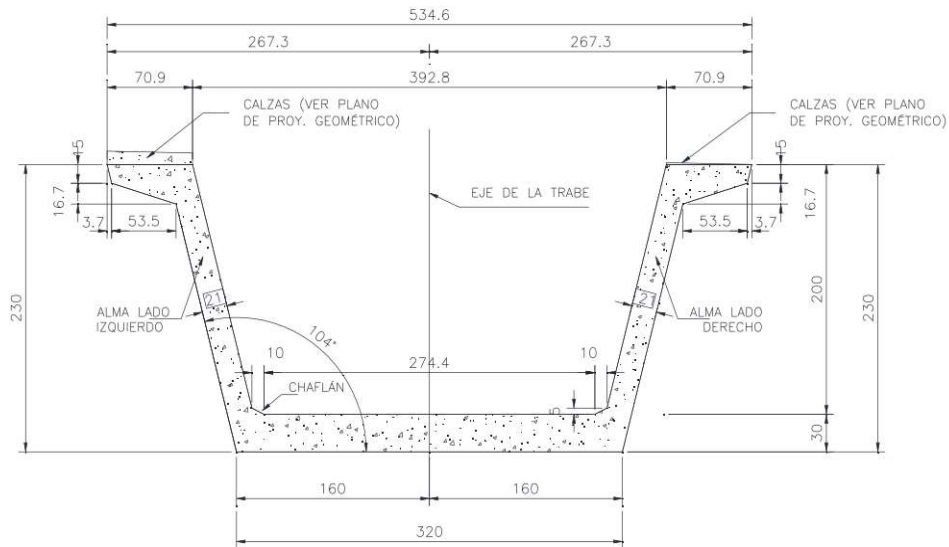


Figura 32. Sección Transversal tipo de trabe de 32 m (Fuente: Especificaciones generales del proyecto)

b) Trabes tipo en ramas (0,10, 20, 30, 40 y 50) de 40 m, entre eje de pilas; 39.90 m de longitud total y entre apoyos 39 m.

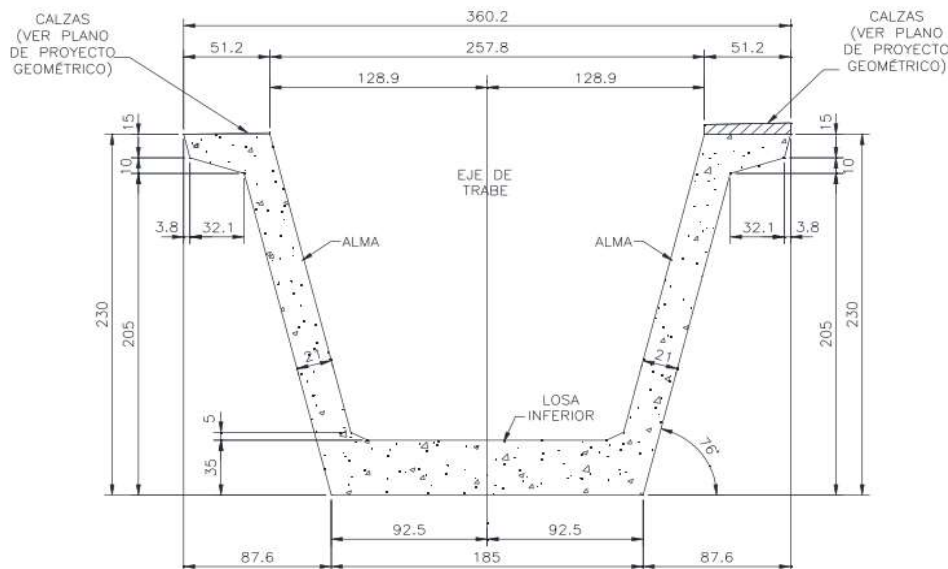


Figura 33. Sección Transversal tipo de trabe de 40 m (Fuente: Especificaciones generales del proyecto)

- c) Trabes tipo en ramas (0,10, 20, 30, 40 y 50) de 31.90 m, entre eje de pilas; 31 m de longitud total y entre apoyos 39 m.

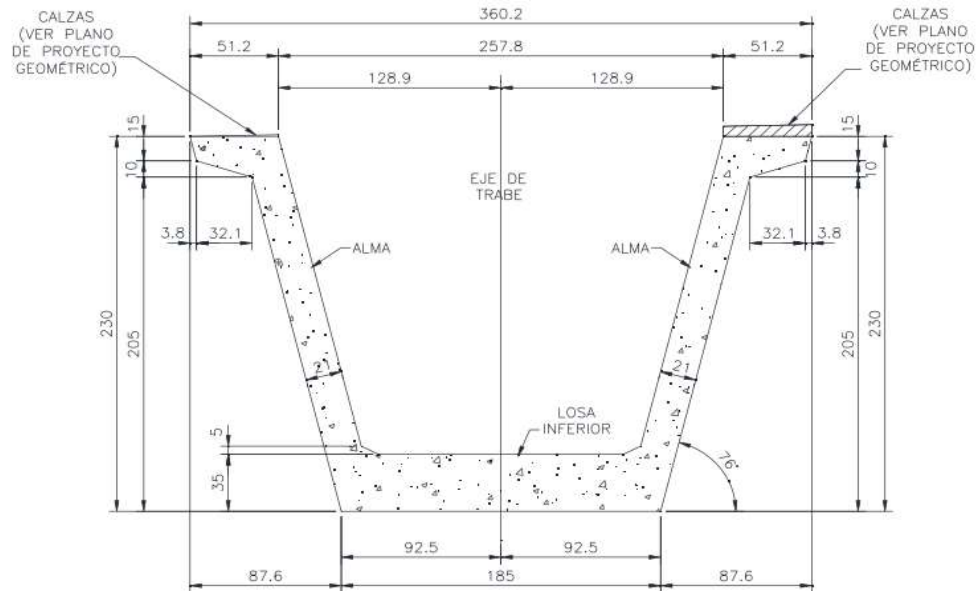


Figura 34. Sección Transversal tipo de trabe de 31.90 m (ramas 0,10,20,30,40 y 50). (Fuente: Especificaciones generales del proyecto)

Para las trabes en zonas curvas aplican la misma geometría e los incisos “a” hasta “d”, la única diferencia son las alturas de las calzas.

3.2 Especificaciones del Proyecto

3.2.1 Especificaciones Generales

Las especificaciones aplicables para el proyecto serán las que rige la última edición de las Normas para Construcción e Instalación de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, en particular los siguientes capítulos:

- Ejecución de Obras ----- N-LEG-3
- Concreto Hidráulico ----- N-CTR-CAR-1-02-003
- Acero para Concreto Hidráulico ----- N-CTR-CAR-1-02-004
- Estructuras de Concreto Reforzado -- N-CTR-CAR-1-02-006
- Estructuras de Concreto Presforzado- N-CTR-CAR-1-02-007

Todos los materiales que forman parte integral de la obra, deberán ser aceptados por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, cumpliendo con los apartados de las Normas Vigentes siguientes:

- Calidad de cemento portland -- N-CMT-2-02-001/02 TIPO I,II,III, O IV
- Calidad de agregados pétreos para concreto hidráulico -- N-CMT-2-02-001/03.
- Calidad del agua para concreto hidráulico ---- N-CMT-2-02-001/03-02
- Acero de Refuerzo para concreto hidráulico --- N-CMT-2-03-001 TIPO A, B, O C, corrugado de grado duro con L.E.= 4200 kg/cm², L.R.=6000 kg/cm² con alargamiento medido en 20 cm de 8% como mínimo.
- Acero Estructural ----- N-CMT-2-03-003
- Acero de Presfuerzo ----- N-CMT-2-03-002

3.2.2 Especificaciones Complementarias

Se aplican directamente al proyecto: En todo caso se limita al contratista. No podrá hacer modificaciones al proyecto ni a las recomendaciones de la construcción indicadas en el mismo, sin la autorización expresa de la supervisión.

Durante las etapas o fases constructivas contempladas para el proyecto definitivo podrán ser modificadas en su secuencia de ejecución y podrán implementarse varias de ellas simultáneamente, previa aprobación de la supervisión.

3.2.3 Especificaciones Particulares

Son las que aplican directo para este tipo de obra y se han considerado para el Viaducto Elevado.

3.3 Control de calidad

Es de suma importancia tomar en cuenta el Control Total de Calidad que es un conjunto de esfuerzos efectivos, de diferentes grupos de una organización del desarrollo, del mantenimiento y de la superación de la calidad de un producto, con

el fin de hacer posibles la fabricación y servicio, a satisfacción del consumidor y al nivel más económico.

Lo anterior está sujeto a dos condiciones del consumidor:

- El uso a que el producto se destina
- Su precio de venta

A su vez estas condiciones se reflejan:

- Las especificaciones dimensionales y operativas de las características
- Condiciones bajo las cuales es fabricado el producto
- La vida y los objetivos de la confiabilidad
- Los costos de ingeniería y de fabricación
- Objetivos de instalación y mantenimiento

Llevar el control de calidad es emplear el control de calidad como base, el control de calidad integral de costos, precios y utilidades, controlar la cantidad (volumen de producción, venta y existencias) así como fechas de entrega.

La importancia del control de calidad total de calidad, se debe a conforme ha transcurrido el tiempo la humanidad se ha dado cuenta que no se puede explotar a la naturaleza sin medida y sin provocar desequilibrios ecológicos, como consecuencia se dio una concientización de la humanidad, la cual ha respondido tratando de mejorar sistemas de producción, para que estos tengan un desperdicio mínimo, que a su vez genera que la naturaleza sea explotada con un control mucho más estricto y con volúmenes razonables. Se ha creado conciencia de la racionalización de los materiales, que es uno de los principios del sistema prefabricado.

3.3.1 Calidad de los Materiales

Concreto

Debido a la localización geográfica y sísmica del Viaducto, se deberán suministrar concretos de alta resistencia, teniendo para cada elemento las siguientes resistencias y pesos volumétricos:

- Concreto para Subestructura: $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$
- Concreto para Pilas de Cimentación: $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$
- Concreto para Cabezales: $f'c = 500 \text{ kg/cm}^2$
- Concreto para Caballetes y Losas: $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$
- Concreto para guarniciones: $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$
- Concreto para Trabes tipo Artesa: $f'c = 500 \text{ y } 600 \text{ kg/cm}^2$

Peso volumétrico del concreto reforzado: 2.4 ton/m

Peso volumétrico del concreto presforzado: 2.5 ton/m

Peso volumétrico del concreto sin refuerzo: 2.1 ton/m

Acero de refuerzo

Para el acero de refuerzo, se considera un esfuerzo de fluencia $f_y = 42,000 \text{ tn/m}^2$ y un peso volumétrico: 7.85 ton/m^3 .

Los Recubrimientos mínimos para el Acero de Refuerzo principal ya sea convencional o de presfuerzo, para protección del acero ante la corrosión se considerarán los siguientes:

- Concreto Colado en sitio y expuesto a la reacción del suelo en forma permanente: 3" (7.6cm)
- Concreto Expuesto a suelo o ambiente:
 - ‡ Refuerzo Principal 2" (5cm)
 - ‡ Estribos, Hélices o ganchos 1 ½" (4cm)
- Losas de Concreto en climas suaves:
 - ‡ Refuerzo Superior 2" (5cm)
 - ‡ Refuerzo Inferior 1" (2.5cm)
- Losas de Concreto expuestos a climas salitres:
 - ‡ Refuerzo Superior 2 ½" (6cm)
 - ‡ Refuerzo Inferior 1" (2.5cm)
- Concreto no expuesto a suelo o ambiente:
 - ‡ Refuerzo Principal 1 ½" (4cm)
 - ‡ Estribos, Hélices o ganchos 1" (2.5cm)
- Pilas de Concreto coladas en sitio y/o expuestas a la reacción del suelo en forma permanente 2" (5cm)
- Acero de Refuerzo o Presfuerzo Principal 1 ½" (4cm)
- Lecho Superior de Losa 1 ½" (4cm) – 2" (5cm)
- Lecho Inferior de Losa 1" (2.5cm)

Para anclajes en concreto postensado se recomienda que los recubrimientos, así como el espaciamiento de todo el acero de refuerzo sea de al menos 2" (5cm) para puentes expuestos a todo tipo de agentes externos sean o no abrasivos.

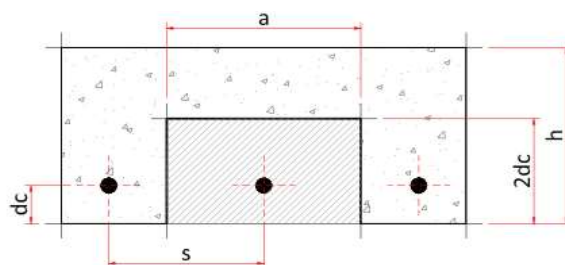


Figura 35. Separación de anclajes (Fuente: Especificaciones generales del proyecto)

Acero de presfuerzo

Los cables de presfuerzo a utilizar en los cabezales del Viaducto serán de: 19 torones T15, con una aplicación de galvanizado para evitar la corrosión del mismo.

3.3.2 Programa de puntos de inspección para el control de calidad

Para garantizar el control de calidad tanto en la ejecución de los trabajos “in situ” como el proceso de fabricación de los elementos en planta, traslado y montaje final; para este proyecto se implementará un programa de puntos de inspección (PP'I), que servirá para dejar por escrito que las actividades se han realizado correctamente conforme a especificaciones y normas de calidad a implementar particulares para este proyecto.

Los responsables de controlar las tareas conforme a los formatos destinados para este serán:

1. El Fabricante: será el responsable de la producción en planta, el cual contará con el personal especializado y adecuado para verificar que se cumpla con la calidad requerida en materiales, mano de obra, y especificaciones particulares y generales para cada uno de los elementos, controlando paso a paso su proceso de fabricación, hasta llegar a la liberación del elemento.
2. La Supervisión Externa: Estará asignada por la dependencia ejecutora por parte del Gobierno del Estado de Puebla, que será la encargada de supervisar, controlar y asegurar la calidad, procesos constructivos en el sitio donde se desarrolla la obra y de la fabricación de los elementos en planta, hasta llegar al montaje final del elemento.

Cada uno de estos formatos deberán contener las firmas de los responsables que asigne cada una de las partes responsables, los cuales serán anexos a un expediente técnico el cual servirá de respaldo para cualquier verificación o revisión futura por dependencias gubernamentales con fin de Auditorías.

3.4 Elementos Prefabricados.

Se define como elemento prefabricado de concreto al «producto hecho de concreto y fabricado de acuerdo con la norma de producto específica, en un lugar distinto de su localización final de uso, protegido de las condiciones ambientales adversas durante la fabricación y que es resultado de un proceso industrial bajo un sistema de control de producción en fábrica, con la posibilidad de acortar los plazos de entrega».

También llama la atención que hasta hace poco la palabra prefabricado no ha encontrado cabida en el Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española, refiriéndose a «aquella construcción cuyas partes esenciales se envían ya fabricadas al lugar de su emplazamiento, donde solo hay que acoplarlas y fijarlas». Saliendo fuera de las definiciones reglamentarias, podemos plantear una más práctica que recoge el libro «Prefabricado de concreto en la construcción», donde se apunta que «la prefabricación es la aplicación de ideas, comunes a cualquier industria, de racionalización de procesos productivos, búsqueda de economía y desarrollo como fruto de los mayores rendimientos alcanzables en la ejecución de trabajos más repetitivos, cuidadosamente planificados, ejecutados en entornos más favorables, con medios suficientes y por personal especializado, que disfruta de trabajos más estables».

Ese apelativo, «prefabricado», implica una división del material de construcción más universal en dos formas significativamente diferentes, aunque tratadas normalmente por igual tanto por la reglamentación como por los distintos agentes constructivos. El prefabricado suele surgir como opción cuando previamente se ha decidido que el elemento se materialice en concreto. En este contexto, existe un hándicap de partida sobre el propio término, puesto que es utilizado en muchos otros ámbitos cotidianos de una forma generalmente inadecuada. Sin embargo, el prefabricado en toda su extensión y variedad de elementos posibles, debería concebirse como la versión industrializada de la construcción en concreto.

Los elementos prefabricados son los que nos darán el beneficio de ahorro en tiempo de ejecución en la obra, y que para este proyecto son los siguientes:

Zapatas-Columnas

Cabezales

Caballetes

Trabes

- Concreto
- Acero

Prelosas

Parapetos

Barrera separadora central

Principalmente para nuestro análisis, los elementos que consideraremos son zapata-columna, cabezales y trabes, los cuales forman parte de la Subestructura y Superestructura del viaducto respectivamente.

3.5 Fabricación de elementos en planta prefabricadora

La planta donde se fabricarán los elementos se encuentra ubicada a una distancia de 900 m con respecto al eje del viaducto, como se muestra en la fig. 36.



Figura 36. Localización de Planta de Prefabricados (Fuente: imagen satelital de Google)

Está fue instalada en un terreno con una superficie de 50 has, la cual se distribuye tal como se muestra en la figura 37.

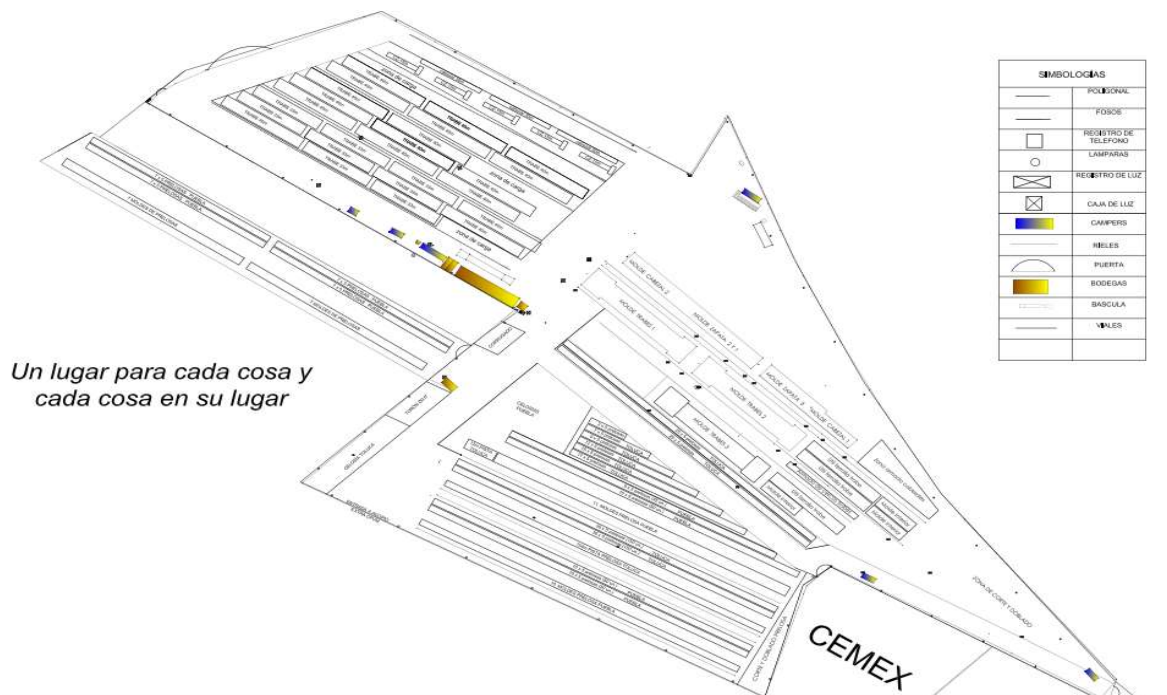


Figura 37. Distribución de planta de prefabricados (Fuente: Especificaciones generales del proyecto)

Las piezas que se fabricarán y que son objeto de nuestro análisis son:

- Zapatas-columna
- Cabezales
- Trabes tipo artesa

Así también se considera que su capacidad de producción será de:

- Zapatas-columna, 9 piezas por semana
- Cabezales, 4 piezas por semana
- Trabes tipo artesa, 11 piezas por semana.

Las actividades para el proceso de fabricación de los elementos son repetitivas pero particulares en cada caso, ya que se requieren distintos parámetros de calidad de acuerdo con el peso, dimensión y características del elemento, en este caso la zapata – columna y la trabe serán presforzados y en el caso de los cabezales serán postensados.

Para el control del proceso de fabricación de los elementos en planta, se implementarán los PP'Í s correspondientes para cada caso.

3.5.1 Subestructura

Zapata- columna

Habilitado y armado de Acero de refuerzo y presfuerzo

El habilitado del acero, se llevará a cabo en el área destinada de acuerdo a la distribución de la planta, previo a la autorización de los planos estructurales de refuerzo para cada una de las zapatas-columnas, el cual considera longitudes de desarrollo, empalmes, características del armado y distribución. Se colocarán los cables boa para izaje.

El armado de la zapata se efectuará en la zona de grúas pórtico de 120 ton, ya que posterior a ello se izará y colocará en el molde.

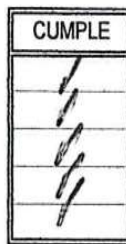


Fotografía 19. Habilitado de Acero de Refuerzo

Una vez concluido el armado el acero de refuerzo en la estructura, se procederá a liberar, por lo que el personal encargado del control de calidad del proceso de fabricación en planta, conjuntamente con la supervisión, verificará que conforme al plano estructural se hayan realizado el armado del acero de refuerzo. Revisando los puntos de inspección conforme a la siguiente tabla:

VERIFICACIÓN DE ARMADO FUERA DE MOLDE

- 1.-COMPROBACIÓN GEOMÉTRICA PLANTILLA
- 2.-REVISIÓN DE HABILITADO DE ACUERDO PLANTILLA
- 3.-ALINEAMIENTO
- 4.-SUJECIÓN DE ARMADO
- 5.-TRASLAPES



- 6.-ACCESORIOS (AC.estruc)
- 7.-CANTIDAD DE TORONES
- 8.-RECUBRIMIENTO MINIMO

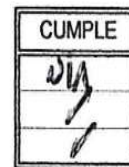


Tabla No. 8. Puntos de inspección de armado de acero de refuerzo de zapata-Columna (Fuente: Formato de puntos de inspección de calidad de obra)

Así mismo se revisará conforme a plano estructural, la cantidad, diámetro y longitudes de cada una de las varillas con las que está conformado el armado, y la cantidad de acero de presfuerzo, tal como se muestra en la siguiente tabla:

CANTIDAD DE ACERO UTILIZADO

ELEMENTO	CANTIDAD	DIÁMETRO	LONGITUD
Varillas A en zapata	60	10	651
Varillas A1 en zapata	24	10	274
Varillas A2 en zapata	8	10	511
Varillas A3 en zapata	16	10	420
Varillas B en zapata	52	8	638
Varillas B1 en Zapata	32	8	413
Varillas C en zapata	128	10	627
Varillas C1 en zapata	48	10	633
Varillas C2 en Zapata	64	6	624
Varillas D en Zapata	56	4	686
Varillas D1 en Zapata	16	4	738
Varillas D2 en Zapata	48	4	590
Varillas E en Zapata	4	5	4147
Varillas E1 en Zapata	32	3	190
Varillas E2 en Zapata	28	4	434
Varillas E3 en Zapata	48	4	54
Varillas E4 en Zapata	1	4	716

ELEMENTO	CANTIDAD	DIÁMETRO	LONGITUD
Varilla B en columna	16	10	1178
Varilla B1 en columna	24	8	1171
Varilla B2 en columna	8	8	941
Varilla B3 en columna	24	10	409
Varilla C en columna	400	4	281
Varilla C1 en columna	304	4	168
Varilla C2 en columna	192	4	70
Varilla C3 en columna	100	4	145
Varilla D en columna	192	4	98
Varilla D1 en columna	16	5	315
Varilla D1a en columna	24	8	184
Varilla D2 en columna	16	5	65
Varilla D3 en columna	16	5	170
Varilla E en columna	48	4	281
Varilla E1 en columna	48	4	210
Varilla E2 en Columna	48	4	168
Torón de 5/8"	8	5/8"	Variable

Tabla No. 9. Cantidades de acero de refuerzo utilizado para armado de zapata-columna. (Fuente: Formato de puntos de inspección de calidad de obra)

Preparación del molde

El molde de acero utilizado para el cimbrado deberá ser previamente diseñado para soportar los esfuerzos producidos por el concreto al momento de ser vibrado, deberá contemplarse para su diseño principalmente el número de usos, acabado que se dará al elemento y tiempo de fabricación del mismo. Para este caso se utilizarán moldes de placa de acero A-36 calibre 12.

Para la preparación del molde, se hará dentro de la caja habilitada para colado, se deberá de nivelar con equipo topográfico verificando las dimensiones de la geometría de la zapata a colar, esta puede variar en la altura ya que se fabricarán columnas que van de 7.5 a 8.5 m de altura.

Se deberá aplicar el desmoldante puede ser aceite quemado o algún solvente.

A continuación, se muestra en las siguientes tablas, los puntos a revisar por parte de la supervisión para la liberación del molde.

REVISIÓN TOPOGRAFICA DE MOLDE

CONCEPTO	PROYECTO	REAL	DIFERENCIA
EJE	-	-	-
ALTURA	7.50	7.50	0.00
TRAZO	-	-	-
NIVELACIÓN	-	-	-

ASPECTOS REVISADOS

	CUMPLE	
	SI	NO
LIMPIEZA	✓	
NIVELACIÓN	✓	
APLICACIÓN DE DESMOLDANTE	✓	
ESTADO FÍSICO DE MOLDE	✓	

Tabla No. 10 y 11. Puntos a verificar para liberación de molde (Fuente: Formato de puntos de inspección de calidad de obra)

Colocación del Armado dentro del molde

Una vez liberado el armado de acero de refuerzo y el molde, se procederá a colocar la tubería de la bajada de agua pluvial con tubería de PVD RD 26 de 8" de diámetro, así como el poliestireno de alta densidad en la zona hueca al centro de la columna y los huecos donde empotra la zapata con las pilas.

Hecho lo anterior, se procede a colocar el armado en el molde, izado con el apoyo una grúa pórtico sobre rieles con capacidad de 120 ton de la línea de producción. Colocado el armado en el molde, se procederá a cimbrar, se verificará que sea colocado respetando los recubrimientos mínimos requeridos, para este caso será de 4.5 cm por lo que se colocaran calzas en distintos puntos para garantizar la separación del molde y armado, se tensará el acero de presfuerzo con la carga de diseño (ver grafica esfuerzo deformación de tensado). Posteriormente se procederá a colocar las fronteras de la cimbra, atornillándose una con otra asegurándose de que estas queden fijas y evitar algún movimiento a la hora de hacer el colado.



Fotografía 20. Izaje de armado con grúa pórtico para colocación en molde

Los puntos que se revisarán para la liberación y autorización del colado serán como se muestra a continuación:

COLOCACIÓN DEL ARMADO DENTRO DE MOLDE	
1.- COLOCACIÓN DE ARMADO SEGÚN TRAZO GEOMETRICO	
2.-VERIFICAR RECUBRIMIENTOS DE PROYECTO	
3.-VER. POSICÓN DE FRONTERA TRANSV.(TAPONES)	
4.-COLOCACIÓN DE ACERO DE REFUERZO EN LOSA	
5.-CANTIDAD Y LONGITUD DE ENGRASES	
6.-TENSADO DE TORONES EN SU TOTALIDAD	
7.-COLOCACION DE ACCESORIOS EN SU POSICIÓN	
8.-COLOCACION DE ACCESORIOS EN MENSULAS	
9.-COLOCACIÓN DE GANCHOS DE IZAJE	
10.-VERIFICACION DE COLOCACIÓN DE CALZAS	

Tabla No. 12. Puntos de inspección de armado de acero. (Fuente: Formato de puntos de inspección de calidad de obra)

Una vez cimbrado, se llevará a cabo el tensado de los torones mediante gato hidráulico multitoron, aplicando la fuerza que se requiera para cada una de las columnas a fabricar, los cuales se cortan al alcanzar el concreto el 80% de su resistencia. Registrándose en el formato correspondiente para su control.

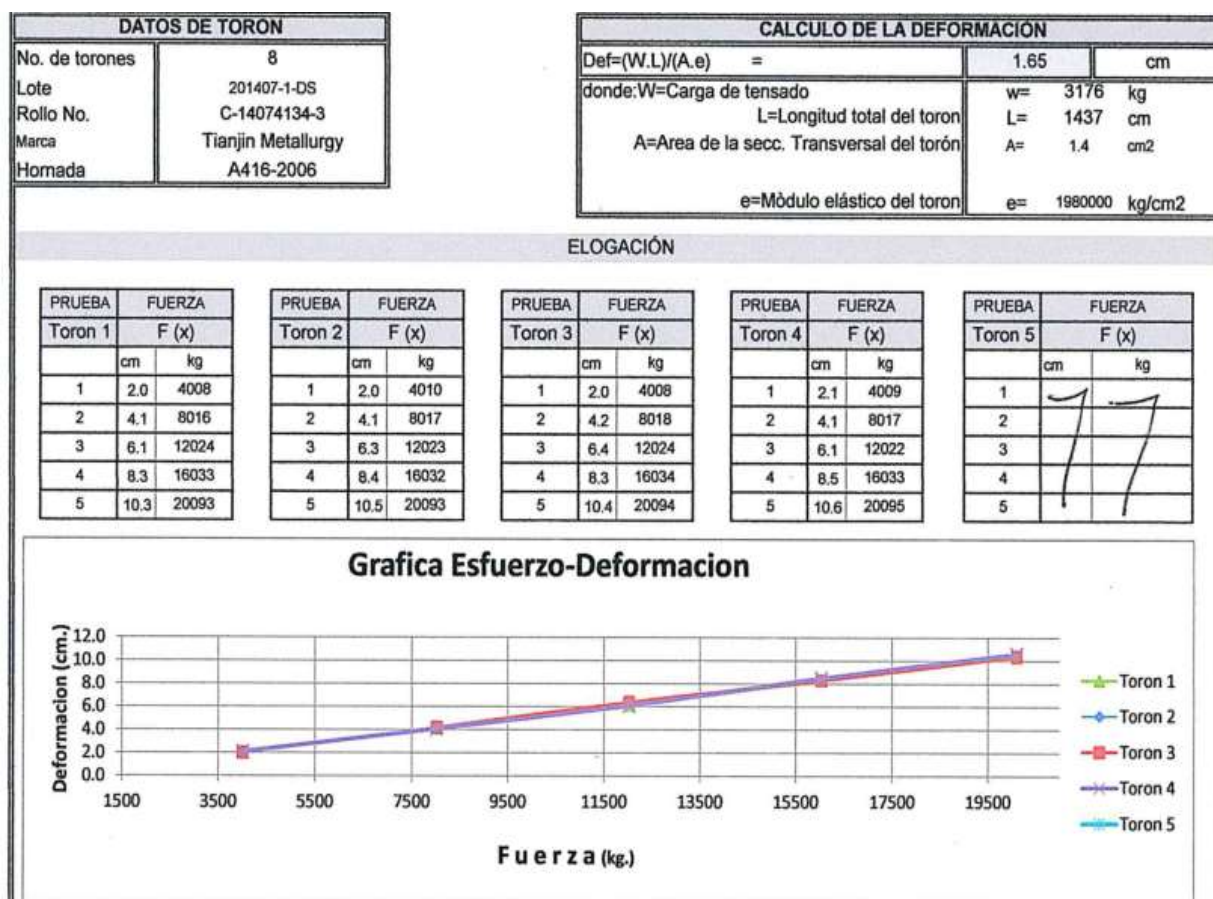


Tabla No. 13. Datos para Grafica Esfuerzo – Deformación en Tensado de torones
(Fuente: Formato de puntos de inspección de calidad de obra)

Colado del elemento

Como se describió en el punto anterior, una vez cimbrado el elemento, se procede a la verificación del cimbrado para la autorización del colado. Considerando los siguientes puntos, tal como se muestra a continuación:

VERIFICACIÓN DE CIMBRA			
1.- LIMPIEZA DE MOLDE 2.- GEOMETRÍA 3.- NIVELACIÓN 4.- LUBRICACIÓN	CUMPLE ☒ ☒ ☒ ☒	5.- ALINEACIÓN 6.- FIJACIÓN DE TAPONES 7.- POSICIÓN DE DUCTOS 8.- CALAFATEO	CUMPLE ☒ ☒ ☒ ☒

Tabla No. 14. Puntos de verificación de cimbra (Fuente: Formato de puntos de inspección de calidad de obra)

El concreto será premezclado, suministrado por la planta ubicada dentro del predio, será de resistencia de $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$, con un revenimiento de 12 a 18 cm y tamaño máximo del agregado de 19 mm, con aditivo fluidizante y auto compactable que permita realizar un colado uniforme, adicional a ello, el concreto deberá ser vibrado. Así mismo deberá de contarse con el equipo y mano de obra suficiente para realizar el colado.

Previo a efectuar el colado la supervisión verificará que se cumpla con los siguientes puntos de inspección:

CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO:			
F _c DE PROYECTO	400	KG/CM ²	
TIPO DE CONCRETO		T.M.A.:	13 mm.
VOLUMEN SOLICITADO	60	ADITIVO:	CMX-PC2500
VOLUMEN COLOCADO	57		
DIFERENCIA DE VOLUMEN	3		
REVENIMIENTO de Proyecto: 			

RECURSOS		
CONCEPTO	CUMPLE	
	SI	NO
EQUIPO DE COLOCACIÓN DE CONCRETO	☒	
EQUIPO DE COMPACTACIÓN DE CONCRETO	☒	
EQUIPO DE PROTECCIÓN CONTRA LAS INCIDENCIAS DEL TIEMPO	☒	
EQUIPO DE ILUMINACIÓN	☒	
PERSONAL SUFICIENTE	☒	

Tabla No. 15. Puntos de verificación previos al colado de concreto (Fuente: Formato de puntos de inspección de calidad de obra)



Fotografía 21. Colado del elemento con concreto $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$ a tiro directo

Curado del elemento

Una vez alcanzado el 80% de su resistencia, se procede a extraer del molde el elemento, con ayuda de grúa pórtico sobre rieles de 120 ton, se izaje y se traslada a la cámara de vapor donde se procederá a curar el elemento.

El proceso de curado consiste en someter al elemento a inyección de vapor el cual minimizará la pérdida de calor y humedad, se debe tener una circulación libre del gas de vapor; los chorros de vapor se posicionarán permitiendo la distribución uniforme del calor sin descargar directamente al elemento.



Fotografía 22. Extracción del elemento



Fotografía 23. Aplicación de vapor mediante cámara de curado

Acabado final y liberación del elemento

Una vez concluido el proceso de curado, se procede a liberar el elemento para su salida de planta y posteriormente llevarlo al sitio para su montaje.

Para llevar a cabo la liberación de la pieza, se realiza la revisión geométrica del elemento, como se muestra a continuación:

LEVANTAMIENTO FISICO DE PIEZA TERMINADA				CROQUIS A MANO ALZADA
#	DE PROYECTO	DE FABRICACIÓN	DIFERENCIA	
A	2.000	2.026	+026	EJEMPLO:
B	4.500	4.523	+023	
C	4.500	4.515	+015	
D	2.000	2.017	+017	
E	7.500	7.497	-003	
F	3.180	3.183	+003	
G	2.200	2.209	+009	
H				
I				
J				
K				

Tabla No. 16. Levantamiento físico de pieza terminada (Fuente: Formato de puntos de inspección de calidad de obra)

Se verifica que las dimensiones sean acordes a los requerimientos de proyecto para cada elemento, posterior a ello se procede a darle el acabado final, en este proceso se verificará que en la superficie del elemento no existan variaciones ligeras de color, líneas de unión entre cimbras, burbujas de aire, fisuramiento menor en la superficie u oquedades. Si se presentase algún detalle, la supervisión y el fabricante determinarán el procedimiento de reparación. El acabo en los huecos para unión pila – zapata y base de la zapata, el acabado deberá ser rugoso, con el fin de que el concreto del colado posterior se adhiera correctamente.



Fotografía 24. Acabado escarificado en base de zapata y huecos de conexión con pila

Una vez revisado el elemento y dado su acabado final se prosigue a identificarlo rotulando la posición del eje que corresponde y su orientación, ejemplo: “eje 289”, así mismo con brigada de topografía se trazan los ejes en los cuatro puntos cardinales: Norte, sur, este y oeste, colocando unas palomas en la parte superior e inferior de la columna, esto es para que al momento de ser montada la pieza se haga la nivelación y orientación correspondiente.

Liberación del elemento para su transporte y montaje

Por último, una vez identificado el elemento, se procede a la liberación para su salida de la planta.

Se verificará de acuerdo con los puntos que se muestran en la siguiente tabla y se anotarán las observaciones pertinentes, tal como se muestra en el registro de liberación:

REGISTRO DE LIBERACIÓN			
	SALIDA DE PLANTA		OBSERVACIONES
	SI	NO	
El elemento cumple con las dimensiones del proyecto (largo, ancho y espesor)	✓		EL ELEMENTO SALE DE PLANTA COMPLETAMENTE DETALLADO Y LIMPIO; CUALQUIER DAÑO QUE SUFRA DURANTE EL TRASLADO A OBRA SERA IMPUTABLE A LA EMPRESA TRASPORTISTA. SE RECOMIENDA A PERSONAL DE TRANSPORTE EL USO DE LONAS, LODERAS Y/O GUARDA FANGOS PARA EVITAR LA CONTAMINACION DEL ELEMENTO PRODUCTO DE SALPICADURAS.
El elemento cumple con las tolerancias de proyecto	✓		
El elemento cumple con el acabado de acuerdo a las especificaciones del proyecto	✓		
El elemento cuenta con su identificación y orientación	✓		
Comprobación de la existencia de: ductos, torones, conectores... según planos Proyecto	✓		
El elemento presenta daños en su estructura física		✓	
El elemento corresponde a lo descrito en la solicitud de envío	✓		

Tabla No. 17. Registro de liberación de pieza terminada (Fuente: Formato de puntos de inspección de calidad de obra)

Una vez verificados los puntos de inspección se procede a liberar el elemento, quedando bajo resguardo y total responsabilidad de la empresa encargada del transporte del elemento al sitio para su montaje.



Fotografía 25. Estiba y colocación del elemento en plataforma

3.5.2 Superestructura

Cabezales

Habilitado y armado de Acero de refuerzo

El habilitado del acero se llevará a cabo en el área destinada de acuerdo a la distribución de la planta, previo a la autorización de los planos estructurales de refuerzo para cada uno de los cabezales, el cual considera longitudes de desarrollo, empalmes, características del armado y distribución. Se colocarán los cables tipo Boa para izaje.

Para el acero de presfuerzo se colocarán 14 ductos engargolados de estaño de 4" de diámetro, dentro de ellos se colocarán los torones, se instalará el anclaje muerto mediante el uso de trompeta, una placa y cuña de acero, las cuales serán fijadas para evitar movimiento durante el proceso del colado.

El armado del cabezal se efectuará en la zona de grúas pórtico de 120 ton., ya que posterior a ello se izará y colocará en el molde.



Fotografía 26. Armado del acero de refuerzo en cabezal

Una vez concluido el armado el acero de refuerzo en la estructura, se procederá a liberar, por lo que el personal encargado del control de calidad del proceso de fabricación en planta, conjuntamente con la supervisión, verificará que conforme al plano estructural se hayan realizado el armado del acero de refuerzo. Revisando los puntos de inspección conforme a la siguiente tabla:

VERIFICACION DE ARMADO DE ARMADO FUERA DE MOLDE														
1.-COMPROBACIÓN GEOMÉTRICA PLANTILLA	<table><tr><th>CUMPLE</th></tr><tr><td>✓</td></tr><tr><td>✓</td></tr><tr><td>✓</td></tr><tr><td>✓</td></tr><tr><td>✓</td></tr></table>	CUMPLE	✓	✓	✓	✓	✓	6.-ACCESORIOS (AC.estruc)	<table><tr><th>CUMPLE</th></tr><tr><td>✓</td></tr><tr><td>✓</td></tr><tr><td>✓</td></tr><tr><td>✓</td></tr></table>	CUMPLE	✓	✓	✓	✓
CUMPLE														
✓														
✓														
✓														
✓														
✓														
CUMPLE														
✓														
✓														
✓														
✓														
2.-REVISIÓN DE HABILITADO DE ACUERDO PLANTILLA	7.-CANTIDAD DE TORONES													
3.-ALINEAMIENTO	8.-RECUBRIMIENTO MINIMO													
4.-SUJECIÓN DE ARMADO														
5.-TRASLAPES														

Tabla No. 18. Puntos de inspección de armado de acero de refuerzo en cabezal

(Fuente: Formato de puntos de inspección de calidad de obra)

Así mismo se revisará conforme a plano estructural, la cantidad, diámetro y longitudes de cada una de las varillas con las que está conformado el armado, y la cantidad de acero de presfuerzo y ducos de estaño, tal como se muestra en la siguiente tabla:

CANTIDAD DE ACERO UTILIZADO

ELEMENTO	CANTIDAD	DIÁMETRO	LONGITUD
Varilla Longitudinal Tipo A	4	8	1603
Varilla Longitudinal Tipo A1a	6	8	1235
Varilla Longitudinal Tipo A1	6	8	1409
Varilla Longitudinal Tipo A2	12	8	1557
Varilla Longitudinal Tipo A4	14	5	221
Varilla Longitudinal Tipo A5	14	5	295
Varilla Longitudinal Tipo A6	10	5	427
Varilla Longitudinal Tipo A6a	14	5	232
Varilla Longitudinal Tipo B	6	8	1522
Varilla Longitudinal Tipo B1	4	8	1522
Varilla Longitudinal Tipo B2	12	8	1412
Varilla Longitudinal Tipo B3	4	8	693
Varilla Longitudinal Tipo C	4	4	1705
Varilla Longitudinal Tipo C1	10	4	1637
Varilla Longitudinal Tipo C2	4	4	1400
Varilla Longitudinal Tipo C2a	10	4	1323
Varilla Longitudinal Tipo C3	14	4	320

ELEMENTO	CANTIDAD	DIÁMETRO	LONGITUD
Estribo tipo Db	26	5	629
Estribo tipo Da	6	5	583
Estribo tipo Dab	42	3	889
Estribo tipo Dc	16	5	693
Estribo tipo Dc1	16	5	371
Estribo tipo Dc2	32	5	383
Estribo tipo Dd	8	5	761
Estribo tipo Dd1	8	5	439
Estribo tipo Dd2	16	5	451
Estribo tipo D	10	5	925
Estribo tipo D1	10	5	603
Estribo tipo D2	20	5	615
Estribo tipo D3	16	5	937
Estribo tipo D4	16	5	615
Estribo tipo D5	32	5	627
Ductos de 100 mm de diámetro	12	100 mm	Variable
Acero de presfuerzo 5/8" postensado	228	5/8"	Variable

Tabla No. 19. Cantidad de acero de refuerzo utilizado para armado de cabezal

(Fuente: Formato de puntos de inspección de calidad de obra)

En caso particular del cabezal, lo correspondiente al acero de presfuerzo colocado en los ductos, será tensado en obra unas veces que haya recibido las cargas producidas por las trabes y prelosas.

Preparación del molde

El molde de acero utilizado para el cimbrado deberá ser previamente diseñado para soportar los esfuerzos producidos por el concreto al momento de ser vibrado, deberá contemplarse para su diseño principalmente el número de usos, acabado que se dará al elemento y tiempo de fabricación de este. Para este caso se utilizarán moldes de placa de acero A-36 calibre 12.

Para la preparación del molde, se hará dentro de la caja habilitada para colado, se deberá de nivelar con equipo topográfico verificando las dimensiones de la

geometría del cabezal a colar, esta puede variar de acuerdo con el requerimiento de proyecto.



Fotografía 27. Molde para cimbra de cabezal tipo

Se deberá aplicar el desmoldante puede ser aceite quemado o algún solvente. A continuación, se muestra en las siguientes tablas, los puntos a revisar por parte de la supervisión para la liberación del molde.

REVISIÓN TOPOGRAFICA DE MOLDE

CONCEPTO	PROYECTO	REAL	DIFERENCIA
EJE	14.20	14.20	0.000
ALTURA	---	---	---
TRAZO	---	---	---
NIVELACIÓN	---	---	---

ASPECTOS REVISADOS

	CUMPLE	
	SI	NO
LIMPIEZA	✓	
NIVELACIÓN	✓	
APLICACIÓN DE DESMOLDANTE	✓	
ESTADO FÍSICO DE MOLDE	✓	

Tabla No. 20 y 21. Puntos a verificar para liberación de molde (Fuente: Formato de puntos de inspección de calidad de obra)

Colocación del Armado dentro del molde

Una vez liberado el armado de acero de refuerzo y el molde, se procederá a colocar la tubería de la bajada de agua pluvial con tubería de PVD RD 26 de 10" de diámetro al centro del eje del cabezal.

Hecho lo anterior, se procede a colocar el armado en el molde, izado con el apoyo una grúa pórtico sobre rieles con capacidad de 120 ton de la línea de producción. Colocado el armado en el molde, se procederá a cimbrar, se verificará que sea colocado respetando los recubrimientos mínimos requeridos, para este caso será de 4 cm por lo que se colocaran calzas en distintos puntos para garantizar la separación del molde y armado, posteriormente se procederá a colocar las fronteras de la cimbra, atornillándose una con otra asegurándose de que estas queden fijas y evitar algún movimiento a la hora de hacer el colado.



Fotografía 28. Cimbrado de cabezal para colado

Los puntos que se revisarán para la liberación y autorización del colado serán como se muestra a continuación:

COLOCACIÓN DEL ARMADO DENTRO DE MOLDE	
1.- COLOCACIÓN DE ARMADO SEGÚN TRAZO GEOMETRICO	
2.-VERIFICAR RECUBRIMIENTOS DE PROYECTO	
3.-VER. POSICÓN DE FRONTERA TRANSV.(TAPONES)	
4.-COLOCACIÓN DE ACERO DE REFUERZO EN LOSA	
5.-CANTIDAD Y LONGITUD DE ENGRASES	
6.-TENSADO DE TORONES EN SU TOTALIDAD	
7.-COLOCACION DE ACCESORIOS EN SU POSICIÓN	
8.-COLOCACION DE ACCESORIOS EN MENSULAS	
9.-COLOCACIÓN DE GANCHOS DE IZAJE	
10.-VERIFICACION DE COLOCACIÓN DE CALZAS	

Tabla No. 22. Puntos de inspección para colocación de armado en molde (Fuente: Formato de puntos de inspección de calidad de obra)

Colado del elemento

Como se describió en el punto anterior, una vez cimbrado el elemento, se procede a la verificación del cimbrado para la autorización del colado. Considerando los siguientes puntos, tal como se muestra a continuación:

VERIFICACIÓN DE CIMBRA

	CUMPLE		CUMPLE
1.- LIMPIEZA DE MOLDE	☒	5.- ALINEACIÓN	☒
2.- GEOMETRÍA	☒	6.- FIJACIÓN DE TAPONES	☒
3.- NIVELACIÓN	☒	7.- POSICIÓN DE DUCTOS	☒
4.- LUBRICACIÓN	☒	8.- CALAFATEO	☒

Tabla No. 23. Puntos de inspección para verificación de cimbrado (Fuente: Formato de puntos de inspección de calidad de obra)

El concreto será premezclado, suministrado por la planta ubicada dentro del predio, será de resistencia de $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$, con un revenimiento de 25 cm y tamaño máximo del agregado de 19 mm, con aditivo fluidizante y auto compactable que permita realizar un colado uniforme, adicional a ello, el concreto deberá ser vibrado. Así mismo deberá de contarse con el equipo y mano de obra suficiente para realizar el colado.

Previo a efectuar el colado la supervisión verificará que se cumpla con los siguientes puntos de inspección:

CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO:

$f'c$ DE PROYECTO	400	KG/CM ²	T.M.A:	13 mm.	REVENIMIENTO de Proyecto:	25 ± 2.5 cm
TIPO DE CONCRETO			ADITIVO:	CMX-PC2500		
VOLUMEN SOLICITADO						
VOLUMEN COLOCADO	65					
DIFERENCIA DE VOLUMEN						

RECURSOS

CONCEPTO	CUMPLE	
	SI	NO
EQUIPO DE COLOCACIÓN DE CONCRETO	☒	☐
EQUIPO DE COMPACTACIÓN DE CONCRETO	☒	☐
EQUIPO DE PROTECCIÓN CONTRA LAS INCIDENCIAS DEL TIEMPO	☒	☐
EQUIPO DE ILUMINACIÓN	☒	☐
PERSONAL SUFICIENTE	☒	☐

Tabla No. 24. Puntos de inspección para colado del elemento (Fuente: Formato de puntos de inspección de calidad de obra)



Fotografía 29. Colado de cabezal a tiro directo

Curado del elemento

Una vez alcanzado el 80% de su resistencia, se procede a extraer del molde el elemento, con ayuda de grúa pórtico sobre rieles de 120 ton, se izaje y se traslada a la cámara de vapor donde se procederá a curar el elemento.

El proceso de curado consiste en someter al elemento a inyección de vapor el cual minimizará la pérdida de calor y humedad, se debe tener una circulación libre del gas de vapor; los chorros de vapor se posicionarán permitiendo la distribución uniforme del calor sin descargar directamente al elemento.



Fotografía 30. Extracción del elemento



Fotografía 31. Aplicación de vapor mediante cámara de curado

Acabado final y liberación del elemento

Una vez concluido el proceso de curado, se procede a liberar el elemento para su salida de planta y posteriormente llevarlo al sitio para su montaje.

Para llevar a cabo la liberación de la pieza, se realiza la revisión geométrica del elemento, como se muestra a continuación:

LEVANTAMIENTO FISICO DE PIEZA TERMINADA				
#	DE PROYECTO	DE FABRICACIÓN	DIFERENCIA	CROQUIS A MANO ALZADA
A	1.200	1.206	+006	EJEMPLO:
B	1.200	1.203	+003	
C	14.200	14.220	0.00	
D	2.200	2.180	-020	
E	.800	.790	-010	
F	.750	.760	+010	
G	.750	.750	0.00	
H	2.300	2.310	+010	
I				
J				
K				

Tabla No. 25. Levantamiento físico de pieza terminada (Fuente: Formato de puntos de inspección de calidad de obra)

Se verifica que las dimensiones sean conforme a los requerimientos de proyecto para cada elemento, posterior a ello se procede a darle el acabado final, en este proceso se verificará que en la superficie del elemento no existan variaciones ligeras de color, líneas de unión entre cimbras, burbujas de aire, fisuramiento menor en la superficie u oquedades. Si se presentase algún detalle, la supervisión y el fabricante determinarán el procedimiento de reparación.

Una vez revisado el elemento y dado su acabado final se prosigue a identificarlo rotulando la posición del eje que corresponde y su orientación, ejemplo: “eje 218”, así mismo con brigada de topografía se trazan los ejes en los cuatro puntos cardinales: Norte, sur, este y oeste, colocando unas palomas en la parte superior e inferior del cabezal, esto es para que al momento de ser montada la pieza se haga la nivelación y orientación correspondiente.

Liberación del elemento para su transporte y montaje

Por último, una vez identificado el elemento, se procede a la liberación para su salida de la planta.

Se verificará de acuerdo con los puntos que se muestran en la siguiente tabla y se anotaran las observaciones pertinentes, tal como se muestra a continuación:

REGISTRO DE LIBERACIÓN			
	SALIDA DE PLANTA		OBSERVACIONES
	SI	NO	
El elemento cumple con las dimensiones del proyecto (largo, ancho y espesor)	✓		- SE VERIFICARON LAS DIMENSIONES DEL ELEMENTO MISMAS QUE CORRESPONDEN CON LO ASENTADO EN EL LEVANTAMIENTO GEOMÉTRICO ANTERIOR. - EL ELEMENTO CUENTA CON LO ESTIPULADO EN PROYECTO GEOMÉTRICO Y PROYECTO ESTRUCTURAL - POSTERIOR A LA SALIDA DE PLANTA DEL ELEMENTO, CUALQUIER ANOMALIA O DAÑO PRESENTADO EN EL MISMO, A CONSECUENCIA DEL MANEJO Y TRASLADO A OBRA, SERA RESPONSABILIDAD DIRECTA DE LA EMPRESA TRANSPORTISTA - EL ELEMENTO SALE DE PLANTA COMPLETAMENTE DETALLADO Y LIMPIO EN TODAS SUS SUPERFICIES, POR LO CUAL SE RECOMIENDO A LOS RESPONSABLES DEL TRANSPORTE LA COLOCACIÓN DE LODERAS, GUARDAFANGOS Y/O LONAS PARA EVITAR LA CONTAMINACIÓN DE RESIDUOS SALPICADO CON LAS LLANTAS Y DEL MEDIO AMBIENTE DURANTE SU ENVÍO A OBRA.
El elemento cumple con las tolerancias de proyecto	✓		
El elemento cumple con el acabado de acuerdo a las especificaciones del proyecto	✓		
El elemento cuenta con su identificación y orientación	✓		
Comprobación de la existencia de: ductos, torones, conectores... según planos Proyecto	✓		
El elemento presenta daños en su estructura física		✓	
El elemento corresponde a lo descrito en la solicitud de envío	✓		

Tabla No. 26. Puntos de inspección para liberación del elemento (Fuente: Formato de puntos de inspección de calidad de obra)

Una vez verificados los puntos de inspección se procede a liberar el elemento, quedando bajo resguardo y total responsabilidad de la empresa encargada del transporte del elemento al sitio para su montaje.



Fotografía 32. Estiba y colocación de elemento en plataforma

Trabes

Habilitado y armado de Acero de refuerzo

El habilitado del acero, se llevará a cabo en el área destinada de acuerdo a la distribución de la planta, previo a la autorización de los planos estructurales de refuerzo para cada una de las trabes, el cual considera longitudes de desarrollo, empalmes, características del armado y distribución. Se colocarán los cables tipo Boa para izaje y ductos para cables de diafragma.

Para el armado del acero de presfuerzo se colocarán tubos de plástico de 19 mm los cuales alojarán los torones, revisando las longitudes de acuerdo con el plano, El armado de la trabe se realizará en la zona de grúas pórtico de 120 ton, ya que posterior a ello se izará y colocará en el molde.



Fotografía 33 y 34. Armado de Acero de refuerzo en trabe y Colocación de acero de presfuerzo

Una vez concluido el armado el acero de refuerzo en la estructura, se procederá a liberar, por lo que el personal encargado del control de calidad del proceso de fabricación en planta, conjuntamente con la supervisión, verificará que conforme al plano estructural se hayan realizado el armado del acero de refuerzo. Revisando los puntos de inspección conforme a la siguiente tabla:

VERIFICACIÓN DE ARMADO DE ARMADO FUERA DE MOLDE													
1.-COMPROBACIÓN GEOMÉTRICA PLANTILLA	<table><tr><th>CUMPLE</th></tr><tr><td>✓</td></tr><tr><td>✓</td></tr><tr><td>✓</td></tr><tr><td>✓</td></tr><tr><td>✓</td></tr></table>	CUMPLE	✓	✓	✓	✓	✓	6.-ACCESORIOS (AC.estruc)	<table><tr><th>CUMPLE</th></tr><tr><td>✓</td></tr><tr><td>✓</td></tr><tr><td>✓</td></tr></table>	CUMPLE	✓	✓	✓
CUMPLE													
✓													
✓													
✓													
✓													
✓													
CUMPLE													
✓													
✓													
✓													
2.-REVISIÓN DE HABILITADO DE ACUERDO PLANTILLA		7.-CANTIDAD DE TORONES											
3.-ALINEAMIENTO		8.-RECUBRIMIENTO MINIMO											
4.-SUJECIÓN DE ARMADO													
5.-TRASLAPES													

Tabla No. 27. Puntos de inspección de armado de acero de refuerzo en trabe
(Fuente: Formato de puntos de inspección de calidad de obra)

Así mismo se revisará conforme a plano estructural, la cantidad, diámetro y longitudes de cada una de las varillas con las que está conformado el armado, y la cantidad de acero de presfuerzo, tal como se muestra en la siguiente tabla:

CANTIDAD DE ACERO UTILIZADO

ELEMENTO	CANTIDAD	DIÁMETRO	LONGITUD
Varilla longitudinal tipo "A"	12	4	3992
Varilla longitudinal tipo "A1"	18	3	3991
Varilla tipo "B"	193	4	350
Varilla tipo "B1"	18	6	342
Varilla tipo "B2"	193	4	361
Varilla tipo "B3"	18	6	354
Varilla tipo "C"	26	3	3959
Varilla tipo "C1"	28	3	3959
Varilla tipo "C2"	4	6	3997
Varilla tipo "C3"	8	6	3959
Varilla tipo "C4"	8	6	3959
Varilla tipo "C5"	4	4	302
Estribo tipo "D"	72	6	295
Estribo tipo "D1"	386	4	528
Estribo tipo "D2"	382	4	324
Estribo tipo "D2a"	40	5	269
Estribo tipo "D3"	382	5	218

ELEMENTO	CANTIDAD	DIÁMETRO	LONGITUD
Varilla tipo "E"	422	4	72
Varilla tipo "E1"	572	4	116
Varilla tipo "E2"	572	5	157
Varilla tipo "E3"	572	4	66
Varilla tipo "F"	18	6	502
Varilla tipo "F1"	12	5	298
Varilla tipo "G"	16	3	25
Varilla tipo "H"	28	4	150
Varilla tipo "H1"	28	4	164
Varilla tipo "J"	64	5	290
Varilla tipo "J1"	8	5	240
Varilla tipo "J2"	20	5	260
Varilla tipo "K"	40	4	560
Torones Baja Relajación grado 190	162	5/8"	0
Gancho de Izaje Tipo I	4	2"	Variable

Tabla No. 28. Cantidad de acero de refuerzo utilizado para armado de trabe.

(Fuente: Formato de puntos de inspección de calidad de obra)

Preparación del molde

El molde de acero utilizado para el cimbrado deberá ser previamente diseñado para soportar los esfuerzos producidos por el concreto al momento de ser vibrado, deberá contemplarse para su diseño principalmente el número de usos, acabado que se dará al elemento y tiempo de fabricación de este. Para este caso se utilizarán moldes de placa de acero A-36 calibre 12.

Para la preparación del molde, se hará dentro de la caja habilitada para colado, se deberá de nivelar con equipo topográfico verificando las dimensiones de la geometría y en su caso esviaje de la trabe, esta puede variar en su longitud ya que se fabricarán trabes que van de 31 m a 40 m de longitud.

Se colocarán las placas para los apoyos de trabe en aislador, se deberá aplicar desmoldante puede ser aceite quemado o algún solvente.

A continuación, se muestra en las siguientes tablas, los puntos a revisar por parte de la supervisión para la liberación del molde.

REVISIÓN TOPOGRAFICA DE MOLDE

CONCEPTO	PROYECTO	REAL	DIFERENCIA
EJE	----	----	----
ALTURA	----	----	----
TRAZO	39.81	39.817	+0.007
NIVELACIÓN	----	----	----

ASPECTOS REVISADOS

	CUMPLE	
	SI	NO
LIMPIEZA	✓	
NIVELACIÓN	✓	
APLICACIÓN DE DESMOLDANTE	✓	
ESTADO FÍSICO DE MOLDE	✓	

Tabla No. 29 y 30. Puntos a verificar para liberación de molde (Fuente: Formato de puntos de inspección de calidad de obra)



Fotografía 35. Preparación de molde para trabe

Colocación del Armado dentro del molde

Una vez liberado el armado de acero de refuerzo y el molde, se procede a colocar el armado, izado con el apoyo una grúa pórtico sobre rieles con capacidad de 120 ton de la línea de producción.

Colocado el armado en el molde, se procederá a cimbrar, se verificará que sea colocado respetando los recubrimientos mínimos requeridos, para este caso será

de 4 cm por lo que se colocaran calzas en distintos puntos para garantizar la separación del molde y armado, posteriormente se procederá a colocar las fronteras de la cimbra, atornillándose una con otra asegurándose de que estas queden fijas y evitar algún movimiento a la hora de hacer el colado.



Fotografía 36. Colocación de acero en molde

Una vez cimbrado, se llevará a cabo el tensado de los torones mediante un gato hidráulico, aplicando la fuerza que se requiera para cada una de las traveses a fabricar, los cuales se cortan al alcanzar el concreto el 80% de su resistencia Registrándose en el formato correspondiente para su control.



Fotografía 37. Tensado de torones en cama de tensado

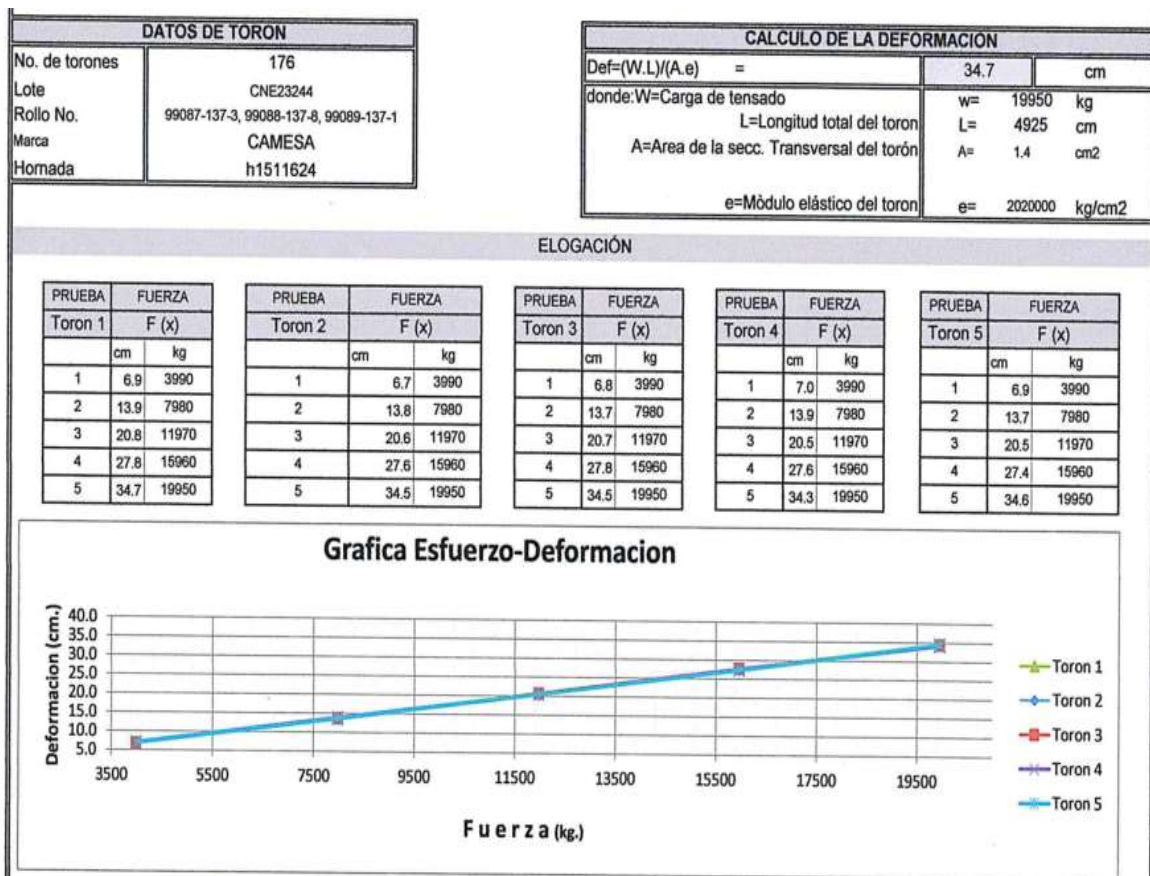


Tabla No. 31. Datos para Grafica Esfuerzo – Deformación en Tensado de torones
(Fuente: Formato de puntos de inspección de calidad de obra)

Colado del elemento

Como se describió en el punto anterior, una vez cimbrado el elemento, se procede a la verificación del cimbrado para la autorización del colado. Considerando los siguientes puntos, tal como se muestra a continuación:



Tabla No. 32. Puntos de verificación de cimbra (Fuente: Formato de puntos de inspección de calidad de obra)

El concreto será premezclado, suministrado por la planta ubicada dentro del predio, será de resistencia de $f'c = 500 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 600 \text{ kg/cm}^2$ según sea el caso de la trabe a colar, con un revenimiento de 25 cm y tamaño máximo del agregado de 19 mm, con aditivo fluidizante y auto compactable que permita realizar un colado uniforme, adicional a ello, el concreto deberá ser vibrado.

Así mismo deberá de contarse con el equipo y mano de obra suficiente para realizar el colado.

Previo a efectuar el colado la supervisión verificará que se cumpla con los siguientes puntos de inspección:

CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO:			
$f'c$ DE PROYECTO	600 KG/CM ²	T.M.A.:	13 mm.
TIPO DE CONCRETO		ADITIVO:	CMX-PC2500
VOLUMEN SOLICITADO		REVENIMIENTO de Proyecto:	25 ± 3.5
VOLUMEN COLOCADO	105		
DIFERENCIA DE VOLUMEN			

RECURSOS		
CONCEPTO	CUMPLE	
	SI	NO
EQUIPO DE COLOCACIÓN DE CONCRETO	✓	
EQUIPO DE COMPACTACIÓN DE CONCRETO	✓	
EQUIPO DE PROTECCIÓN CONTRA LAS INCIDENCIAS DEL TIEMPO	✓	
EQUIPO DE ILUMINACIÓN	✓	
PERSONAL SUFICIENTE	✓	

Tabla No. 33. Puntos de verificación para colado del elemento (Fuente: Formato de puntos de inspección de calidad de obra)



Fotografía 38. Colado de trabe a tiro directo

Curado del elemento

Una vez alcanzado el 80% de su resistencia, se procede a extraer del molde el elemento, con ayuda de grúa pórtico sobre rieles de 120 ton, se iza y se traslada a la cámara de vapor donde se procederá a curar el elemento.

El proceso de curado consiste en someter al elemento a inyección de vapor el cual minimizará la pérdida de calor y humedad, se debe tener una circulación libre del gas de vapor; los chorros de vapor se posicionarán permitiendo la distribución uniforme del calor sin descargar directamente al elemento.



Fotografía 39. Extracción del elemento



Fotografía 40. Aplicación de vapor mediante cámara de curado

Acabado final y liberación del elemento

Una vez concluido el proceso de curado, se procede a liberar el elemento para su salida de planta y posteriormente llevarlo al sitio para su montaje.

Para llevar a cabo la liberación de la pieza, se realiza la revisión geométrica del elemento, como se muestra a continuación:

LEVANTAMIENTO FÍSICO DE PIEZA TERMINADA				CROQUIS A MANO ALZADA
#	DE PROYECTO	DE FABRICACIÓN	DIFERENCIA	
A	5.346	5.357	+0.011	EJEMPLO:
B	2.300	2.309	+0.009	
C	3.200	3.212	+0.012	
D	5.346	5.364	+0.018	
E	39.848	39.840	-0.008	
F	39.874	39.863	-0.011	
G				
H				
I				
J				
K				

Tabla No. 34. Levantamiento físico de pieza terminada (Fuente: Formato de puntos de inspección de calidad de obra)

Se verifica que las dimensiones sean acordes a los requerimientos de proyecto para cada elemento, posterior a ello se procede a darle el acabado final, en este proceso se verificará que en la superficie del elemento no existan variaciones ligeras de color, líneas de unión entre cimbras, burbujas de aire, fisuramiento menor en la superficie u oquedades. Si se presentase algún detalle, la supervisión y el fabricante determinarán el procedimiento de reparación.

Una vez revisado el elemento y dado su acabado final se prosigue a identificarlo rotulando la posición del eje que corresponde y su orientación, ejemplo: “eje 209”

lado derecho, así mismo con brigada de topografía se trazan los ejes en los cuatro puntos cardinales: Norte, sur, este y oeste, colocando unas palomas en las caras de la trabe, esto es para que al momento de ser montada la pieza se haga la nivelación y orientación correspondiente.

Liberación del elemento para su transporte y montaje

Por último una vez identificado el elemento, se procede a la liberación para su salida de la planta.

Se verificará de acuerdo con los puntos que se muestran en la siguiente tabla y se anotaran las observaciones pertinentes, tal como se muestra a continuación:

REGISTRO DE LIBERACIÓN		
	SALIDA DE PLANTA	
	SI	NO
El elemento cumple con las dimensiones del proyecto (largo, ancho y espesor)	☒	☐
El elemento cumple con las tolerancias de proyecto	☒	☐
El elemento cumple con el acabado de acuerdo a las especificaciones del proyecto	☒	☐
El elemento cuenta con su identificación y orientación	☒	☐
Comprobación de la existencia de: ductos, torones, conectores... según planos Proyecto	☒	☐
El elemento presenta daños en su estructura física	☐	☒
El elemento corresponde a lo descrito en la solicitud de envío	☒	☐
OBSERVACIONES - SE VERIFICARON LAS DIMENSIONES DE LA TRABE MISMAS QUE CORRESPONDEN CON LO ESCRITO EN EL LEVANTAMIENTO GEOMÉTRICO ANTERIOR. - EL ELEMENTO CUENTA CON LO ESTIPULADO EN PROYECTO GEOMÉTRICO Y PROYECTO ESTRUCTURAL. - POSTERIOR A LA SALIDA DE PLANTA DEL ELEMENTO, CUALQUIER ANOMALIA O DAÑO PRESENTADO EN EL MISMO, A CONSECUENCIA DEL MANEJO Y TRASLADO A OBRA, SERÁ RESPONSABILIDAD DIRECTA DE LA EMPRESA TRANSPORTISTA. - EL ELEMENTO SALE DE PLANTA COMPLETAMENTE DETALLADO Y LIMPIO EN TODAS SUS SUPERFICIES, POR LO CUAL SE RECOMENDÓ A LOS RESPONSABLES DEL TRANSPORTE LA COLOCACIÓN DE LODERAS, GUARDAFANGOS Y/O LONAS PARA EVITAR LA CONTAMINACIÓN DE RESIDUOS SALPICADO CON LAS LLANTAS Y DEL MEDIO AMBIENTE DURANTE SU ENVÍO A OBRA.		

Tabla No. 35. Puntos de inspección para liberación del elemento (Fuente: Formato de puntos de inspección de calidad de obra)

Una vez verificados los puntos de inspección por la empresa encargada del transporte del elemento al sitio para su montaje, inspección se procede a liberar el elemento, quedando bajo resguardo y total responsabilidad.



Fotografía 41. Estiba y colocación de elemento en plataforma Dolly

3.6 Proceso Constructivo con el uso de Prefabricados

Se conoce como prefabricación al sistema constructivo basado en el diseño y producción de componentes y subsistemas elaborados en serie en una fábrica fuera de su ubicación final y que, en su posición definitiva, tras una fase de montaje simple, preciso y no laborioso, conforman el todo o una parte de un edificio o construcción, por lo que se convierte en un sistema industrializado, en el que todos los subsistemas y componentes, han integrado un proceso global de fabricación y montaje.

Para la construcción del viaducto elevado, una vez descrito el proceso de fabricación de los elementos que lo conforman, y trabajos preliminares como son: señalización vial, confinamiento de la zona de trabajo y trazo del proyecto, a lo largo de los 13.3 km de longitud, además del proceso constructivo “in situ” de la cimentación a base de pilas.

Una vez que se encuentran fabricados elementos los cuales son objeto de esta tesis, siendo estos: zapatas-columnas, cabezales y trabes, describiremos el proceso que implica llevarlas hasta su montaje.

Por lo anterior, a continuación, se describe el proceso en sus diferentes etapas:

3.6.1 Transporte del Elemento para su montaje

Previo al transporte del elemento al sitio para su montaje, se deberá ubicar el eje en el tramo en el cual se montará, definir y verificar la ruta del traslado, medir el tiempo que durará, y tener un lugar donde se posicionará la pieza en espera, ya que se requiere cumplir con los tiempos disponibles para realizar la maniobra, para la cual se tienen 7 horas, ya que el cierre de la circulación sobre el tramo de la autopista va de las 10 pm a 5 am, la ruta requiere estar libre de obstáculos que impidan las maniobras del equipo modular, se deberá tener alguna ruta alterna a la fijada por cualquier situación.

Una vez cumplido con lo anterior, y liberado el elemento de la planta de prefabricados, se enganchará de los cables tipo boa con apoyo de una grúa sobre neumáticos de 120 ton y se estibará en la plataforma teniendo los cuidados pertinentes para no dañar la pieza, el transportista verificará el estado físico del elemento previo a la salida de la planta a fin de garantizar su integridad.

Se realizará el traslado al lugar destinado para su estancia, posterior a ello una vez cumplido con el horario de cierre, se procede a trasladar el elemento al lugar donde se realizará el montaje.

3.6.2 Preparación de apoyo para montaje

Previo al montaje de la zapata – columna, la supervisión llevará a cabo la revisión de los siguientes puntos de inspección para la autorización:

- placas de apoyo para desplante: Deberán estar niveladas, por lo que se revisarán con equipo topográfico los niveles requeridos conforme al proyecto.
- Revisión de Acero de presfuerzo: se revisarán las alturas de las barras diwidag en las 4 pilas, verificando verticalidad. Así mismo se revisará el armado conforme al plano en los huecos de conexión de pila – zapata, cantidad de varillas, alturas y si presentasen algún daño.

Una vez cumplida la revisión de los puntos anteriores, se procede a autorizar el montaje del elemento.

3.6.3 Montaje de los Elementos.

Para iniciar las maniobras del montaje se cuenta con una ingeniería, la cual está diseñada para cada elemento (zapata – columna, cabezal y trabe), así como las características del equipo como son: capacidad de la grúa y dimensiones en general de los accesorios con lo que cuenta utilizados para el posicionamiento de la grúa para efectuar la maniobra.

Se considera la altura, el radio de giro y las distancias de espaciamento entre grúa(s) y el apoyo, con el fin de posicionarlas para proceder a la maniobra de montaje. Con base a lo anterior, describiremos la etapa de montaje por cada elemento.

Montaje de Zapata – Columna

Una vez listas las condiciones para efectuar el montaje, deberá considerarse lo siguiente para efectuar la maniobra:

- Se posicionarán las grúas conforme a la ingeniería de montaje, considerando distancias, ángulos y radios de giro.
- Se izará la zapata columna ubicando el gancho de izaje al centro del elemento, para evitar excentricidad al momento de levantar la pieza.
- Al momento de colocar la zapata – columna en su posición final, se recomienda que la cara del lecho inferior de la zapata se coloque uniformemente sobre los pernos.
- Colocada la zapata – columna en su posición final se procederá a nivelar, mediante los pernos niveladores, con apoyo de las brigadas de topografía, una por parte de la empresa contratista y la otra por parte de la supervisión, revisarán los ejes en los 4 puntos cardinales hasta dejarla totalmente nivelada, orientada y con la verticalidad requerida. Posteriormente se colocará cimbra al perímetro de la columna y se colará con concreto el hueco de unión de zapata y losa de nivelación. (ver fig. 38).

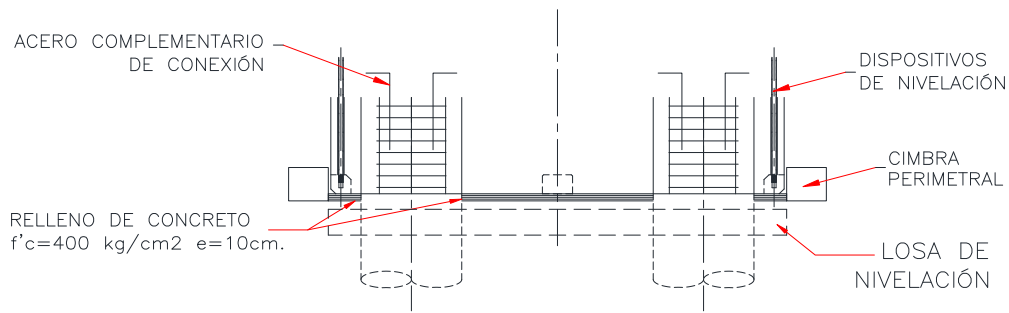


Figura 38. Detalle de anclajes en pilas (Fuente: Especificaciones generales del proyecto)

- Una vez obtenido el concreto la resistencia requerida, se realizará el tensado de la barra de presfuerzo mediante un gato hidráulico aplicando la fuerza de tensión requerida, garantizando el ensamble.
- Se retirarán los pernos niveladores, y se aplicará lechada de cemento $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$, en el ducto que aloja la barra diwidag para su protección, posterior a ello se cuela la unión en la zona de presfuerzo de la zapata con concreto de $f'c=400 \text{ kg/cm}^2$.
- Se procederá a realizar el relleno de la excavación con relleno fluido de un $f'c=14 \text{ kg/cm}^2$.



Fotografía 42. Montaje de Zapata – Columna

Montaje de Cabezal

Para el montaje del cabezal se repite el proceso al igual que el de la zapata – columna, deberá considerarse lo siguiente para efectuar la maniobra:

- Se posicionarán las grúas conforme a la ingeniería de montaje, considerando distancias, ángulos y radios de giro.
- Se izará el cabezal ubicando el gancho de izaje al centro del elemento, para evitar excentricidad al momento de levantar la pieza.
- Al colocar el cabezal, se tendrá especial cuidado con el acero longitudinal de la columna, ya que este debe empotrar en el área de conexión, por lo que deberá librar los ductos que alojan los torones y el armado del mismo, con apoyo de las brigadas de topografía, una por parte de la empresa contratista y la otra por parte de la supervisión, revisarán los ejes en los 4 puntos cardinales hasta dejarla totalmente nivelada, orientada y con la verticalidad requerida.



Fotografía 43. Montaje de cabezal

- Una vez nivelado y orientado el cabezal en su posición final, se procederá a colar la sección de conexión con concreto de $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$.



Fotografía 44. Colado de conexión columna - cabezal

- Una vez alcanzada la resistencia requerida el concreto en la conexión columna – cabezal, se procederá a realizar el tensado de los torones con gato hidráulico multitoron, el cual aplicará la tensión requerida conforme al proyecto.



Fotografía 45. Tensado de torones

Montaje de Trabe

Previo al montaje de la trabe, se colocarán los aisladores sísmicos en los bancos de apoyo del cabezal, **se** repite el proceso al igual que el de la zapata – columna y cabezal, debiendo considerarse lo siguiente para efectuar la maniobra:

- Adicional al aislador, se colocarán placas de acero que servirán como apoyo para estabilizar la trabe al momento de realizar el montaje.
- Se posicionarán las grúas conforme a la ingeniería de montaje, considerando distancias, ángulos y radios de giro.
- Se izará la trabe ubicando el gancho de izaje al centro del elemento, para evitar excentricidad al momento de levantar la pieza.
- Al colocar la trabe en su posición final se procederá a nivelar, con apoyo de las brigadas de topografía, una por parte de la empresa contratista y la otra por parte de la supervisión, revisarán los ejes en los 4 puntos cardinales hasta dejarla totalmente nivelada, orientada y con la verticalidad requerida.



Fotografía 46. Montaje de trabe

- Colocada la trabe en su posición final, se procederá a realizar el armado de los complementos de los diafragmas, cimbrándolos y posteriormente colándolos con concreto $f'c = 500 \text{ kg/cm}^2$.



Fotografía 47 y 48. Armado en diafragma y Colado.

- Alcanzada la resistencia el concreto en los diafragmas, se procede al tensado de torones con gato hidráulico aplicando la tensión requerida.



Fotografía 49. Tensado de Torones en diafragma

- Se procede a retirar las calzas de apoyo a base de placas de acero, utilizando gatos hidráulicos, este deberá ser milimétrico solo con el fin de retirar las calzas.



Fotografía 50. Gateo de trabes para retiro de Calzas

3.7 Tiempo y Costo de Fabricación de los Elementos

En la ejecución de los trabajos influye de manera determinante el tiempo y la calidad en los procesos que se realizan por la mano de obra; de manera que los rendimientos que se producen de esta son parte fundamental que pueden generar disminución en el tiempo de ejecución, calidad y economía en las actividades.

El tiempo y el costo que implica la fabricación de los elementos zapata – columna, cabezal y trabe, es el objetivo principal para nuestro análisis comparativo entre el método in situ y el industrializado (prefabricado), ya que lo determinaremos con base a los conceptos de trabajo, rendimientos medidos en campo, equipo y mano de obra empleada para su realización.

3.7.1 Tiempo

Para el tiempo de fabricación de cada uno de los elementos prefabricados, se tomará como fuente información los datos obtenidos directamente de la planta de prefabricados, parte de la investigación del presente trabajo.

Para determinarse el tiempo que durará cada actividad, se obtendrá por jornada de trabajo, es decir, considerando una duración de 8 horas, como a continuación se presenta:

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	mano de obra	rendimiento (jornada de 8 hrs)	Tiempo (jornadas)
ACEROELEMCONC	HABILITADO, ARMADO Y COLOCADO DE ACERO DE REFUERZO FY= 4200 KG/CM2 PARA ELEMENTOS DE CONCRETO, INCLUYE: SUMINISTRO DE LOS MATERIALES QUE INTERVENGAN, MERMAS, SILLETAS, ACARREO HASTA EL LUGAR DE UTILIZACIÓN, LIMPIEZA Y RETIRO DEL MATERIAL DE DESPERDICIO, EN ZAPATA-COLUMNA	KG	25064	cuadrilla de fierros (7 oficiales fierros + 7 ayudantes) cuadrilla de izaje (1 operador de grua + 2 ayudantes)	8895	2.82
CONC400ZAP	CONCRETO HIDRAÚLICO EN ZAPATAS-COLUMNAS CON RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE F'C= 400 KG/CM2, INCLUYE ELABORACIÓN , TRASLADO, VACIADO, DESPERDICIOS, VIBRADO, CIMBRA, CURADO Y MATERIALES.	M3	56.30	cuadrilla de topografía (1 topografo + 1 ayudante) cuadrilla de colado (1 oficial albañil + 5 peones) cuadrilla de cimbrado (4 oficiales soldadores + 8 ayudantes)	220	0.26
EXTGANCHIZAJE	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE GANCHOS DE IZAJE DE CABLE BOA DE 1 1/2" DE DIAMETRO, INCLUYE: CONECTOR, DOBLADO DE CABLE, ALAMBRE PARA SU COLOCACIÓN, MANO DE OBRA, EQUIPO Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN	KG	823	cuadrilla de fierros (1 oficial + 2 ayudantes)	900	0.91
ACEROPRESZAPC	HABILITADO, ARMADO Y COLOCADO DE ACERO DE PRESFUERZO FRG= 19,000 KG/CM2 INCLUYE: SUMINISTRO DE LOS MATERIALES QUE INTERVENGAN Y HERRAJES NECESARIOS, MERMAS, ACARREO, COLOCACIÓN, TENSADO E INYECTADO HASTA EL LUGAR DE UTILIZACIÓN, LIMPIEZA Y RETIRO DE DESPERDICIO.	KG	74.8	cuadrilla de fierros (1 oficial + 2 ayudantes)	800	0.09
TRASZAPC	TRASLADO, MONTAJE Y ALINEACIÓN DE ZAPATA-COLUMNA TIPO CONDELERO, INCLUYE: TRASLADOS Y/O MOVIMIENTOS INTERNOS Y/O MANIOBRAS, TRASLADOS EXTERNOS, RENTA DE LOS VEHÍCULOS PARA TRASLADO, RENTA DE GRÚAS PARA EL MONTAJE, LOS EQUIPOS Y HERRAMIENTAS NECESARIOS Y LA MANO DE OBRA.	PZA	1	cuadrilla de topografía (1 oficial + 1 ayudante) cuadrilla de nivelación (5 ayudantes) cuadrilla de traslado (1 operador + 2 ayudantes) cuadrilla de izaje (1 operador de grua + 2 ayudantes)	2	0.50
EXTRELLFLUID14KG	RELLENO CON MATERIAL CON RELLENO FLUIDO DE F'C= 14 KG/CM2, INCLUYE: SUMINISTRO, COLOCACIÓN, ASÍ COMO TODOS LOS EQUIPOS, HERRAMIENTAS Y PERSONAL HUMANO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN	M3	62.70	cuadrilla de colado (1 oficial + 5 ayudantes)	150	0.42
TOTAL ZAPATA-COLUMNA						5.00
NOTA: LOS DATOS CORRESPONDIENTES A RENDIMIENTOS Y CANTIDAD DE MANO DE OBRA. SON DATOS MEDIDOS EN LA PLANTA DE PREFABRICADOS Y EN EL SITIO DE LOS TRABAJOS						

Tabla No 36. Tiempo de fabricación de Zapata-Columna (Fuente: Autoría propia)

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	mano de obra	rendimiento (jornada de 8 hrs)	Tiempo (jornadas)
ACEROCAB	HABILITADO, ARMADO Y COLOCADO DE ACERO DE REFUERZO FY= 4200 KG/CM2 PARA ELEMENTOS DE CONCRETO, INCLUYE: SUMINISTRO DE LOS MATERIALES QUE INTERVENGAN, MERMAS, SILLETAS, ACARREO HASTA EL LUGAR DE UTILIZACIÓN, LIMPIEZA Y RETIRO DEL MATERIAL DE DESPERDICIO, EN CABEZAL	KG	12710	cuadrilla de fierros (7 oficiales fierros + 7 ayudantes) cuadrilla de izaje (1 operador de grua + 2 ayudantes)	8895	1.43
CONC400CAB	CONCRETO HIDRÁULICO EN CABEZAL CON RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE F' C= 400 KG/CM2, INCLUYE ELABORACIÓN, TRASLADO, VACIADO, DESPERDICIOS, VIBRADO, CIMBRA, CURADO Y MATERIALES.	M3	73.20	cuadrilla de topografía (1 topógrafo + 1 ayudante) cuadrilla de colado (1 oficial albañil + 5 peones) cuadrilla de cimbra (4 oficiales soldadores + 8 ayudantes)	220.00	0.33
EXTGANCHIZAJE	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE GANCHOS DE IZAJE DE CABLE BOA DE 1 1/2" DE DIAMETRO, INCLUYE: CONECTOR, DOBLADO DE CABLE, ALAMBRE PARA SU COLOCACIÓN, MANO DE OBRA, EQUIPO Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN	KG	352	cuadrilla de fierros (1 oficial + 2 ayudantes)	900	0.39
ACEROPRESCAB	HABILITADO, ARMADO Y COLOCADO DE ACERO DE PRESFUERZO FRG= 19,000 KG/CM2 INCLUYE: SUMINISTRO DE LOS MATERIALES QUE INTERVENGAN Y HERRAJES NECESARIOS, MERMAS, ACARREO, COLOCACIÓN, TENSADO E INYECTADO HASTA EL LUGAR DE UTILIZACIÓN, LIMPIEZA Y RETIRO DE DESPERDICIO.	KG	3046	cuadrilla de fierros (1 oficial + 2 ayudantes)	800	3.81
TRASCAB	TRASLADO, MONTAJE Y ALINEACIÓN DE CABEZAL, INCLUYE: TRASLADOS Y/O MOVIMIENTOS INTERNOS Y/O MANIOBRAS, TRASLADOS EXTERNOS, RENTA DE LOS VEHÍCULOS PARA TRASLADO, RENTA DE GRÚAS PARA EL MONTAJE, LOS EQUIPOS Y HERRAMIENTAS NECESARIOS Y LA MANO DE OBRA.	PZA	1	cuadrilla de topografía (1 oficial + 1 ayudante) cuadrilla de nivelación (5 ayudantes) cuadrilla de traslado (1 operador + 2 ayudantes) cuadrilla de izaje (1 operador de grua + 2 ayudante)	2	0.50
TOTAL CABEZAL						6.46
NOTA: LOS DATOS CORRESPONDIENTES A RENDIMIENTOS Y CANTIDAD DE MANO DE OBRA. SON DATOS MEDIDOS EN LA PLANTA DE PREFABRICADOS Y EN EL SITIO DE LOS TRABAJOS						

Tabla No. 37. Tiempo de fabricación de Cabezal (Fuente: Autoría propia)

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	mano de obra	rendimiento (jornada de 8 hrs)	Tiempo (jornadas)
ACEROVIGAS	ACERO DE REFUERZO: HABILITADO, ARMADO Y COLOCADO DE ACERO DE REFUERZO+C9 FY= 4200 KG/CM2 PARA VIGAS, INCLUYE: SUMINISTRO DE LOS MATERIALES QUE INTERVENGAN, MERMAS, SILLETAS, ACARREO HASTA EL LUGAR DE UTILIZACIÓN, LIMPIEZA Y RETIRO DEL MATERIAL DE DESPERDICIO.	KG	14952	cuadrilla de fierros (7 oficiales fierros + 7 ayudantes) cuadrilla de izaje (1 operador de grua + 2 ayudantes)	8895	1.68
CONC500VIGAS	CONCRETO HIDRÁULICO EN VIGAS CON RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE F' C= 500 KG/CM2, INCLUYE ELABORACIÓN , TRASLADO, VACIADO, DESPERDICIOS, VIBRADO, CIMBRA, CURADO Y MATERIALES.	M3	103.10	cuadrilla de topografía (1 topografo + 1 ayudante) cuadrilla de colado (1 oficial albañil + 5 peones) cuadrilla de cimbra (4 oficiales soldadores + 8 ayudantes)	220.00	0.47
EXTGANCHIZAJE	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE GANCHOS DE IZAJE DE CABLE BOA DE 1 1/2" DE DIAMETRO, INCLUYE: CONECTOR, DOBLADO DE CABLE, ALAMBRE PARA SU COLOCACIÓN, MANO DE OBRA, EQUIPO Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN	KG	429	cuadrilla de fierros (1 oficial + 2 ayudantes)	900	0.48
ACEROPRESVIGAS	HABILITADO, ARMADO Y COLOCADO DE ACERO DE PRESFUERZO FRG= 19,000 KG/CM2 EN VIGAS, INCLUYE: SUMINISTRO DE LOS MATERIALES QUE INTERVENGAN Y HERRAJES NECESARIOS, MERMAS, ACARREO, COLOCACIÓN, TENSADO E INYECTADO HASTA EL LUGAR DE UTILIZACIÓN, LIMPIEZA Y RETIRO DE DESPERDICIO.	KG	7123	cuadrilla de fierros (1 oficial + 2 ayudantes)	800	8.90
TRASVIGAT3990	TRASLADO, MONTAJE Y ALINEACIÓN DE VIGAS TIPO ARTESA, INCLUYE: TRASLADOS Y/O MOVIMIENTOS INTERNOS Y/O MANIOBRAS, TRASLADOS EXTERNOS, RENTA DE LOS VEHÍCULOS PARA TRASLADO, RENTA DE GRÚAS PARA EL MONTAJE, LOS EQUIPOS Y HERRAMIENTAS NECESARIOS Y LA MANO DE OBRA.	PZA	1	cuadrilla de topografía (1 oficial + 1 ayudante) cuadrilla de nivelación (5 ayudantes) cuadrilla de traslado (1 operador + 2 ayudantes) cuadrilla de izaje (1 operador de grua + 2 ayudante)	2	0.50
TOTAL VIGA TIPO ARTESA						12.03
NOTA: LOS DATOS CORRESPONDIENTES A RENDIMIENTOS Y CANTIDAD DE MANO DE OBRA. SON DATOS MEDIDOS EN LA PLANTA DE PREFABRICADOS Y EN EL SITIO DE LOS TRABAJOS						

Tabla No.38. Tiempo de fabricación de Trabe (Fuente: Autoría propia)

De lo anterior se resume lo siguiente:

- Para la fabricación de la zapata-columna se considera un tiempo de 5 jornales, es decir, 40 hrs.
- Para la fabricación del cabezal se considera un tiempo de 6.46 jornales, es decir, 51.68 hrs.
- Para la fabricación de la trabe se considera un tiempo de 12.03 jornales, es decir, 96.24 hrs.

A continuación, se representa gráficamente el tiempo empleado para la fabricación de cada elemento:



Grafica No. 3. Tiempo de fabricación de elementos prefabricados (Autoría propia)

Dado que conocemos los rendimientos que se obtienen durante la fabricación de los elementos, si observamos el que inicialmente requiere tiempo en la fabricación de los moldes, el cual está considerado en nuestro análisis.

En la fabricación de los moldes se requiere se tengan definidos los materiales a emplear, en este caso se utilizó placa de acero A-36 Cal. 12 como cimbra de contacto, incluyendo las formaletas correspondientes. Lo que se busca esencialmente es que conforme al control de calidad se respete la geometría del

elemento a fabricar, tolerancias y especificaciones particulares que considera el proyecto.

Los tiempos pueden variar por distintos factores como son: condiciones climáticas, fallas electromecánicas, deformación de los moldes, suministros de materiales, rendimientos durante el proceso, etc. Por lo que deberá preverse todo tipo de eventos que interrumpan la producción conforme al protocolo establecido en la planta.

3.7.2 COSTO

Para saber el costo de fabricación de cada uno de los elementos, se tomaron los precios que se encuentran en el catálogo de presupuesto de ejecución de obra del Viaducto Elevado, la información aquí presentada forma parte de la investigación para la elaboración del presente trabajo.

Cabe mencionar que los costos están considerados, solo al costo directo, ya que los datos de sobrecosto no se conocen; a continuación, se presentan:

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe
ACEROELEMCONC	HABILITADO, ARMADO Y COLOCADO DE ACERO DE REFUERZO FY= 4200 KG/CM2 PARA ELEMENTOS DE CONCRETO, INCLUYE: SUMINISTRO DE LOS MATERIALES QUE INTERVENGAN, MERMAS, SILLETAS, ACARREO HASTA EL LUGAR DE UTILIZACIÓN, LIMPIEZA Y RETIRO DEL MATERIAL DE DESPERDICIO, EN ZAPATA-COLUMNA	KG	25064	\$ 22.31	\$ 559,177.84
CONC400ZAP	CONCRETO HIDRAÚLICO EN ZAPATAS-COLUMNAS CON RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE F'C= 400 KG/CM2, INCLUYE ELABORACIÓN, TRASLADO, VACIADO, DESPERDICIOS, VIBRADO, CIMBRA, CURADO Y MATERIALES.	M3	56.30	\$ 5,121.13	\$ 288,319.62
EXTGANCHIZAJE	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE GANCHOS DE IZAJE DE CABLE BOA DE 1 1/2" DE DIAMETRO, INCLUYE: CONECTOR, DOBLADO DE CABLE, ALAMBRE PARA SU COLOCACIÓN, MANO DE OBRA, EQUIPO Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN	KG	823	\$ 133.17	\$ 109,598.91
ACEROPRESZAPC	HABILITADO, ARMADO Y COLOCADO DE ACERO DE PRESFUERZO FRG= 19,000 KG/CM2 INCLUYE: SUMINISTRO DE LOS MATERIALES QUE INTERVENGAN Y HERRAJES NECESARIOS, MERMAS, ACARREO, COLOCACIÓN, TENSADO E INYECTADO HASTA EL LUGAR DE UTILIZACIÓN, LIMPIEZA Y RETIRO DE DESPERDICIO.	KG	74.8	\$ 38.00	\$ 2,842.40
TRASZAPC	TRASLADO, MONTAJE Y ALINEACIÓN DE ZAPATA-COLUMNA TIPO CONDELERO, INCLUYE: TRASLADOS Y/O MOVIMIENTOS INTERNOS Y/O MANIOBRAS, TRASLADOS EXTERNOS, RENTA DE LOS VEHÍCULOS PARA TRASLADO, RENTA DE GRÚAS PARA EL MONTAJE, LOS EQUIPOS Y HERRAMIENTAS NECESARIOS Y LA MANO DE OBRA.	PZA	1	\$ 288,399.76	\$ 288,399.76
EXTRELLFLUID14KG	RELLENO CON MATERIAL CON RELLENO FLUIDO DE F'C= 14 KG/CM2, INCLUYE: SUMINISTRO, COLOCACIÓN, ASÍ COMO TODOS LOS EQUIPOS, HERRAMIENTAS Y PERSONAL HUMANO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN	M3	62.70	\$ 1,146.72	\$ 71,899.34
TOTAL ZAPATA-COLUMNA					\$ 1,320,237.87

Tabla No. 36. Costo de fabricación de Zapata-Columna (Fuente: Autoría propia)

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe
ACEROCAB	HABILITADO, ARMADO Y COLOCADO DE ACERO DE REFUERZO FY= 4200 KG/CM2 PARA ELEMENTOS DE CONCRETO, INCLUYE: SUMINISTRO DE LOS MATERIALES QUE INTERVENGAN, MERMAS, SILLETAS, ACARREO HASTA EL LUGAR DE UTILIZACIÓN, LIMPIEZA Y RETIRO DEL MATERIAL DE DESPERDICIO, EN CABEZAL	KG	12710	\$ 22.31	\$ 283,560.10
CONC400CAB	CONCRETO HIDRAÚLICO EN CABEZAL CON RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE F'c= 400 KG/CM2, INCLUYE ELABORACIÓN, TRASLADO, VACIADO, DESPERDICIOS, VIBRADO, CIMBRA, CURADO Y MATERIALES.	M3	73.20	\$ 3,020.27	\$ 221,083.76
EXTGANCHIZAJE	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE GANCHOS DE IZAJE DE CABLE BOA DE 1 1/2" DE DIAMETRO, INCLUYE: CONECTOR, DOBLADO DE CABLE, ALAMBRE PARA SU COLOCACIÓN, MANO DE OBRA, EQUIPO Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN	KG	352	\$ 133.17	\$ 46,875.84
ACEROPRESCAB	HABILITADO, ARMADO Y COLOCADO DE ACERO DE PRESFUERZO FRG= 19,000 KG/CM2 INCLUYE: SUMINISTRO DE LOS MATERIALES QUE INTERVENGAN Y HERRAJES NECESARIOS, MERMAS, ACARREO, COLOCACIÓN, TENSADO E INYECTADO HASTA EL LUGAR DE UTILIZACIÓN, LIMPIEZA Y RETIRO DE DESPERDICIO.	KG	3046	\$ 38.00	\$ 115,748.00
TRASCAB	TRASLADO, MONTAJE Y ALINEACIÓN DE CABEZAL, INCLUYE: TRASLADOS Y/O MOVIMIENTOS INTERNOS Y/O MANIOBRAS, TRASLADOS EXTERNOS, RENTA DE LOS VEHÍCULOS PARA TRASLADO, RENTA DE GRÚAS PARA EL MONTAJE, LOS EQUIPOS Y HERRAMIENTAS NECESARIOS Y LA MANO DE OBRA.	PZA	1	\$ 299,096.74	\$ 299,096.74
TOTAL CABEZAL					\$ 966,364.44

Tabla No.37. Costo de fabricación de Cabezal (Fuente: Autoría propia)

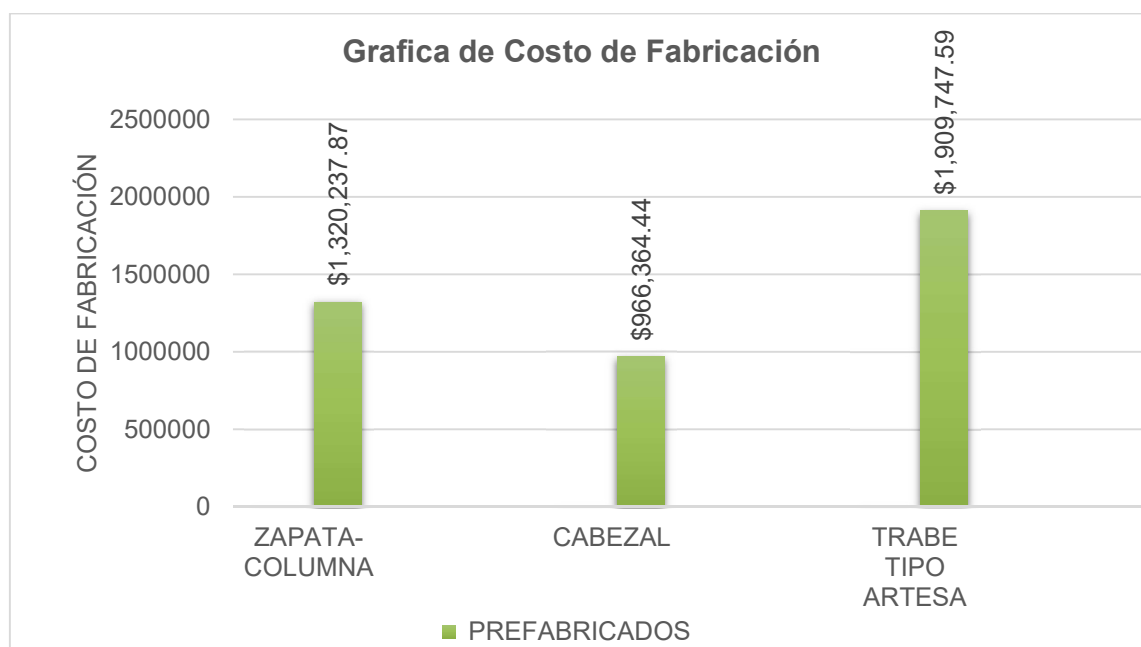
Código	Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe
ACEROVIGAS	ACERO DE REFUERZO: HABILITADO, ARMADO Y COLOCADO DE ACERO DE REFUERZO+C9 FY= 4200 KG/CM2 PARA VIGAS, INCLUYE: SUMINISTRO DE LOS MATERIALES QUE INTERVENGAN, MERMAS, SILLETAS, ACARREO HASTA EL LUGAR DE UTILIZACIÓN, LIMPIEZA Y RETIRO DEL MATERIAL DE DESPERDICIO.	KG	14952	\$ 22.31	\$ 333,579.12
CONC500VIGAS	CONCRETO HIDRAÚLICO EN VIGAS CON RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE F' C= 500 KG/CM2, INCLUYE ELABORACIÓN, TRASLADO, VACIADO, DESPERDICIOS, VIBRADO, CIMBRA, CURADO Y MATERIALES.	M3	103.10	\$ 7,596.99	\$ 783,249.67
EXTGANCHIZAJE	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE GANCHOS DE IZAJE DE CABLE BOA DE 1 1/2" DE DIAMETRO, INCLUYE: CONECTOR, DOBLADO DE CABLE, ALAMBRE PARA SU COLOCACIÓN, MANO DE OBRA, EQUIPO Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN	KG	429	\$ 133.17	\$ 57,129.93
ACEROPRESVIGAS	HABILITADO, ARMADO Y COLOCADO DE ACERO DE PRESFUERZO FRG= 19,000 KG/CM2 EN VIGAS, INCLUYE: SUMINISTRO DE LOS MATERIALES QUE INTERVENGAN Y HERRAJES NECESARIOS, MERMAS, ACARREO, COLOCACIÓN, TENSADO E INYECTADO HASTA EL LUGAR DE UTILIZACIÓN, LIMPIEZA Y RETIRO DE DESPERDICIO.	KG	7123	\$ 38.00	\$ 270,674.00
TRASVIGAT3990	TRASLADO, MONTAJE Y ALINEACIÓN DE VIGAS TIPO ARTESA, INCLUYE: TRASLADOS Y/O MOVIMIENTOS INTERNOS Y/O MANIOBRAS, TRASLADOS EXTERNOS, RENTA DE LOS VEHÍCULOS PARA TRASLADO, RENTA DE GRÚAS PARA EL MONTAJE, LOS EQUIPOS Y HERRAMIENTAS NECESARIOS Y LA MANO DE OBRA.	PZA	1	\$ 465,114.87	\$ 465,114.87
TOTAL VIGA TIPO ARTESA					\$ 1,909,747.59

Tabla No.38. Costo de fabricación de Trabe (Fuente: Autoría propia)

Del costo directo proporcionado para la fabricación de los elementos, se resume lo siguiente:

- El costo de fabricación de la zapata-columna es de: \$1,320,237.87 (Un millón trescientos veinte mil doscientos treinta y siete pesos 87/100 m.n.)
- El costo de fabricación del cabezal es de: \$966,364.44 (Novecientos sesenta y seis mil trescientos sesenta y cuatro pesos 44/100 m.n.)
- El costo de la fabricación de la trabe es de: \$1,909,747.59 (Un millón novecientos nueve mil setecientos cuarenta y siete pesos 59/100 m.n.)

Cabe mencionar que dentro del costo de cada elemento está considerada la fabricación de su molde; sabemos que la cimbra conforme se va usando va perdiendo características esenciales como son: geometría y el acabado que esta le da al elemento de concreto; por lo que, para rentabilidad, el uso del molde hecho a base de placa de acero estructural A-36 se le considerarán 500 usos, y que va relacionado con la cantidad de elementos a fabricar. Por lo que tendrá un aumento parcial en el costo por la cantidad de elementos que se fabriquen. a continuación, se muestra gráficamente el costo de fabricación de los elementos:



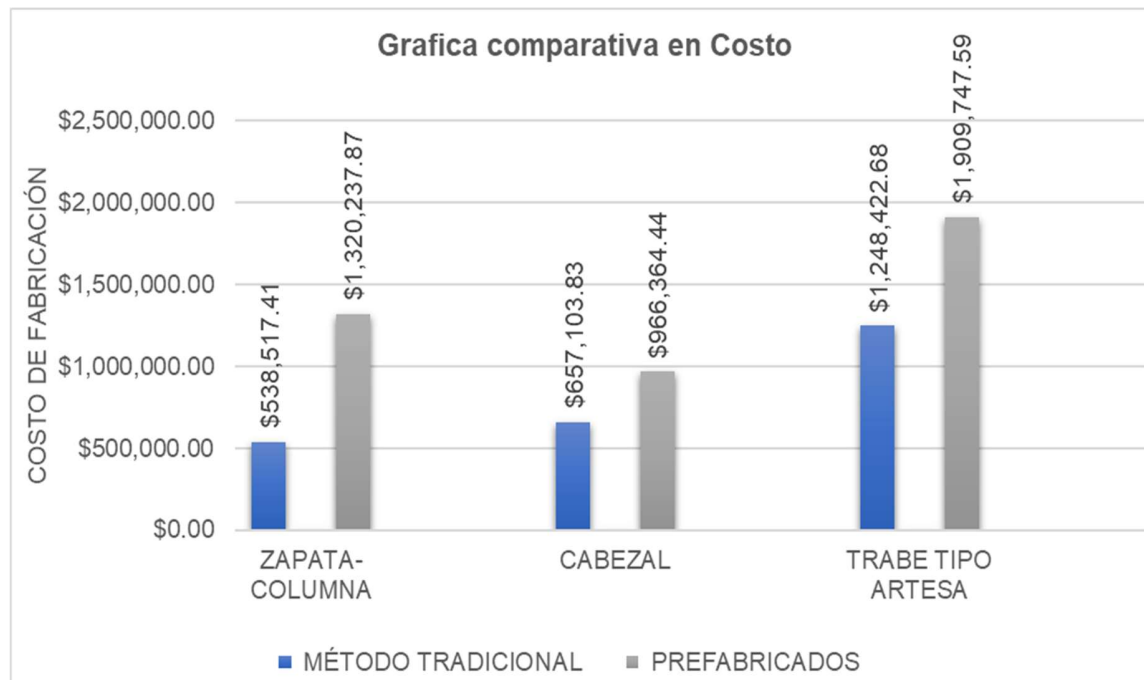
Grafica No. 4. Costo de fabricación de elementos prefabricados (Autoría propia)

3.8 Comparativa en tiempo y costo, entre el método tradicional “in situ” y el uso de prefabricados.

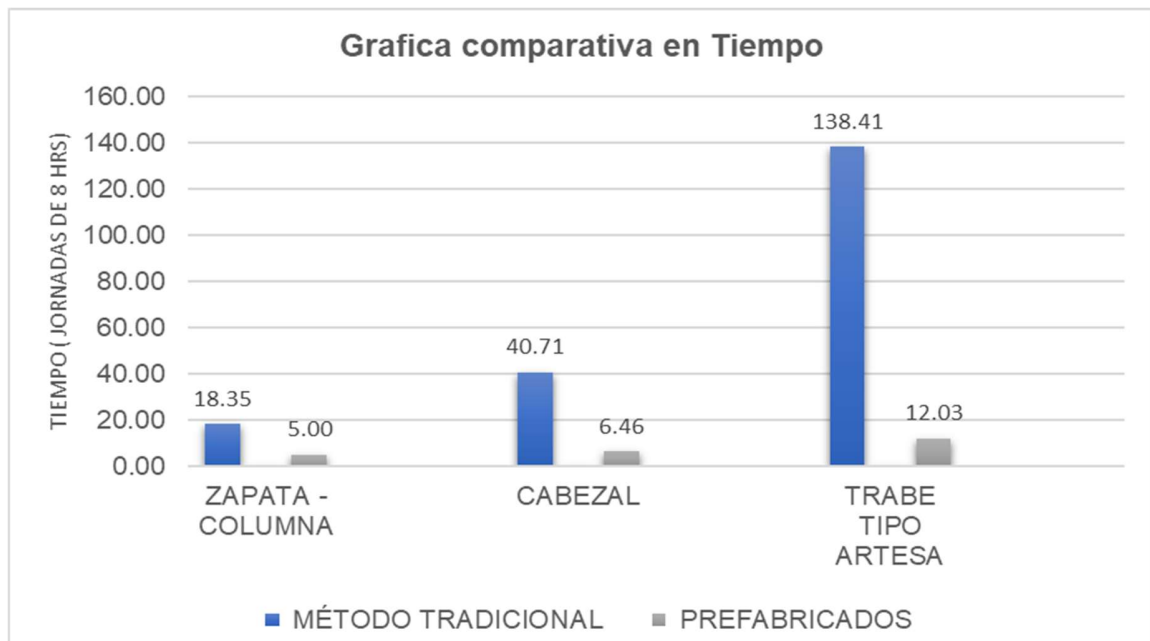
Para realizar el comparativo entre los métodos constructivos, elaboraremos un diagrama de gantt donde representaremos el tiempo y costo de elaboración para cada uno de los elementos, tal como se muestra a continuación:

PROGRAMA DE OBRA CON MONTOS PARA LA FABRICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE CONCRETO (MÉTODO "IN SITU" Y PREFABRICADOS)																				
SEMANA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ELEMENTO																				
ZAPATA - COLUMNA	\$215,406.96	\$215,406.96	\$107,703.48																	
	\$1,320,237.87																			
CABEZAL	\$119,473.42	\$119,473.42	\$119,473.42	\$119,473.42	\$119,473.42	\$59,736.71														
	\$966,364.44																			
TRABE TIPO ARTESA	\$64,021.68	\$64,021.68	\$95,596.27	\$64,021.68	\$64,021.68	\$64,021.68	\$64,021.68	\$64,021.68	\$64,021.68	\$64,021.68	\$64,021.68	\$64,021.68	\$64,021.68	\$64,021.68	\$64,021.68	\$64,021.68	\$64,021.68	\$64,021.68	\$10,436.25	
	\$954,873.795	\$954,873.795																		
MÉTODO TRADICIONAL																				
PREFABRICADOS																				

Para llevar a cabo el análisis comparativo en ambos métodos constructivos, lo representaremos gráficamente, tal como se muestra a continuación:



Grafica No. 5. Comparativa costo de fabricación de los elementos (Autoría propia)



Grafica No. 6. Comparativa en tiempo de fabricación de elementos (Autoría propia)

Una vez representados gráficamente, procederemos a comparar los procesos en tiempo y costo:

En costo:

Zapata-Columna:

- Método Tradicional: \$ 538,517.41
- Prefabricado: \$ 1,320,237.87

59.21% más costoso el procedimiento con uso de prefabricados.

Cabezal:

- Método Tradicional: \$ 657,103.83
- Prefabricado: \$966,364.44

32.00 % más costoso el procedimiento con uso de prefabricados.

Trabe:

- Método Tradicional: \$ 1,248,422.68

- Prefabricado: \$ 1,909,747.59

34.63 % más costoso el procedimiento con uso de prefabricados.

En tiempo:

Zapata-Columna:

- Método Tradicional: 18.35 jor
- Prefabricado: 5 jor

72.75 % más rápido el procedimiento con uso de prefabricados.

Cabezal:

- Método Tradicional: 40.71 jor
- Prefabricado: 6.46 jor

84.13 % más rápido el procedimiento con uso de prefabricados.

Trabe:

- Método Tradicional: 138.41 jor
- Prefabricado: 12.03 jor

91.30 % más rápido el procedimiento con uso de prefabricados.

Realizada la comparativa gráfica y porcentual del tiempo y del costo entre ambos métodos constructivos se determina lo siguiente:

La relación tiempo-costos obtenida en cada uno de los elementos, representa el empleo de menor tiempo a un costo mayor, en el uso de prefabricados comparado con el método tradicional, ya que emplea un sistema de fabricación que optimiza los tiempos, mano de obra especializada; además del sistema de producción industrializado y controlado, diseñado para tener las condiciones óptimas de operación lo que garantiza la calidad durante el proceso de fabricación y seguridad en el montaje.

El método tradicional emplea mayor tiempo en su ejecución debido al proceso de cimbrado, mismo que a su vez depende de la cantidad de la mano de obra que se

emplea; asimismo los insumos y materiales que se consideran; en este caso la cantidad de cimbra de madera para dar el acabado aparente al elemento, por lo que indudablemente provoca un aumento en el costo.

Comparemos los procesos constructivamente en ambos casos:

En el método tradicional, lo que influye en la relación tiempo-costos, es la cantidad de mano de obra, a mayor empleo de mano de obra aumenta el costo, pero a la vez disminuye el tiempo de ejecución, lo cual debe ser analizado dados los tiempos de ejecución de cada obra o proyecto, además de que en el sitio es complicado llevar el control del personal, que para el caso del viaducto Elevado se torna complejo por las condiciones del sitio que se desarrollan los trabajos que es la parte central de la autopista.

En el método tradicional, se requieren de obras falsas para el cimbrado de los elementos, lo cual aumenta el tiempo y el costo aun implementando mayor mano de obra.

En el método tradicional se requiere tener un almacén de materiales cerca del tramo a intervenir, así como un lugar destinado para llevar a cabo el habilitado del acero y cimbra. Además de que el área confinada al centro de la autopista pudiese no ser la adecuada para llevar a cabo las diferentes maniobras durante el proceso, complicando la seguridad de la obra.

En el caso de los prefabricados, se tiene un orden ya que se realiza conforme a un proceso, el cual tiene destinado las áreas respectivas en planta para llevar a cabo las actividades como son: el habilitado, armado, cimbrado, colado, almacenaje, además de llevar un orden sistemático cuya capacidad de producción depende de las líneas de fabricación destinadas para cada elemento, pudiéndose trabajar paralelamente, optimizando tiempo.

En uso de prefabricados garantiza el control de calidad durante el proceso de fabricación en planta, para que cumplan con las especificaciones particulares.

Por último, derivado del análisis comparativo, se determina que el uso de prefabricados a comparación del método tradicional, en la relación tiempo-costo, en promedio más del 82 % es ahorro en tiempo en los tres elementos, que va de la fabricación hasta el montaje, asimismo poco más del 41% en promedio por arriba del costo con el método tradicional. Para el caso del viaducto Elevado se optimizan los tiempos a un costo solo un poco mayor, dando como resultado que el uso de prefabricados en su construcción es la opción optima en tiempo y costo para su ejecución.

4 CAPITULO TERCERO. CONCLUSIONES

4.1 Conclusiones

La comparativa entre el proceso constructivo “in situ” y el prefabricado en cuestión del tiempo y del costo se resume de la siguiente manera:

El método “in situ” requiere de un tiempo mayor y variable para su ejecución, dado que recurre a procedimientos tradicionales, como lo es el cimbrado y el colado de concreto, que conllevan a utilizar mayor número de mano de obra, materiales e insumos, equipo y herramienta; lo cual dependen de la cantidad y/o volumen a ejecutar, del rendimiento de la mano de obra que se vaya a emplear en cada actividad, habiendo demasiado personal en el sitio donde se desarrollan los trabajos, lo que requiere de un control de la mano de obra, pensado a que mientras mayor número de personal mayor avance de ejecución, y además de agentes climáticos a cualquier evento de caso fortuito o fuerza mayor que retrase los trabajos, del suministro de los materiales e insumos y de la complejidad de los trabajos y las condiciones del lugar, lo que provoca un aumento en el costo de construcción en general de cualquier tipo de obra.

En el método “in situ” el uso de cimbra de madera representa un aumento en el costo, ya que se requiere de dar un acabado aparente al elemento, lo cual está sujeto al número de usos; para el caso del Viaducto su empleo genera un alza en su costo ya que se le consideran 4 usos, generando un aumento no contemplando el costo original que se determinó para la fabricación de los elementos (zapata-columna, cabezal y trabe tipo artesa). Además de que los elementos que conforman la superestructura del Viaducto (cabezales y trabes tipo artesa) con el método “in situ”, se requiere el uso de obra falsa conformada de un conjunto de elementos estructurales que se encargarán de soportar y estabilizar la superficie de desplante durante el proceso de construcción, por lo que se tendrá que realizar un análisis estructural que determine la cantidad y capacidad con el que se conformará el soporte, lo que conlleva a realizar trabajos especializados, además de la cantidad

de andamios, el lugar de almacenaje en el sitio de los trabajos, traslado y colocación; lo anterior pone en riesgo la seguridad de la obra y del tránsito vehicular, por lo que surge la necesidad de emplear dispositivos de señalización para asegurar el libre tránsito de vehículos de forma ordenada y segura para el usuario, esto debido a que los trabajos se desarrollan al centro de la calzada de la autopista, mismo que tendrá que ver con los distintos frentes de trabajo que se establezcan a lo largo del eje del Viaducto, considerando para ello el empleo de un gran número de mano de obra, en algunos casos especializada, asimismo al efectuar las maniobras en el proceso de descimbrado; lo anterior provoca un aumento en el costo y tiempo, existiendo una variación constante en el proceso de ejecución provocado por dichas variables.

El uso de cimbra metálica reduce en tiempo y costo la fabricación de cualquier elemento de concreto ya que se puede utilizar N número de veces, a comparación de la cimbra de madera. Además de que garantiza la geometría, acabado, y facilita el cimbrado y descimbrado. Con respecto al costo de fabricación de cimbras metálicas, este depende directamente de las especificaciones y diseño previo, ya que se deberá soportar los esfuerzos producidos por el concreto, contemplando también el número de usos, dimensiones y tipo de material; así también el tiempo que llevará su fabricación.

El uso de prefabricados para la construcción del viaducto, optimiza en tiempo el proceso de fabricación de los elementos que lo conforman, dado que es un proceso controlado y sistematizado que permite llevar un mejor control, debido a que se tiene un orden, teniendo destinado áreas respectivas en planta para llevar a cabo las actividades de: habilitado, armado, cimbrado, colado, curado, almacenaje, además de llevar orden sistemático cuya capacidad de producción depende de las líneas de fabricación destinadas para cada elemento, pudiéndose trabajar paralelamente, optimizando tiempo. Lo anterior conlleva al empleo de mano de obra especializada y a asignar la cantidad de mano de obra adecuada para la ejecución de cada actividad, la cual dependerá de la capacidad técnica habiendo algunos factores por considerar donde el tiempo puede variar tales como: condiciones climáticas, fallas

electromecánicas, deformación de los moldes, suministros de materiales, rendimientos durante el proceso, etc. Por lo que deberá preverse todo tipo de eventos que interrumpan la producción conforme al protocolo establecido en la planta.

La relación tiempo-costo obtenida en cada uno de los elementos, representa el empleo de menor tiempo a un costo mayor, en el uso de prefabricados comparado con el método tradicional, siendo esta de un promedio más del 82 % en ahorro en tiempo en los tres elementos, que va de la fabricación hasta el montaje, asimismo poco más del 41% en promedio por arriba del costo con el método tradicional. Por lo tanto, para el caso del viaducto se optimiza el tiempo a un costo solo un poco mayor.

El uso de prefabricados optimiza en tiempo y costo de ejecución la construcción del viaducto, dado que las exigencias y el lugar donde se desarrolla la obra imposibilita el desarrollo de los trabajos “in situ”, a excepción de su cimentación, por lo que se considera como el proceso de ejecución adecuado para su construcción con lo que se garantiza la integra calidad, durabilidad y servicio, durante su vida útil.

Ya que el método “in situ” es de mayor riesgo por el tipo de obra que representa el Viaducto, su construcción se llevó a cabo al centro del cuerpo de la calzada de la autopista, poniendo en riesgo la seguridad e integridad, tanto del personal responsable de la ejecución, como del usuario.

4.2 Bibliografía

abreu, d. j. (1996). construccion y edificacion industrial. barcelona: gustavo gil.

campos, f. i. (01 de enero de 2013). proyecto y construccion del puente vehicular, ubicado en el km 10+300 de la av. pacifico: toluca-tejupilco. proyecto y construccion del puente vehicular, ubicado en el km 10+300 de la av. pacifico: toluca-tejupilco. mexico, mexico, mexico: ninguna.

escrig, p. c. (2010). evolucion de los sistemas de construccion insdustrializados a base de elementos prefabricados de hormigon. 1-7. mexico, mexico, mexico.

ferguson, p. m. (2005). teoria elemental del concreto reforzado. mexico: continental.

guerrero, j. o. (01 de abril de 2013). proceso constructivo de la primera fase (toreo-lomas verdes) viaducto bicentenario del estado de mexico. roceso constructivo de la primera fase (toreo-lomas verdes) viaducto bicentenario del estado de mexico. mexico, distrito federal, mexico: ninguna.

hernandez, e. g. (13 de febrero de 2004). prefabricados de concreto en la industria de la construccion. prefabricados de concreto en la industria de la construccion. mexico, distrito federal, mexico: ninguna.

vidal, a. l. (2005). la construccion en prefabricados de hormigon. mexico: andece.

vilagut, f. (1975). prefabricados de hormigon. barcelona: gustavo gil.

<http://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-servicios-tecnicos/datos-viales/>

4.3 Anexos

Anexo 1. PG-01 Plano de Planta General del Proyecto

Anexo 2. PT-01 Plano de pila de cimentación tipo

Anexo 3. PN-01 Plano de niveles

Anexo 4. LN-01 Plano de Losa de Nivelación Tipo

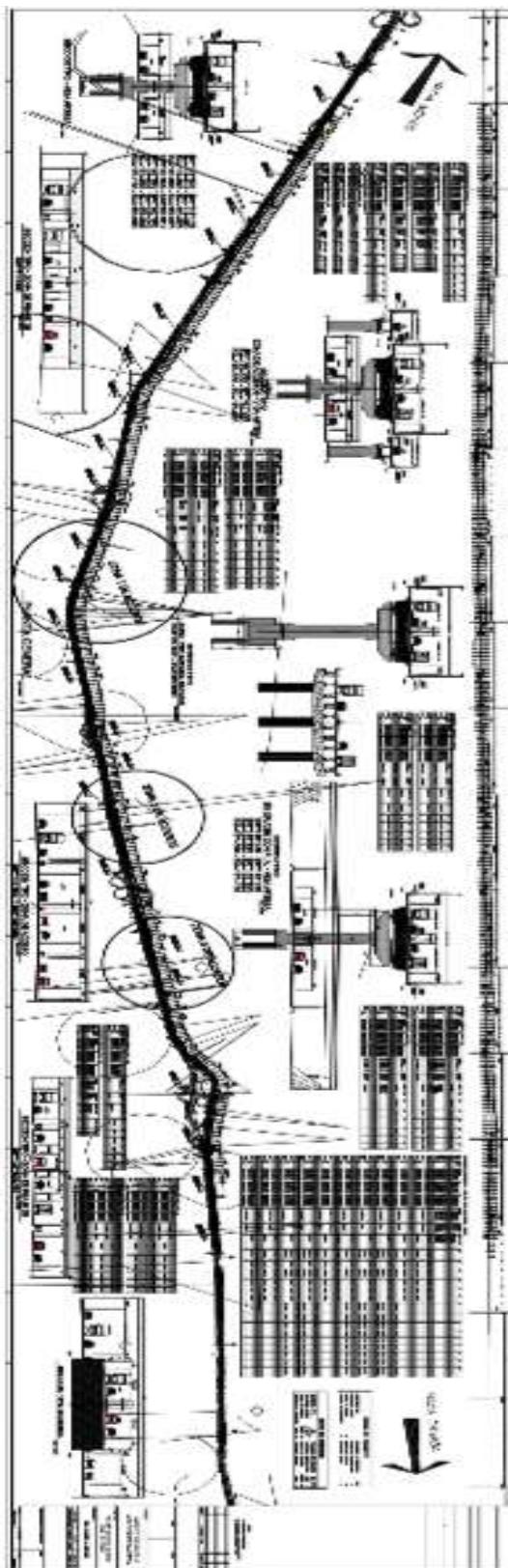
Anexo 5. ZC-01 Plano estructural de zapata y columna Tipo

Anexo 6. CAB-01 Plano de Cabezal Tipo Acero de Refuerzo y Presfuerzo 1 a 3

Anexo 7. TRAB-01 Plano de Trabe Tipo Artesa Acero de Refuerzo y Presfuerzo 1 a 3

Anexo 8. Tarjetas de Análisis de Precios unitarios

Anexo 1. PG-01 Plano de Planta General del Proyecto



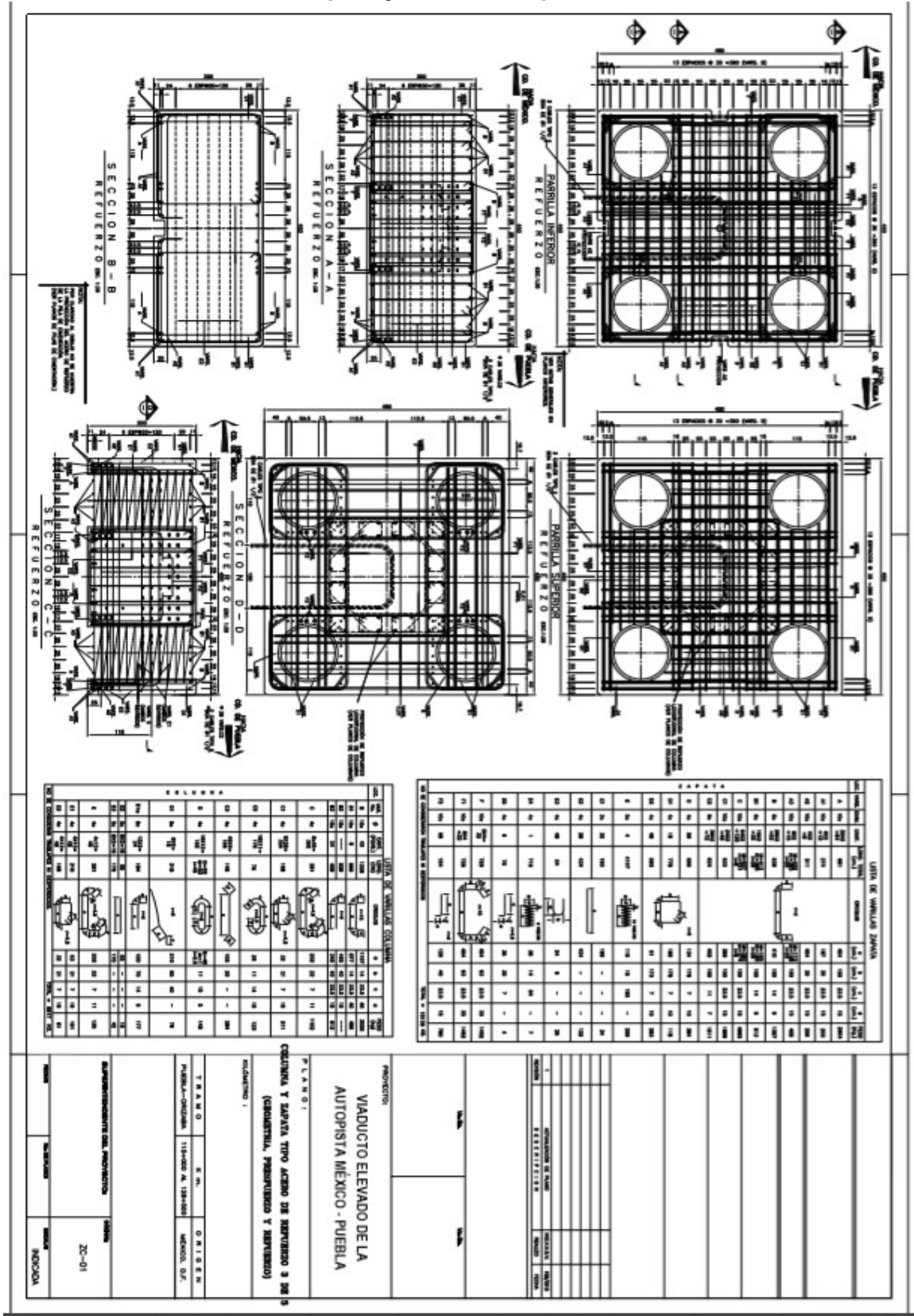
SECCION TRANSVERSAL TIPO

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Anexo 5. ZC-01 Plano de Zapata y Columna Tipo Acero de Refuerzo 3 a 3



[illegible]

[illegible]

SECTION A-A
REFUERZO mm. 140

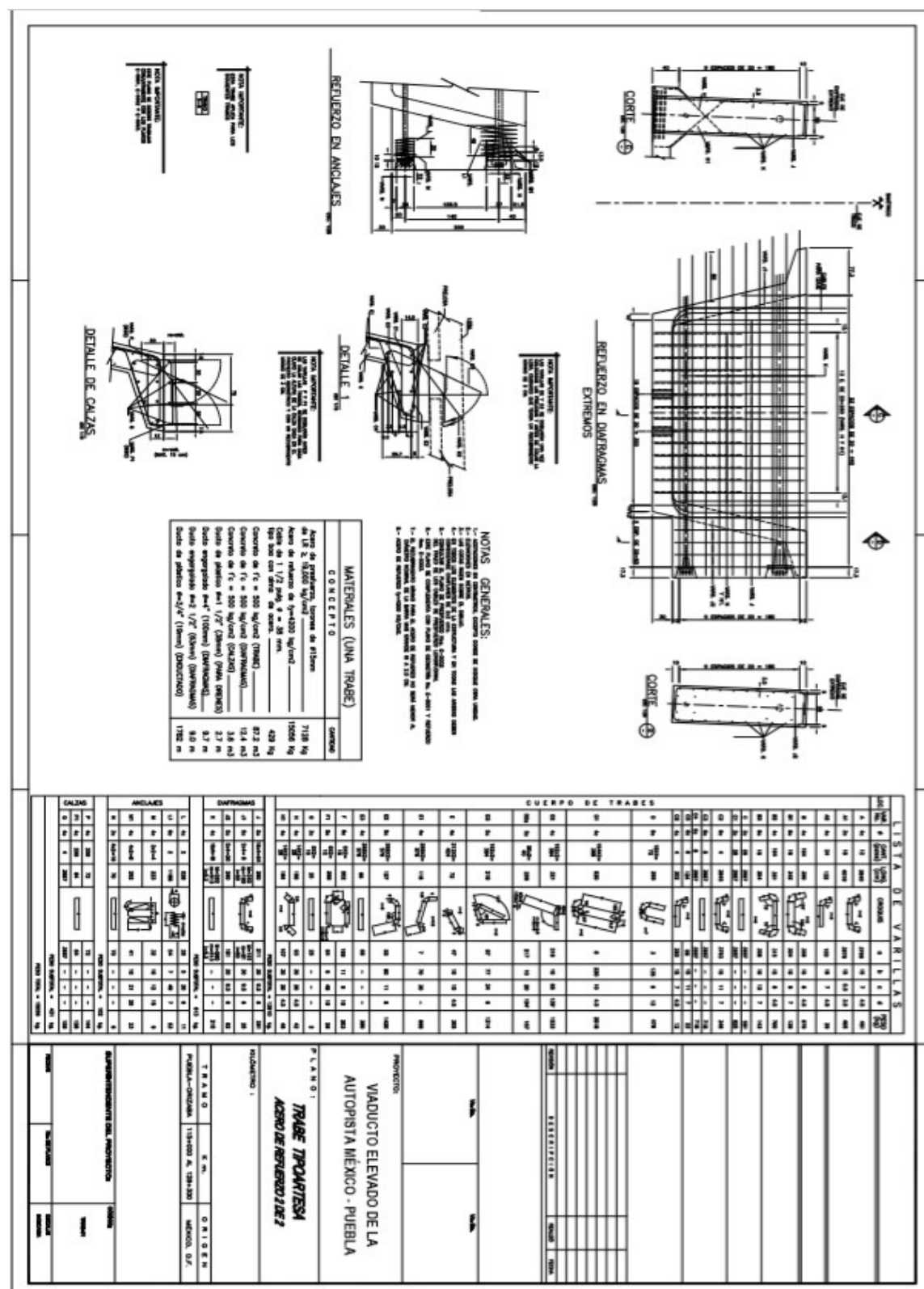
SECTION B-B
REFUERZO mm. 140

SECTION C-C
REFUERZO mm. 140

SECTION D-D
REFUERZO mm. 140

PUERBLA

AUTOPISTA MEXICO - PUEBLA



PROYECTO: VIADUCTO ELEVADO DE LA AUTOPISTA MEXICO - PUEBLA

FECHA: 15/05/2010

AUTOR: [Name]

DISEÑADOR: [Name]

REVISOR: [Name]

APROBADO: [Name]

FECHA: 15/05/2010

Anexo 8. Tarjetas de Análisis de Precios unitarios

Obra:	OPTIMIZACIÓN EN TIEMPO Y COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE VIADUCTO ELEVADO, UBICADO EN EL KM 115+000 AL KM 128+300 DE LA AUTIPISTA 150 D (MÉXICO-PUEBLA).
Lugar:	Puebla. Puebla.

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida: ZAPATA Y COLUMNA		Análisis No.:		10			
Análisis:	TRAZO-01	M2	4.8400			\$16.60	
TRAZO Y NIVELACIÓN CON APARATOS ESTABLECIENDO EJERS DE REFERENCIAS, INCLUYE: TODOS LOS MATERIALES Y APARATOS NECESARIOS PARA EL TRAZO Y VERIFICACIÓN PREVIA DE LOS NIVELES ASI COMO LA MANO DE OBRA Y LA HERRAMIENTA NECESARIA PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.							
MATERIALES							
SUBTOTAL: MATERIALES							
MANO DE OBRA							
CUAD 01	CUADRILLA DE TOPOGRAFIA (1 JOR TOPOGRAFO + 1 AYUDANTE ESPECIALIZADO)						
MO092	TOPOGRAFO	JOR	\$559.47	*	1.000000	\$559.47	
MO031	AYUDANTE ESPECIALIZADO	JOR	\$349.35	*	1.000000	\$349.35	
MO082	CABO DE OFICIOS	JOR	\$559.47	*	0.100000	\$55.95	
	Importe:					\$964.77	
	Rendimiento: M2/JOR				390.595142	\$2.47	72.01%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA						\$2.47	72.01%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
EQTRAN	EQUIPO DE TOPOGRAFIA	HOR	\$21.03	/	25.000000	\$0.84	24.49%
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$2.47	*	0.030000	\$0.07	2.04%
%MO5	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$2.47	*	0.020000	\$0.05	1.46%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA						\$0.56	27.55%
(CD) Costo directo						\$3.43	100.00%
(CI) INDIRECTOS							
SUBTOTAL1						\$3.43	
(CF) FINANCIAMIENTO							
SUBTOTAL2						\$3.43	
(CU) UTILIDAD							
PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)						\$3.43	
(* TRES PESOS 43/100 M.N. *)							

Obra: OPTIMIZACIÓN EN TIEMPO Y COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE VIADUCTO ELEVADO, UBICADO EN EL KM 115+000 AL KM 128+300 DE LA AUTOPISTA 150 D (MÉXICO-PUEBLA).

Lugar: Puebla. Puebla.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida:	ZAPATA Y COLUMNA	Analisis No.:	20				
Análisis:	ACERO-01	KG	25,064.0000			\$374,456.16	
HABILITADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO FY=4,200 KG/CM2 EN CIMENTACIÓN EN CUALQUIER DIÁMETRO, INCLUYE: TRASLAPES, GANCHOS, ESCUADRAS Y DESPERDICIOS							
MATERIALES							
ALAMBRE	ALAMBRE RECOCIDO	KG	\$14.00	*	0.037143	\$0.52	3.48%
VARILLA3/8	VARILLA DE ACERO CORRUGADA DE F'c= 4,200 KG/CM2	KG	\$13.00	*	1.000000	\$13.00	87.01%
SUBTOTAL:	MATERIALES					\$13.52	90.50%
MANO DE OBRA							
CUAD 02	CUADRILLA DE HABILITADO (7 JOR OFICIALES FIERREROS + 7 AYUDANTES)	JOR					
MO021	AYUDANTE GENERAL	JOR	\$302.67	*	7.000000	\$2118.69	
MO051	OFICIAL FIERRERO	JOR	\$488.41	*	7.000000	\$3418.87	
MO082	CABO DE OFICIOS	JOR	\$559.47	*	0.100000	\$55.95	
	Importe:					\$5593.51	
	Rendimiento: KG/JOR				4,200.000000	\$1.33	8.90%
SUBTOTAL:	MANO DE OBRA					\$1.33	8.90%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$1.33	*	0.030000	\$0.04	0.27%
%MO5	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$1.33	*	0.020000	\$0.03	0.20%
CORTADORAAC	CORTADORA DE METAL 14" MCA MAKITA	HOR	\$12.00	/	800.000000	\$9.60	0.13%
SUBTOTAL:	EQUIPO Y HERRAMIENTA					\$0.09	0.60%
	(CD) Costo directo					\$14.94	100.00%
	(CI) INDIRECTOS						
	SUBTOTAL1					\$14.94	
	(CF) FINANCIAMIENTO						
	SUBTOTAL2					\$14.94	
	(CU) UTILIDAD						
	PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)					\$14.94	
	(* CATORCE PESOS 94/100 M.N. *)						

Obra: OPTIMIZACIÓN EN TIEMPO Y COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE VIADUCTO ELEVADO, UBICADO EN EL KM 115+000 AL KM 128+300 DE LA AUTOPISTA 150 D (MÉXICO-PUEBLA).

Lugar: Puebla, Puebla.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida:	ZAPATA Y COLUMNA	Analisis No.:	30				
Análisis:	CIM-01	M2	17.6000			\$4,263.07	
CIMBRA COMÚN EN ZAPATAS DE CIMENTACIÓN, INCLUYE: HABILITADO, CIMBRADO Y DESCIMBRADO.							
MATERIALES							
BARROTE	BARROTE DE PINO DE 3a DE PZA 1.5"x3.5"x8.25"	PZA	\$75.00	*	0.141359	\$10.60	4.38%
POLIN	POLIN DE PINO DE 3a DE 3.5"x3.5"x8.25"	PZA	\$120.00	*	0.083893	\$10.07	4.16%
DIESEL	DIESEL	LTO	\$16.81	*	0.300000	\$5.04	2.08%
CLAVOS	CLAVOS DE 2 A 4 "	KG	\$25.24	*	0.200000	\$5.05	2.08%
TRIPLAY16	TRIPLAY DE PINO 1CARA W.P. NACIONAL DE 16 MM	PZA	\$650.00	*	0.083893	\$54.53	22.51%
ALAMBRE	ALAMBRE RECOCIDO	KG	\$14.00	*	0.200000	\$2.80	1.16%
CL236	SEPARADOR SIN CUÑA DE 15 CM.	PZA	\$13.83	*	4.000000	\$55.32	22.84%
SUBTOTAL:	MATERIALES					\$143.41	59.21%
MANO DE OBRA							
CUAD 03	CUADRILLA DE CARPINTERÍA (1 OFICIAL CARPINTERO + 1 AYUDANTE)	JOR					
MO052	OFICIAL CARPINTERO DE O. NEGRA	JOR	\$488.41	*	1.000000	\$488.41	
MO021	AYUDANTE GENERAL	JOR	\$302.67	*	1.000000	\$302.67	
MO082	CABO DE OFICIOS	JOR	\$559.47	*	0.100000	\$55.95	
	Importe:					\$847.03	
	Rendimiento: M2/JOR				9.000000	\$94.11	38.85%
SUBTOTAL:	MANO DE OBRA					\$94.11	38.85%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$94.11	*	0.030000	\$2.82	1.16%
%MO5	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$94.11	*	0.020000	\$1.88	0.78%
SUBTOTAL:	EQUIPO Y HERRAMIENTA					\$4.70	1.94%
	(CD) Costo directo					\$242.22	100.00%
	(CI) INDIRECTOS						
	SUBTOTAL1					\$242.22	
	(CF) FINANCIAMIENTO						
	SUBTOTAL2					\$242.22	
	(CU) UTILIDAD						
	PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)					\$242.22	
(* DOSCIENTOS CUARENTA Y DOS PESOS 22/100 M.N. *)							

Obra: OPTIMIZACIÓN EN TIEMPO Y COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE VIADUCTO ELEVADO, UBICADO EN EL KM 115+000 AL KM 128+300 DE LA AUTOPISTA 150 D (MÉXICO-PUEBLA).

Lugar: Puebla, Puebla.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida: ZAPATA Y COLUMNA		Análisis No.:		40			
Análisis:	CIM-02	M2		20.1600		\$6,061.31	
CIMBRA ACABADO APARENTE EN ESTRUCTURA, INCLUYE: HABILITADO, CORTES, DESPERDICIOS, CIMBRADO Y DESCIMBRADO.							
MATERIALES							
BARROTE	BARROTE DE PINO DE 3a DE 1.5"x3.5"x8.25"	PZA	\$75.00	*	0.141359	\$10.60	3.53%
POLIN	POLIN DE PINO DE 3a DE 3.5"x3.5"x8.25"	PZA	\$120.00	*	0.083893	\$10.07	3.35%
DIESEL	DIESEL	LTO	\$16.81	*	0.300000	\$5.04	1.68%
CLAVOS	CLAVOS DE 2 A 4 "	KG	\$25.24	*	0.200000	\$5.05	1.68%
TRIPLAY16	TRIPLAY DE PINO 1CARA W.P. NACIONAL DE 16 MM	PZA	\$650.00	*	0.083893	\$54.53	18.14%
ALAMBRE	ALAMBRE RECOCIDO	KG	\$14.00	*	0.200000	\$2.80	0.93%
CL236	SEPARADOR SIN CUÑA DE 15 CM.	PZA	\$13.83	*	4.000000	\$55.32	18.40%
EQGRUA	GRUA DE PATIO DE 20 TON.	HOR	\$483.00	/	20.000000	\$24.15	8.03%
SUBTOTAL: MATERIALES						\$167.56	55.73%
MANO DE OBRA							
CUAD 03	CUADRILLA DE CARPINTERÍA (1 OFICIAL CARPINTERO + 1 AYUDANTE)	JOR					
MO052	OFICIAL CARPINTERO DE O. NEGRA	JOR	\$488.41	*	1.000000	\$488.41	
MO021	AYUDANTE GENERAL	JOR	\$302.67	*	1.000000	\$302.67	
MO082	CABO DE OFICIOS	JOR	\$559.47	*	0.100000	\$55.95	
	Importe:					\$847.03	
	Rendimiento: M2/JOR				7.000000	\$121.00	40.24%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA						\$121.00	40.24%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$121.00	*	0.030000	\$3.63	1.21%
%MO5	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$121.00	*	0.020000	\$2.42	0.80%
%MO2	ANDAMIOS	%	\$121.00	*	0.050000	\$6.05	2.01%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA						\$12.10	4.02%
(CD) Costo directo						\$300.66	100.00%
(CI) INDIRECTOS							
SUBTOTAL1						\$300.66	
(CF) FINANCIAMIENTO							
SUBTOTAL2						\$300.66	
(CU) UTILIDAD							
PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)						\$300.66	
(* TRESCIENTOS PESOS 66/100 M.N. *)							

Obra: OPTIMIZACIÓN EN TIEMPO Y COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE VIADUCTO ELEVADO, UBICADO EN EL KM 115+000 AL KM 128+300 DE LA AUTIPISTA 150 D (MÉXICO-PUEBLA).

Lugar: Puebla, Puebla.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida: ZAPATA Y COLUMNA		Análisis No.:		50			
Análisis:	CONCRET-01	M3	56.3000			\$140,805.17	
CONCRETO PREMEZCLADO F'C= 400 KG/CM2 EN CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA RESISTENCIA MAXIMA A 3 DÍAS, INCLUYE: BOMBEO, COLADO, VIBRADO, CURADO, PRUEBAS Y DESPERDICIOS.							
MATERIALES							
CONC400	CONCRETO PREMEZCLADO C-1, F'C=400 KG/CM2	M3	\$2,113.16	*	1.050000	\$2218.82	88.72%
CP60	BOMBEO C/BOMBA EST.DE 00 A 15 M. VERTICAL	M3	\$189.56	*	1.020000	\$193.35	7.73%
SUBTOTAL:	MATERIALES					\$2412.17	96.45%
MANO DE OBRA							
CUAD 04	CUADRILLA DE COLADO (1 OFICIAL ALBAÑIL + 5 AYUDANTES)	JOR					
MO021	AYUDANTE GENERAL	JOR	\$302.67	*	5.000000	\$1513.35	
MO041	OFICIAL ALBAÑIL	JOR	\$490.01	*	1.000000	\$490.01	
MO082	CABO DE OFICIOS	JOR	\$559.47	*	0.100000	\$55.95	
	Importe:					\$2059.31	
	Rendimiento: M3/JOR				45.000000	\$45.76	1.83%
SUBTOTAL:	MANO DE OBRA					\$45.76	1.83%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
EQVIB	VIBRADOR PARA CONCRETO	HOR	\$81.52	/	2.000000	\$40.76	1.63%
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$45.76	*	0.030000	\$1.37	0.05%
%MO5	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$45.76	*	0.020000	\$0.92	0.04%
SUBTOTAL:	EQUIPO Y HERRAMIENTA					\$43.05	1.72%
(CD) Costo directo						\$2,500.98	100.00%
(CI) INDIRECTOS							
SUBTOTAL1						\$2,500.98	
(CF) FINANCIAMIENTO							
SUBTOTAL2						\$2,500.98	
(CU) UTILIDAD							
PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)						\$2,500.98	
(* DOS MIL QUINIENTOS PESOS 98/100 M.N. *)							

	Obra: OPTIMIZACIÓN EN TIEMPO Y COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE VIADUCTO ELEVADO, UBICADO EN EL KM 115+000 AL KM 128+300 DE LA AUTIPPISTA 150 D (MÉXICO-PUEBLA). Lugar: Puebla. Puebla.
--	---

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida:	ZAPATA Y COLUMNA	Analisis No.:	60				
Analisis:	ACPRE-01		KG		74.8000	\$4,242.66	
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ACERO DE PRESFUERZO FPU= 19,000 KG/CM2, 8 TORONES T15 (5/8) EN COLUMNA							
MATERIALES							
MACAB095	CABLE DE ACERO DE PRESFUERZO	M	\$55.93	*	1.000000	\$55.93	98.61%
SUBTOTAL: MATERIALES						\$55.93	98.61%
MANO DE OBRA							
CUAD 05	CUADRILLA DE ARMADO DE ACERO (1 JOR OFICIAL FIERRERO + 2 AYUDANTES)						
MO021	AYUDANTE GENERAL	JOR	\$302.67	*	2.000000	\$605.34	
MO051	OFICIAL FIERRERO	JOR	\$488.41	*	1.000000	\$488.41	
MO082	CABO DE OFICIOS	JOR	\$559.47	*	0.200000	\$111.89	
	Importe:					\$1205.64	
	Rendimiento: KG/JOR				1,600.000000	\$0.75	1.32%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA						\$0.75	1.32%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$0.75	*	0.030000	\$0.02	0.04%
%MO5	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$0.75	*	0.020000	\$0.02	0.04%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA						\$0.04	0.07%
(CD) Costo directo						\$56.72	100.00%
(CI) INDIRECTOS							
SUBTOTAL1						\$56.72	
(CF) FINANCIAMIENTO							
SUBTOTAL2						\$56.72	
(CU) UTILIDAD							
PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)						\$56.72	
(* CINCUENTA Y SEIS PESOS 72/100 M.N. *)							

Obra: OPTIMIZACIÓN EN TIEMPO Y COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE VIADUCTO ELEVADO, UBICADO EN EL KM 115+000 AL KM 128+300 DE LA AUTIPISTA 150 D (MÉXICO-PUEBLA).

Lugar: Puebla. Puebla.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida:	ZAPATA Y COLUMNA	Análisis No.:		70			
Análisis:	POLIST	M3			11.7600	\$5,995.13	
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ALIGERANTE A BASE DE POLIESTIRENO DE ALTA DENSIDAD							
MATERIALES							
CASETON	CASETON DE POLIESTIRENO	M3	\$487.55	*	1.000000	\$487.55	95.64%
SUBTOTAL:	MATERIALES					\$487.55	95.64%
MANO DE OBRA							
CUAD 06	CUADRILLA AUXILIAR (1 OFICIAL FERRERO + 1 AYUDANTE)	JOR					
MO021	AYUDANTE GENERAL	JOR	\$302.67	*	1.000000	\$302.67	
MO051	OFICIAL FERRERO	JOR	\$488.41	*	1.000000	\$488.41	
MO082	CABO DE OFICIOS	JOR	\$559.47	*	0.100000	\$55.95	
	Importe:					\$847.03	
	Rendimiento: M3/JOR				40.000000	\$21.18	4.15%
SUBTOTAL:	MANO DE OBRA					\$21.18	4.15%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$21.18	*	0.030000	\$0.64	0.13%
%MO5	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$21.18	*	0.020000	\$0.42	0.08%
SUBTOTAL:	EQUIPO Y HERRAMIENTA					\$1.06	0.21%
(CD) Costo directo						\$509.79	100.00%
(CI) INDIRECTOS							
SUBTOTAL1						\$509.79	
(CF) FINANCIAMIENTO							
SUBTOTAL2						\$509.79	
(CU) UTILIDAD							
PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)						\$509.79	
(* QUINIENTOS NUEVE PESOS 79/100 M.N. *)							

Obra: OPTIMIZACIÓN EN TIEMPO Y COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE VIADUCTO ELEVADO, UBICADO EN EL KM 115+000 AL KM 128+300 DE LA AUTOPISTA 150 D (MÉXICO-PUEBLA).

Lugar: Puebla, Puebla.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida:	ZAPATA Y COLUMNA	Análisis No.:		80			
Análisis:	TUBOPVC		M		8.5000	\$753.02	
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE TUBO DE PVC RD 26 DE 8"							
MATERIALES							
TUBOPVCH	TUBO DE PVC HIDRAULICO RD 26 DE 8" DE DIAMETRO	PZA	\$495.88	/	5.999032	\$82.66	93.31%
SUBTOTAL:	MATERIALES					\$82.66	93.31%
MANO DE OBRA							
CUAD 06	CUADRILLA AUXILIAR (1 OFICIAL FIERRERO + 1 AYUDANTE)	JOR					
MO021	AYUDANTE GENERAL	JOR	\$302.67	*	1.000000	\$302.67	
MO051	OFICIAL FIERRERO	JOR	\$488.41	*	1.000000	\$488.41	
MO082	CABO DE OFICIOS	JOR	\$559.47	*	0.100000	\$55.95	
	Importe:					\$847.03	
	Rendimiento: MUJOR				150.000000	\$5.65	6.38%
SUBTOTAL:	MANO DE OBRA					\$5.65	6.38%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$5.65	*	0.030000	\$0.17	0.19%
%MO5	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$5.65	*	0.020000	\$0.11	0.12%
SUBTOTAL:	EQUIPO Y HERRAMIENTA					\$0.28	0.32%
	(CD) Costo directo					\$88.59	100.00%
	(CI) INDIRECTOS						
	SUBTOTAL1					\$88.59	
	(CF) FINANCIAMIENTO						
	SUBTOTAL2					\$88.59	
	(CU) UTILIDAD						
	PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)					\$88.59	
	(* OCHENTA Y OCHO PESOS 59/100 M.N. *)						

Obras: OPTIMIZACIÓN EN TIEMPO Y COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE VIADUCTO ELEVADO, UBICADO EN EL KM 115+000 AL KM 126+300 DE LA AUTOPISTA 150 D (MÉXICO-PUEBLA)

Lugar: Puebla, Puebla

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida:	ZAPATA Y COLUMNA	Analisis No.:		90			
Análisis:	TENSADO	KG			7,127.8800	\$1,324.29	
	TENSADO DE ACERO DE PRESFUERZO DE FPU= 19,200 KG/CM2, TORONES 115 (5/8)						
	MATERIALES						
	SUBTOTAL: MATERIALES						
	MANO DE OBRA						
CUAD 07	CUADRILLA DE TENSADO (1 AYUDANTE ESPECIALIZADO)	JOR					
MO001	AYUDANTE ESPECIALIZADO	JOR	\$349.35	*	1.000000	\$349.35	
MO002	CABO DE OFICIOS	JOR	\$55.95	*	0.100000	\$55.95	
	Importe:					\$405.30	
	Rendimiento: KG/JOR				3,552.000000	\$0.11	40.74%
	SUBTOTAL: MANO DE OBRA						
	EQUIPO Y HERRAMIENTA						
GAT001	GATO HIDRÁULICO MULTITORON	HOR	\$35.00	/	445.000000	\$0.08	29.63%
NA001	HYDROPAC DE 100 TON	%	\$0.11	*	0.030000		
NA005	HERRAMIENTA MENOR	%	\$0.11	*	0.020000		
GEN01	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$0.11	*	0.020000		
GEN01	PLATAFORMA GENIE MOO GS-5300	HOR	\$35.00	/	445.000000	\$0.08	29.63%
	SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA						
	(CD) Costo directo						
	(CI) INDIRECTOS						
	SUBTOTAL1						
	(CF) FINANCIAMIENTO						
	SUBTOTAL2						
	(CU) UTILIDAD						
	PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)						
	(= CERO PESOS 27/100 M.N. *)						

Obra: OPTIMIZACIÓN EN TIEMPO Y COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE VIADUCTO ELEVADO, UBICADO EN EL KM 115+000 AL KM 128+300 DE LA AUTOPISTA 150 D (MÉXICO-PUEBLA).

Lugar: Puebla, Puebla.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida:	CABEZAL	Análisis No.:		10			
Análisis:	TRAZO-01		M2		30.8000	\$105.64	
TRAZO Y NIVELACIÓN CON APARATOS ESTABLECIENDO EJERS DE REFERENCIAS, INCLUYE: TODOS LOS MATERIALES Y APARATOS NECESARIOS PARA EL TRAZO Y VERIFICACIÓN PREVIA DE LOS NIVELES ASI COMO LA MANO DE OBRA Y LA HERRAMIENTA NECESARIA PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.							
MATERIALES							
SUBTOTAL:	MATERIALES						
MANO DE OBRA							
CUAD 01	CUADRILLA DE TOPOGRAFIA (1 JOR TOPOGRAFO + 1 AYUDANTE ESPECIALIZADO)						
MO092	TOPOGRAFO	JOR	\$559.47	*	1.000000	\$559.47	
MO031	AYUDANTE ESPECIALIZADO	JOR	\$349.35	*	1.000000	\$349.35	
MO082	CABO DE OFICIOS	JOR	\$559.47	*	0.100000	\$55.95	
	Importe:					\$964.77	
	Rendimiento: M2/JOR				390.595142	\$2.47	72.01%
SUBTOTAL:	MANO DE OBRA					\$2.47	72.01%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
EQTRAN	EQUIPO DE TOPOGRAFIA	HOR	\$21.03	/	25.000000	\$0.84	24.49%
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$2.47	*	0.030000	\$0.07	2.04%
%MO5	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$2.47	*	0.020000	\$0.05	1.46%
SUBTOTAL:	EQUIPO Y HERRAMIENTA					\$0.96	27.95%
	(CD) Costo directo					\$3.43	100.00%
	(CI) INDIRECTOS						
	SUBTOTAL1					\$3.43	
	(CF) FINANCIAMIENTO						
	SUBTOTAL2					\$3.43	
	(CU) UTILIDAD						
	PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)					\$3.43	
	(* TRES PESOS 43/100 M.N. *)						

Obra: OPTIMIZACIÓN EN TIEMPO Y COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE VIADUCTO ELEVADO, UBICADO EN EL KM 115+000 AL KM 128+300 DE LA AUTIPISTA 150 D (MÉXICO-PUEBLA).

Lugar: Puebla. Puebla.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida:	CABEZAL	Unidad			20		
Análisis:	ACERO-02	KG			12,710.0000	\$189,887.40	
HABILITADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO FY=4,200 KG/CM2 EN CUALQUIER DIÁMETRO. INCLUYE: HABILITADO, TRASLAPES, GANCHOS, ESCUADRAS, DESPERDICIOS, FIJACIÓN, CALZAS PARA DAR RECUBRIMIENTO REQUERIDO Y COLOCACIÓN EN EL MOLDE CON GRUA PÓTICO DE 120 TN.							
MATERIALES							
ALAMBRE	ALAMBRE RECOCIDO	KG	\$14.00	*	0.037143	\$0.52	3.48%
VARILLA3/8	VARILLA DE ACERO CORRUGADA DE F'c= 4,200 KG/CM2	KG	\$13.00	*	1.000000	\$13.00	87.01%
SUBTOTAL:	MATERIALES					\$13.52	90.50%
MANO DE OBRA							
CUAD 02	CUADRILLA DE HABILITADO (7 JOR OFICIALES FIERREROS + 7 AYUDANTES)	JOR	\$302.67	*	7.000000	\$2118.69	
MO021	AYUDANTE GENERAL	JOR	\$488.41	*	7.000000	\$3418.87	
MO082	CABO DE OFICIOS	JOR	\$559.47	*	0.100000	\$55.95	
	Importe:					\$5593.51	
	Rendimiento: KG/JOR				4,200.000000	\$1.33	8.90%
SUBTOTAL:	MANO DE OBRA					\$1.33	8.90%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$1.33	*	0.030000	\$0.04	0.27%
%MO5	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$1.33	*	0.020000	\$0.03	0.20%
CORTADORAAC	CORTADORA DE METAL 14" MCA MAKITA	HOR	\$12.00	/	800.000000	\$0.02	0.13%
SUBTOTAL:	EQUIPO Y HERRAMIENTA					\$0.09	0.60%
	(CD) Costo directo					\$14.94	100.00%
	(CI) INDIRECTOS						
	SUBTOTAL1					\$14.94	
	(CF) FINANCIAMIENTO						
	SUBTOTAL2					\$14.94	
	(CU) UTILIDAD						
	PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)					\$14.94	
	(* CATORCE PESOS 94/100 M.N. *)						

Obra: OPTIMIZACIÓN EN TIEMPO Y COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE VIADUCTO ELEVADO, UBICADO EN EL KM 115+000 AL KM 128+300 DE LA AUTIPISTA 150 D (MÉXICO-PUEBLA).

Lugar: Puebla, Puebla.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida:	CABEZAL	Analisis No.:		30			
Analisis:	ACPRE-01	KG			3,048.0000	\$172,789.12	
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ACERO DE PRESFUERZO FPU= 19,000 KG/CM2, 8 TORONES T15 (5/8) EN COLUMNA							
MATERIALES							
MACAB095	CABLE DE ACERO DE PRESFUERZO	M	\$55.93	*	1.000000	\$55.93	98.61%
SUBTOTAL: MATERIALES						\$55.93	98.61%
MANO DE OBRA							
CUAD 05	CUADRILLA DE ARMADO DE ACERO (1 JOR OFICIAL FIERREIRO + 2 AYUDANTES)	JOR					
MO021	AYUDANTE GENERAL	JOR	\$302.67	*	2.000000	\$605.34	
MO051	OFICIAL FIERREIRO	JOR	\$488.41	*	1.000000	\$488.41	
MO082	CABO DE OFICIOS	JOR	\$559.47	*	0.200000	\$111.89	
	Importe:					\$1205.64	
	Rendimiento: KG/JOR				1,600.000000	\$0.75	1.32%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA						\$0.75	1.32%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$0.75	*	0.030000	\$0.02	0.04%
%MO5	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$0.75	*	0.020000	\$0.02	0.04%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA						\$0.04	0.07%
(CD) Costo directo						\$56.72	100.00%
(CI) INDIRECTOS							
SUBTOTAL1						\$56.72	
(CF) FINANCIAMIENTO							
SUBTOTAL2						\$56.72	
(CU) UTILIDAD							
PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)						\$56.72	
(* CINCUENTA Y SEIS PESOS 72/100 M.N. *)							

Obra: OPTIMIZACIÓN EN TIEMPO Y COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE VIADUCTO ELEVADO, UBICADO EN EL KM 115+000 AL KM 128+300 DE LA AUTIPISTA 150 D (MÉXICO-PUEBLA).

Lugar: Puebla, Puebla.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
--------	----------	--------	-------------	-----	----------	---------	---

Partida: CABEZAL

Análisis No.:

40

Análisis: ANDAM

PZA

24.0000

\$3,397.04

HABILITADO Y ARMADO DE ANDAMIAJE A BASE DE ESTRUCTURA METÁLICA REFORZADA PREVIO DISEÑO ESTRUCTURAL.

MATERIALES

SUBTOTAL: MATERIALES

MANO DE OBRA

CUAD 02 CUADRILLA DE HABILITADO (7 JOR
OFICIALES FIERREROS + 7 AYUDANTES)

MO021	AYUDANTE GENERAL	JOR	\$302.67	*	7.000000	\$2118.69	
MO051	OFICIAL FIERRERO	JOR	\$488.41	*	7.000000	\$3418.87	
MO082	CABO DE OFICIOS	JOR	\$559.47	*	0.100000	\$55.95	
	Importe:					\$5593.51	
	Rendimiento: PZA/JOR				16.424930	\$340.55	91.86%

SUBTOTAL: MANO DE OBRA

\$340.55 91.86%

EQUIPO Y HERRAMIENTA

ADAMEST	ANDAMIOS ESTRUCTURALES DE 2 M X 1.25 M X 2 M	PZA	\$315.00	/	24.000000	\$13.13	3.54%
HMO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$340.55	*	0.030000	\$10.22	2.76%
HMO5	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$340.55	*	0.020000	\$6.81	1.84%

SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA

\$30.16 3.14%

(CD) Costo directo

\$370.71 100.00%

(CI) INDIRECTOS

SUBTOTAL1

\$370.71

(CF) FINANCIAMIENTO

SUBTOTAL2

\$370.71

(CU) UTILIDAD

PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)

\$370.71

(* TRESCIENTOS SETENTA PESOS 71/100 M.N. *)

Obra: OPTIMIZACIÓN EN TIEMPO Y COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE VIADUCTO ELEVADO, UBICADO EN EL KM 115+000 AL KM 128+300 DE LA AUTOPISTA 150 D (MÉXICO-PUEBLA).

Lugar: Puebla, Puebla.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida:	CABEZAL	Analisis No.:	50				
Analisis:	CIM-02	M2	73.7200			\$22,194.88	
CIMBRA ACABADO APARENTE EN ESTRUCTURA, INCLUYE: HABILITADO, CORTES, DESPERDICIOS, CIMBRADO Y DESCIMBRADO.							
MATERIALES							
BARROTE	BARROTE DE PINO DE 3a DE PZA 1.5"x3.5"x8.25"	PZA	\$75.00	*	0.141359	\$10.60	3.53%
POLIN	POLIN DE PINO DE 3a DE 3.5"x3."x8.25"	PZA	\$120.00	*	0.083893	\$10.07	3.35%
DIESEL	DIESEL	LTO	\$16.81	*	0.300000	\$5.04	1.68%
CLAVOS	CLAVOS DE 2 A 4 "	KG	\$25.24	*	0.200000	\$5.05	1.68%
TRIPLAY16	TRIPLAY DE PINO 1CARA W.P. NACIONAL DE 16 MM	PZA	\$650.00	*	0.083893	\$54.53	18.14%
ALAMBRE	ALAMBRE RECOCIDO	KG	\$14.00	*	0.200000	\$2.80	0.93%
CL236	SEPARADOR SIN CUÑA DE 15 CM.	PZA	\$13.83	*	4.000000	\$55.32	18.40%
EQGRUA	GRUA DE PATIO DE 20 TON.	HOR	\$483.00	/	20.000000	\$24.15	8.03%
SUBTOTAL:	MATERIALES					\$187.68	66.73%
MANO DE OBRA							
CUAD 03	CUADRILLA DE CARPINTERÍA (1 OFICIAL CARPINTERO + 1 AYUDANTE)	JOR					
MO052	OFICIAL CARPINTERO DE O. NEGRA	JOR	\$488.41	*	1.000000	\$488.41	
MO021	AYUDANTE GENERAL	JOR	\$302.67	*	1.000000	\$302.67	
MO062	CABO DE OFICIOS	JOR	\$559.47	*	0.100000	\$55.95	
	Importe:					\$847.03	
	Rendimiento: M2/JOR				7.000000	\$121.00	40.24%
SUBTOTAL:	MANO DE OBRA					\$121.00	40.24%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$121.00	*	0.030000	\$3.63	1.21%
%MO5	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$121.00	*	0.020000	\$2.42	0.80%
%MO2	ANDAMIOS	%	\$121.00	*	0.050000	\$6.05	2.01%
SUBTOTAL:	EQUIPO Y HERRAMIENTA					\$12.10	4.02%
	(CD) Costo directo					\$300.68	100.00%
	(CI) INDIRECTOS						
	SUBTOTAL1					\$300.66	
	(CF) FINANCIAMIENTO						
	SUBTOTAL2					\$300.66	
	(CU) UTILIDAD						
	PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)					\$300.68	
	(* TRESCIENTOS PESOS 68/100 M.N. *)						

Obras: OPTIMIZACIÓN EN TIEMPO Y COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE VIADUCTO ELEVADO, UBICADO EN EL KM 115+000 AL KM 128+300 DE LA AUTOPISTA 150 D (MÉXICO-PUEBLA).

Lugar: Puebla, Puebla.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida: CABEZAL		Análisis No.:		60			
Análisis:	CONCRET-01		M3		73.2000	\$133,071.74	
CONCRETO PREMEZCLADO F'C= 400 KG/CM2 EN CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA RESISTENCIA MAXIMA A 3 DÍAS, INCLUYE: BOMBEO, COLADO, VIBRADO, CURADO, PRUEBAS Y DESPERDICIOS.							
MATERIALES							
CONC400	CONCRETO PREMEZCLADO C-1, F'C=400 KG/CM2	M3	\$2,113.16	*	1.060000	\$2218.82	88.72%
CP60	BOMBEO C/BOMBA EST.DE 00 A 15 M. VERTICAL	M3	\$189.56	*	1.020000	\$193.35	7.73%
SUBTOTAL:	MATERIALES					\$2412.17	98.45%
MANO DE OBRA							
CUAD 04	CUADRILLA DE COLADO (1 OFICIAL ALBAÑIL + 5 AYUDANTES)	JOR					
MO021	AYUDANTE GENERAL	JOR	\$302.67	*	5.000000	\$1513.35	
MO041	OFICIAL ALBAÑIL	JOR	\$490.01	*	1.000000	\$490.01	
MO082	CABO DE OFICIOS	JOR	\$559.47	*	0.100000	\$55.95	
	Importe:					\$2059.31	
	Rendimiento: M3/JOR				45.000000	\$45.76	1.83%
SUBTOTAL:	MANO DE OBRA					\$46.78	1.83%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
EQV18	VIBRADOR PARA CONCRETO	HOR	\$81.52	/	2.000000	\$40.76	1.63%
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$45.76	*	0.030000	\$1.37	0.05%
%MO5	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$45.76	*	0.020000	\$0.92	0.04%
SUBTOTAL:	EQUIPO Y HERRAMIENTA					\$43.05	1.72%
(CD) Costo directo						\$2,600.98	100.00%
(CI) INDIRECTOS							
SUBTOTAL1						\$2,500.98	
(CF) FINANCIAMIENTO							
SUBTOTAL2						\$2,500.98	
(CU) UTILIDAD							
PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)						\$2,600.98	
(* DO\$ MIL QUINIENTOS PESOS 98/100 M.N. *)							

Obra: OPTIMIZACIÓN EN TIEMPO Y COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE VIADUCTO ELEVADO, UBICADO EN EL KM 115+000 AL KM 128+300 DE LA AUTOPISTA 150 D (MÉXICO-PUEBLA).

Lugar: Puebla, Puebla.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida:	CABEZAL	Analisis No.:		70			
Analisis:	DUCTO-01		M		2.6000	\$217.10	
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE DUCTO DE 10" DE DIÁMETRO DE ACERO AL CARBÓN PARA DRENAJE.							
MATERIALES							
TUBACERO	TUBO DE ACERO AL CARBON DE 10 " DE DIAMETRO	PZA	\$79.43	*	1.000000	\$79.43	91.47%
SUBTOTAL:	MATERIALES					\$79.43	91.47%
MANO DE OBRA							
CUAD 09	CUADRILLA DE HERRERIA (1 OFICIAL HERRERO + 1 AYUDANTE)	JOR					
MO050	OFICIAL HERRERO	JOR	\$488.41	*	1.000000	\$488.41	
MO021	AYUDANTE GENERAL	JOR	\$302.67	*	1.000000	\$302.67	
MO082	CABO DE OFICIOS	JOR	\$559.47	*	0.100000	\$55.95	
	Importe:					\$847.03	
	Rendimiento: M/JOR				120.000000	\$7.06	8.13%
SUBTOTAL:	MANO DE OBRA					\$7.06	8.13%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$7.06	*	0.030000	\$0.21	0.24%
%MO5	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$7.06	*	0.020000	\$0.14	0.16%
SUBTOTAL:	EQUIPO Y HERRAMIENTA					\$0.36	0.40%
	(CD) Costo directo					\$38.34	100.00%
	(CI) INDIRECTOS						
	SUBTOTAL1					\$86.84	
	(CF) FINANCIAMIENTO						
	SUBTOTAL2					\$86.84	
	(CU) UTILIDAD						
	PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)					\$38.34	
	(* OCHENTA Y SEIS PESOS 34/100 M.N. *)						

Obra: OPTIMIZACIÓN EN TIEMPO Y COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE VIADUCTO ELEVADO, UBICADO EN EL KM 115+000 AL KM 128+300 DE LA AUTOPISTA 150 D (MÉXICO-PUEBLA).

Lugar: Puebla, Puebla.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida:	CABEZAL	Análisis No.:		80			
Análisis:	DUCTO-02		M		303.4000	\$21,841.62	
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE DUCTO DE ESTAÑO, DE 10" DE DIÁMETRO PARA TENDONES PARA CUALQUIER ACERO DE PRESFUERZO.							
MATERIALES							
DUCESTAÑO	DUCTO DE ESTAÑO, DE 10" DE DIAMETRO	M	\$65.00	*	1.000000	\$65.00	91.13%
SUBTOTAL:	MATERIALES					\$65.00	91.13%
MANO DE OBRA							
CUAD 05	CUADRILLA DE ARMADO DE ACERO (1 OFICIAL FIERREIRO + 2 AYUDANTE)	JOR					
MO021	AYUDANTE GENERAL	JOR	\$302.67	*	2.000000	\$605.34	
MO051	OFICIAL FIERREIRO	JOR	\$488.41	*	1.000000	\$488.41	
MO082	CABO DE OFICIOS	JOR	\$559.47	*	0.200000	\$111.89	
	Importe:					\$1205.64	
	Rendimiento: M/JOR				200.000000	\$6.03	8.45%
SUBTOTAL:	MANO DE OBRA					\$6.03	8.45%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$6.03	*	0.030000	\$0.18	0.25%
%MO5	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$6.03	*	0.020000	\$0.12	0.17%
SUBTOTAL:	EQUIPO Y HERRAMIENTA					\$0.30	0.42%
(CD) Costo directo						\$71.32	100.00%
(CI) INDIRECTOS							
SUBTOTAL1						\$71.33	
(CF) FINANCIAMIENTO							
SUBTOTAL2						\$71.33	
(CU) UTILIDAD							
PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)						\$71.33	
(* SETENTA Y UN PESOS 33/100 M.N. *)							

Obras: OPTIMIZACIÓN EN TIEMPO Y COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE VIADUCTO ELEVADO, UBICADO EN EL KM 115+000 AL KM 128+300 DE LA AUTOPISTA 150 D (MÉXICO-PUEBLA).

Lugar: Puebla, Puebla,

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida:	CABEZAL	Análisis No.:		90			
Análisis:	TENSADO	KG			7,127.0000	\$1,924.29	
TENSADO DE ACERO DE PRESFUERZO DE FPU= 19,000 KG/CM2, TORONES T15 (5/8)							
MATERIALES							
SUBTOTAL: MATERIALES							
MANO DE OBRA							
CUAD 07	CUADRILLA DE TENSADO (1 AYUDANTE ESPECIALIZADO)	JOR					
MO031	AYUDANTE ESPECIALIZADO	JOR	\$349.35	*	1.000000	\$349.35	
MO082	CABO DE OFICIOS	JOR	\$559.47	*	0.100000	\$55.95	
	Importe:					\$405.30	
	Rendimiento: KG/JOR				3,552.000000	\$0.11	40.74%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA							
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
GATOTEN	GATO HIDRÁULICO MULTITORON	HOR	\$35.60	/	445.000000	\$0.08	29.63%
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$0.11	*	0.030000		
%MO5	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$0.11	*	0.020000		
GENIER	PLATAFORMA GENIE MOD GS 5390	HOR	\$35.00	/	445.000000	\$0.08	29.63%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA							
(CD) Costo directo							
(CI) INDIRECTOS							
SUBTOTAL1							
(CF) FINANCIAMIENTO							
SUBTOTAL2							
(CU) UTILIDAD							
PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)							
(* CERO PESOS 27/100 M.N. *)							

Obras: OPTIMIZACIÓN EN TIEMPO Y COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE VIADUCTO ELEVADO, UBICADO EN EL KM 115+000 AL KM 128+300 DE LA AUTOPISTA 150 D (MÉXICO-PUEBLA).

Lugar: Puebla, Puebla.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida:	CABEZAL	Análisis No.:		100			
Análisis:	TROMPETA	PZA			14.0000	\$68,426.32	
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE TROMPETA PARA ALOJAR TORONES DE PRESFUERZO							
MATERIALES							
TROMP01	TROMPETA DE ACERO	PZA	\$1,148.97	*	1.000000	\$1148.97	28.51%
ALCLAJE	ANCLAJE DE TORONES	PZA	\$2,874.00	*	1.000000	\$2874.00	71.31%
SUBTOTAL:	MATERIALES					\$4022.97	99.82%
MANO DE OBRA							
CUAD 09	CUADRILLA DE HERRERIA (1 OFICIAL HERRERO + 1 AYUDANTE)	JOR					
MO050	OFICIAL HERRERO	JOR	\$488.41	*	1.000000	\$488.41	
MO021	AYUDANTE GENERAL	JOR	\$302.67	*	1.000000	\$302.67	
MO062	CABO DE OFICIOS	JOR	\$559.47	*	0.100000	\$55.95	
	Importe:					\$847.03	
	Rendimiento: PZA/JOR				120.000000	\$7.06	0.18%
SUBTOTAL:	MANO DE OBRA					\$7.06	0.18%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$7.06	*	0.030000	\$0.21	0.01%
%MO5	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$7.06	*	0.020000	\$0.14	0.00%
SUBTOTAL:	EQUIPO Y HERRAMIENTA					\$0.35	0.01%
	(CD) Costo directo					\$4,030.38	100.00%
	(CI) INDIRECTOS						
	SUBTOTAL1					\$4,030.38	
	(CF) FINANCIAMIENTO						
	SUBTOTAL2					\$4,030.38	
	(CU) UTILIDAD						
	PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)					\$4,030.38	
(* CUATRO MIL TREINTA PESOS 38/100 M.N. *)							

Obras: OPTIMIZACIÓN EN TIEMPO Y COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE VIADUCTO ELEVADO, UBICADO EN EL KM 115+000 AL KM 128+300 DE LA AUTOPISTA 150 D (MÉXICO-PUEBLA).

Lugar: Puebla, Puebla.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida:	TRABE ARTESA	Analisis No.:	230				
Analisis:	TRAZO-01	M2	180.0000			\$543.30	
TRAZO Y NIVELACIÓN CON APARATOS ESTABLECIENDO EJERS DE REFERENCIAS, INCLUYE: TODOS LOS MATERIALES Y APARATOS NECESARIOS PARA EL TRAZO Y VERIFICACIÓN PREVIA DE LOS NIVELES ASI COMO LA MANO DE OBRA Y LA HERRAMIENTA NECESARIA PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.							
MATERIALES							
SUBTOTAL: MATERIALES							
MANO DE OBRA							
CUAD 01	CUADRILLA DE TOPOGRAFIA (1 JOR TOPOGRAFO + 1 AYUDANTE ESPECIALIZADO)						
MO092	TOPOGRAFO	JOR	\$559.47	*	1.000000	\$559.47	
MO031	AYUDANTE ESPECIALIZADO	JOR	\$349.35	*	1.000000	\$349.35	
MO082	CABO DE OFICIOS	JOR	\$559.47	*	0.100000	\$55.95	
	Importe:					\$964.77	
	Rendimiento: M2/JOR				390.595142	\$2.47	72.01%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA							\$2.47 72.01%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
EQTRAN	EQUIPO DE TOPOGRAFIA	HOR	\$21.03	/	25.000000	\$0.84	24.49%
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$2.47	*	0.030000	\$0.07	2.04%
%MO5	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$2.47	*	0.020000	\$0.05	1.46%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA							\$0.96 27.99%
(CD) Costo directo							\$3.43 100.00%
(CI) INDIRECTOS							
SUBTOTAL1							\$3.43
(CF) FINANCIAMIENTO							
SUBTOTAL2							\$3.43
(CU) UTILIDAD							
PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)							\$3.43
(* TRE \$ PESO \$ 43/100 M.N. *)							

Obra: OPTIMIZACIÓN EN TIEMPO Y COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE VIADUCTO ELEVADO, UBICADO EN EL KM 115+000 AL KM 128+300 DE LA AUTIPPISTA 150 D (MÉXICO-PUEBLA).

Lugar: Puebla, Puebla.

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida:	TRABE ARTESA	Analisis No.:	240				
Análisis:	ACERO-02	KG			14,962.0000	\$223,332.88	
HABILITADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO FY=4,200 KG/CM2 EN CUALQUIER DIÁMETRO. INCLUYE: HABILITADO, TRASLAPES, GANCHOS, ESCUADRAS, DESPERDICIOS, FIJACIÓN, CALZAS PARA DAR RECUBRIMIENTO REQUERIDO Y COLOCACIÓN EN EL MOLDE CON GRUA POTICO DE 120 TN.							
MATERIALES							
ALAMBRE	ALAMBRE RECOCIDO	KG	\$14.00	*	0.037143	\$0.52	3.48%
VARILLA 3/8	VARILLA DE ACERO CORRUGADA DE F'c= 4,200 KG/CM2	KG	\$13.00	*	1.000000	\$13.00	87.01%
SUBTOTAL: MATERIALES						\$13.52	90.50%
MANO DE OBRA							
CUAD 02	CUADRILLA DE HABILITADO (7 JOR OFICIALES FIERREROS + 7 AYUDANTES)						
MO021	AYUDANTE GENERAL	JOR	\$302.67	*	7.000000	\$2118.69	
MO051	OFICIAL FIERRERO	JOR	\$488.41	*	7.000000	\$3418.87	
MO062	CABO DE OFICIOS	JOR	\$559.47	*	0.100000	\$55.95	
	Importe:					\$5593.51	
	Rendimiento: KG/JOR				4,200.000000	\$1.33	8.90%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA						\$1.33	8.90%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$1.33	*	0.030000	\$0.04	0.27%
%MO5	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$1.33	*	0.020000	\$0.03	0.20%
CORTADORAAC	CORTADORA DE METAL 14" MCA MAKITA	HOR	\$12.00	/	800.000000	\$0.02	0.13%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA						\$0.09	0.60%
	(CD) Costo directo					\$14.94	100.00%
	(CI) INDIRECTOS						
	SUBTOTAL1					\$14.94	
	(CF) FINANCIAMIENTO						
	SUBTOTAL2					\$14.94	
	(CU) UTILIDAD						
	PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)					\$14.94	
	(* CATORCE PESOS 84/100 M.N. *)						

Obra: OPTIMIZACIÓN EN TIEMPO Y COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE VIADUCTO ELEVADO, UBICADO EN EL KM 115+000 AL KM 128+300 DE LA AUTIPISTA 150 D (MÉXICO-PUEBLA).

Lugar: Puebla, Puebla.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida:	TRABE ARTESA	Análisis No.:		250			
Análisis:	ACPRE-01	KG		7,127.0000		\$404,243.44	
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ACERO DE PRESFUERZO FPU= 19.000 KG/CM2, 8 TORONES T15 (5/8) EN COLUMNA							
MATERIALES							
MACAB095	CABLE DE ACERO DE PRESFUERZO	M	\$55.93	*	1.000000	\$55.93	98.61%
SUBTOTAL: MATERIALES						\$55.93	98.61%
MANO DE OBRA							
CUAD 05	CUADRILLA DE ARMADO DE ACERO (1 JOR OFICIAL FIERRERO + 2 AYUDANTES)	JOR					
MO021	AYUDANTE GENERAL	JOR	\$302.67	*	2.000000	\$605.34	
MO051	OFICIAL FIERRERO	JOR	\$488.41	*	1.000000	\$488.41	
MO062	CABO DE OFICIOS	JOR	\$559.47	*	0.200000	\$111.89	
	Importe:					\$1205.64	
	Rendimiento: KG/JOR				1,600.000000	\$0.75	1.32%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA						\$0.75	1.32%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$0.75	*	0.030000	\$0.02	0.04%
%MO5	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$0.75	*	0.020000	\$0.02	0.04%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA						\$0.04	0.07%
(CD) Costo directo						\$56.72	100.00%
(CI) INDIRECTOS							
SUBTOTAL1						\$56.72	
(CF) FINANCIAMIENTO							
SUBTOTAL2						\$56.72	
(CU) UTILIDAD							
PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)						\$56.72	
(* CINCUENTA Y SEIS PESOS 72/100 M.N. *)							

Obras: OPTIMIZACIÓN EN TIEMPO Y COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE VIADUCTO ELEVADO, UBICADO EN EL KM 115+000 AL KM 128+300 DE LA AUTOPISTA 150 D (MÉXICO-PUEBLA).

Lugar: Puebla, Puebla.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida:	TRABE ARTESA	Ánchis No.:	260				
Análisis:	ANDAM		PZA		\$20.0000	\$113,827.20	
HABILITADO Y ARMADO DE ANDAMIAJE A BASE DE ESTRUCTURA METÁLICA REFORZADA PREVIO DISEÑO ESTRUCTURAL.							

MATERIALES

SUBTOTAL: MATERIALES

MANO DE OBRA

CUAD 02	CUADRILLA DE HABILITADO (7 JOR OFICIALES FERREROS + 7 AYUDANTES)						
MO021	AYUDANTE GENERAL	JOR	\$302.67	*	7.000000	\$2118.69	
MO051	OFICIAL FERRERO	JOR	\$488.41	*	7.000000	\$3418.87	
MO082	CABO DE OFICIOS	JOR	\$559.47	*	0.100000	\$55.95	
	Importe:					\$5593.51	
	Rendimiento: PZA/JOR				16.424930	\$340.55	91.86%

SUBTOTAL: MANO DE OBRA

\$340.55 91.86%

EQUIPO Y HERRAMIENTA

ADAMEST	ANDAMIOS ESTRUCTURALES DE 2 M X 1.25 M X 2 M	PZA	\$315.00	/	24.000000	\$13.13	3.54%
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$340.55	*	0.030000	\$10.22	2.76%
%MO5	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$340.55	*	0.020000	\$6.81	1.84%

SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA

\$30.16 8.14%

(CD) Costo directo

\$370.71 100.00%

(CI) INDIRECTOS

SUBTOTAL1

\$370.71

(CF) FINANCIAMIENTO

SUBTOTAL2

\$370.71

(CU) UTILIDAD

PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)

\$370.71

(* TRESCIENTOS SETENTA PESOS 71/100 M.N. *)

Obra: OPTIMIZACIÓN EN TIEMPO Y COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE VIADUCTO ELEVADO, UBICADO EN EL KM 115+000 AL KM 128+300 DE LA AUTIPISTA 150 D (MÉXICO-PUEBLA).

Lugar: Puebla, Puebla.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida:	TRABE ARTESA	Analisis No.:	270				
Analisis:	CIM-02	M2	642.5400			\$193,139.03	
CIMBRA ACABADO APARENTE EN ESTRUCTURA, INCLUYE: HABILITADO, CORTES, DESPERDICIOS, CIMBRADO Y DESCIMBRADO.							
MATERIALES							
BARROTE	BARROTE DE PINO DE 3a DE PZA 1.5"x3.5"x8.25"	PZA	\$75.00	*	0.141359	\$10.60	3.53%
POLIN	POLIN DE PINO DE 3a DE 3.5"x3."x8.25"	PZA	\$120.00	*	0.083893	\$10.07	3.35%
DIESEL	DIESEL	LTO	\$16.81	*	0.300000	\$5.04	1.68%
CLAVOS	CLAVOS DE 2 A 4 "	KG	\$25.24	*	0.200000	\$5.05	1.68%
TRIPLAY16	TRIPLAY DE PINO 1CARA W.P. NACIONAL DE 16 MM	PZA	\$650.00	*	0.083893	\$54.53	18.14%
ALAMBRE	ALAMBRE RECOCIDO	KG	\$14.00	*	0.200000	\$2.80	0.93%
CL236	SEPARADOR SIN CUÑA DE 15 CM.	PZA	\$13.83	*	4.000000	\$55.32	18.40%
EQGRUA	GRUA DE PATIO DE 20 TON.	HOR	\$483.00	/	20.000000	\$24.15	8.03%
SUBTOTAL:	MATERIALES					\$197.68	66.73%
MANO DE OBRA							
CUAD 03	CUADRILLA DE CARPINTERÍA (1 OFICIAL CARPINTERO + 1 AYUDANTE)	JOR					
MO052	OFICIAL CARPINTERO DE O. NEGRA	JOR	\$488.41	*	1.000000	\$488.41	
MO021	AYUDANTE GENERAL	JOR	\$302.67	*	1.000000	\$302.67	
MO082	CABO DE OFICIOS	JOR	\$559.47	*	0.100000	\$55.95	
	Importe:					\$847.03	
	Rendimiento: M2/JOR				7.000000	\$121.00	40.24%
SUBTOTAL:	MANO DE OBRA					\$121.00	40.24%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$121.00	*	0.030000	\$3.63	1.21%
%MO5	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$121.00	*	0.020000	\$2.42	0.80%
%MO2	ANDAMIOS	%	\$121.00	*	0.050000	\$6.05	2.01%
SUBTOTAL:	EQUIPO Y HERRAMIENTA					\$12.10	4.02%
	(CD) Costo directo					\$300.66	100.00%
	(CI) INDIRECTOS						
	SUBTOTAL1					\$300.66	
	(CF) FINANCIAMIENTO						
	SUBTOTAL2					\$300.66	
	(CU) UTILIDAD						
	PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)					\$300.66	
(* TRESCIENTOS PESOS 66/100 M.N. *)							

Obra: OPTIMIZACIÓN EN TIEMPO Y COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE VIADUCTO ELEVADO, UBICADO EN EL KM 115+000 AL KM 128+300 DE LA AUTOPISTA 150 D (MÉXICO-PUEBLA).

Lugar: Puebla, Puebla.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida: TRABE ARTESA		Análisis No.: 280					
Análisis:	CONCRET-02	M3			103.1000	\$239,996.68	
CONCRETO PREMEZCLADO F'C=500 KG/CM2 EN ESTRUCTURA, RESISTENCIA MÁXIMA A 3 DÍAS (TRABE, DIAFRAGMAS Y CALZAS), INCLUYE: BOMBEO, COLADO, VIBRADO, CURADO, PRUEBAS Y DESPERDICIOS.							
MATERIALES							
CONC500	CONCRETO PREMEZCLADO C-1, F'C=500 KG/CM2	M3	\$2,594.24	*	1.050000	\$2723.95	96.84%
SUBTOTAL: MATERIALES						\$2723.95	96.84%
MANO DE OBRA							
CUAD 04	CUADRILLA DE COLADO (1 OFICIAL ALBAÑIL + 5 AYUDANTES)	JOR					
MO021	AYUDANTE GENERAL	JOR	\$302.67	*	5.000000	\$1513.35	
MO041	OFICIAL ALBAÑIL	JOR	\$490.01	*	1.000000	\$490.01	
MO082	CABO DE OFICIOS	JOR	\$559.47	*	0.100000	\$55.95	
Importe:						\$2059.31	
Rendimiento: M3/JOR						45.000000	\$45.76 1.63%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA						\$46.78	1.63%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
EQV18	VIBRADOR PARA CONCRETO	HOR	\$81.52	/	2.000000	\$40.76	1.45%
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$45.76	*	0.030000	\$1.37	0.05%
%MO5	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$45.76	*	0.020000	\$0.92	0.03%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA						\$43.06	1.63%
(CD) Costo directo						\$2,812.76	100.00%
(CI) INDIRECTOS							
SUBTOTAL1						\$2,812.76	
(CF) FINANCIAMIENTO							
SUBTOTAL2						\$2,812.76	
(CU) UTILIDAD							
PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)						\$2,812.76	
(* DOS MIL OCHOCIENTOS DOCE PESOS 76/100 M.N. *)							

Obra: OPTIMIZACIÓN EN TIEMPO Y COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE VIADUCTO ELEVADO, UBICADO EN EL KM 115+000 AL KM 128+300 DE LA AUTOPISTA 150 D (MÉXICO-PUEBLA).

Lugar: Puebla, Puebla.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida:	TRABE ARTESA	Ánclis No.:	290				
Ánclis:	TUBE-01	M	2.7000			\$28.35	
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE TUBERÍA DE PLÁSTICO DE 1 1/2" DE DIÁMETRO PARA DRENES.							
MATERIALES							
TUBOPLAS1	TUBERÍA DE PLÁSTICO DE 1 1/2" DE DIÁMETRO	M	\$3.83	*	1.000000	\$3.83	39.24%
SUBTOTAL: MATERIALES						\$3.83	39.24%
MANO DE OBRA							
CUAD 08	CUADRILLA AUXILIAR (1 OFICIAL FERRERO + 1 AYUDANTE)	JOR					
MO021	AYUDANTE GENERAL	JOR	\$302.67	*	1.000000	\$302.67	
MO051	OFICIAL FERRERO	JOR	\$488.41	*	1.000000	\$488.41	
MO082	CABO DE OFICIOS	JOR	\$559.47	*	0.100000	\$55.95	
	Importe:					\$847.03	
	Rendimiento: M/JOR				150.000000	\$5.65	57.89%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA						\$5.65	57.89%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$5.65	*	0.030000	\$0.17	1.74%
%MO5	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$5.65	*	0.020000	\$0.11	1.13%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA						\$0.28	2.87%
(CD) Costo directo						\$9.76	100.00%
(CI) INDIRECTOS							
SUBTOTAL1						\$9.76	
(CF) FINANCIAMIENTO							
SUBTOTAL2						\$9.76	
(CU) UTILIDAD							
PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)						\$9.76	
(* NUEVE PESOS 976/100 M.N. *)							

Obra: OPTIMIZACIÓN EN TIEMPO Y COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE VIADUCTO ELEVADO, UBICADO EN EL KM 115+000 AL KM 128+300 DE LA AUTOPISTA 150 D (MÉXICO-PUEBLA).

Lugar: Puebla, Puebla.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida:	TRABE ARTESA	Ánchis No.:	300				
Analisis:	DUCTO-03	M	8.7000			\$329.08	
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE DUCTO ENGARGOLADO DE 4" DE DIÁMETRO PARA ALOJAR CABLE EN DIAFRAGMAS.							
MATERIALES							
TUBACERO	TUBO DE ACERO AL CARBON DE 10 " DE DIAMETRO	PZA	\$79.43	*	1.000000	\$79.43	92.93%
SUBTOTAL:	MATERIALES					\$79.43	92.93%
MANO DE OBRA							
CUAD 12	CUADRILLA DE PRESFUERZO (1 OFICIAL FIERREIRO + 2 AYUDANTES)	JOR					
MO021	AYUDANTE GENERAL	JOR	\$302.67	*	2.000000	\$605.34	
MO082	CABO DE OFICIOS	JOR	\$559.47	*	0.100000	\$55.95	
MO051	OFICIAL FIERREIRO	JOR	\$488.41	*	1.000000	\$488.41	
	Importe:					\$1149.70	
	Rendimiento: M/JOR				200.000000	\$5.75	6.73%
SUBTOTAL:	MANO DE OBRA					\$6.76	6.73%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$5.75	*	0.030000	\$0.17	0.20%
%MO5	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$5.75	*	0.020000	\$0.12	0.14%
SUBTOTAL:	EQUIPO Y HERRAMIENTA					\$0.29	0.34%
	(CD) Costo directo					\$85.47	100.00%
	(CI) INDIRECTOS						
	SUBTOTAL1					\$85.47	
	(CF) FINANCIAMIENTO						
	SUBTOTAL2					\$85.47	
	(CU) UTILIDAD						
	PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)					\$85.47	
	(* OCHENTA Y CINCO PESOS 47/100 M.N. *)						

Obra: OPTIMIZACIÓN EN TIEMPO Y COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE VIADUCTO ELEVADO UBICADO EN EL KM 115+000 AL KM 128+300 DE LA AUTOPISTA 190 D (MÉXICO-PUEBLA).

Lugar: Puebla, Puebla.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida:	TRABE ARTESA	Análisis No.:	320				
Análisis:	TUBO-02	M	1,782.0000			\$16,324.79	
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE TUBERÍA DE PLÁSTICO PARA ALOJAR TORONES DE 3/4" DE DIÁMETRO.							
MATERIALES							
TUBOPLAS	TUBERÍA DE PLÁSTICO DE 3/4 DE DIÁMETRO	M	\$2.50	*	1.000000	\$2.50	29.69%
SUBTOTAL:	MATERIALES					\$2.50	29.69%
MANO DE OBRA							
CUAD 06	CUADRELLA AUXILIAR (1 OFICIAL FERRERO + 1 AYUDANTE)	JOR					
MO001	AYUDANTE GENERAL	JOR	\$302.67	*	1.000000	\$302.67	
MO001	OFICIAL FERRERO	JOR	\$486.41	*	1.000000	\$486.41	
MO002	CARGO DE OFICIOS	JOR	\$359.47	*	0.100000	\$35.95	
	Importe:					\$847.53	
	Rendimiento: M/O/R				150.000000	\$5.65	67.52%
SUBTOTAL:	MANO DE OBRA					\$5.65	67.52%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
MA001	HERRAMIENTA MENOR	%	\$5.65	*	0.000000	\$0.17	2.02%
MA001	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$5.65	*	0.020000	\$0.11	1.30%
SUBTOTAL:	EQUIPO Y HERRAMIENTA					\$0.28	3.32%
	(GD) Costo directo					\$8.43	100.00%
	(GI) INDIRECTOS						
	SUBTOTAL1					\$8.43	
	(GF) FINANCIAMIENTO						
	SUBTOTAL2					\$8.43	
	(GU) UTILIDAD						
	PRECIO UNITARIO: (GD+GI+GF+GU)					\$8.43	
P OCHO PESOS 8 43/100 M.N. %							

Obras: OPTIMIZACIÓN EN TIEMPO Y COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE VIADUCTO ELEVADO, UBICADO EN EL KM 115+000 AL KM 128+300 DE LA AUTOPISTA 150 D (MÉXICO-PUEBLA).

Lugar: Puebla, Puebla.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida:	TRABE ARTESA	Análisis No.:		310			
Análisis:	DUCTO-04	M		8.0000		\$834.23	
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE DUCTO ENGARGOLADO DE 2 1/2" DE DIÁMETRO PARA ALOJAR CABLE EN DIAFRAGMAS.							
MATERIALES							
DUCENGARG	DUCTO ENGARGOLADO DE 2 1/2" DE DIÁMETRO	M	\$63.06	*	1.000000	\$63.06	89.48%
SUBTOTAL: MATERIALES						\$63.06	89.48%
MANO DE OBRA							
CUAD 08	CUADRILLA DE HERRERIA (1 OFICIAL HERRERO + 1 AYUDANTE)	JOR					
MO050	OFICIAL HERRERO	JOR	\$488.41	*	1.000000	\$488.41	
MO021	AYUDANTE GENERAL	JOR	\$302.67	*	1.000000	\$302.67	
MO082	CABO DE OFICIOS	JOR	\$559.47	*	0.100000	\$55.95	
	Importe:					\$847.03	
	Rendimiento: M/JOR				120.000000	\$7.06	10.02%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA						\$7.06	10.02%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$7.06	*	0.030000	\$0.21	0.30%
%MO5	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$7.06	*	0.020000	\$0.14	0.20%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA						\$0.35	0.50%
(CD) Costo directo						\$70.47	100.00%
(CI) INDIRECTOS							
SUBTOTAL1						\$70.47	
(CF) FINANCIAMIENTO							
SUBTOTAL2						\$70.47	
(CU) UTILIDAD							
PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)						\$70.47	
(* SETENTA PESOS 8 47/100 M.N. *)							

Obra: OPTIMIZACIÓN EN TIEMPO Y COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE VIADUCTO ELEVADO, UBICADO EN EL KM 115+000 AL KM 128+300 DE LA AUTIPISTA 150 D (MÉXICO-PUEBLA).

Lugar: Puebla, Puebla.

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida:	TRABE ARTESA	Analisis No.:		330			
Analisis:	TENSADO	KG			7,127.0000	\$1,824.28	
TENSADO DE ACERO DE PREFUERZO DE FPU= 19,000 KG/CM2, TORONES T15 (5/8)							
MATERIALES							
SUBTOTAL: MATERIALES							
MANO DE OBRA							
CUAD 07	CUADRILLA DE TENSADO (1 AYUDANTE ESPECIALIZADO)	JOR					
MO031	AYUDANTE ESPECIALIZADO	JOR	\$349.35	*	1.000000	\$349.35	
MO082	CABO DE OFICIOS	JOR	\$559.47	*	0.100000	\$55.95	
	Importe:					\$405.30	
	Rendimiento: KG/JOR				3,552.000000	\$0.11	40.74%
SUBTOTAL: MANO DE OBRA							\$0.11 40.74%
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
GATOTEN	GATO HIDRAÚLICO MULTITORON	HOR	\$35.60	/	445.000000	\$0.08	29.63%
	HYDROPAC DE 100 TON						
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$0.11	*	0.030000		
%MO5	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$0.11	*	0.020000		
GENIER	PLATAFORMA GENIE MOD GS 5390	HOR	\$35.00	/	445.000000	\$0.08	29.63%
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA							\$0.18 59.28%
(CD) Costo directo							\$0.27 100.00%
(CI) INDIRECTOS							
SUBTOTAL1							\$0.27
(CF) FINANCIAMIENTO							
SUBTOTAL2							\$0.27
(CU) UTILIDAD							
PRECIO UNITARIO (CD+CI+CF+CU)							\$0.27
(* CERO PESOS 27/100 M.N. *)							