



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

## FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

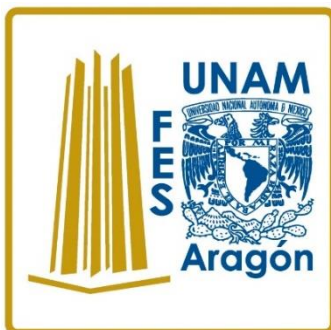
### CONSTRUCCIÓN DE COLECTOR SEMIPROFUNDO MEDIANTE HINCADO DE TUBERÍA DE CONCRETO

### DESARROLLO DE UN CASO PRÁCTICO

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
*LICENCIADO EN INGENIERÍA CIVIL*

**P R E S E N T A:**

**BELLO HERREJÓN ANGEL CÉSAR**



ASESOR  
ING. ARTURO MACÍAS FERREIRA



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## AGRADECIMIENTOS

Llegar a la culminación de esta etapa tan trascendente e importante en mi vida es resultado del recorrido de un camino lleno de dificultades, obstáculos, aprendizaje, riesgos y retos que gustoso siempre decidí tomar y que hoy se convierten satisfactoriamente en la dicha de concluir una meta mas en la vida.

Te agradezco a ti Universidad Nacional Autónoma de México, mi alma mater, porque además de formar orgullosamente parte de mi corazón, formaste honorable y académicamente a esta persona que, enamorada de su profesión, hoy la ejerce con orgullo y ética en todos aquellos lugares donde he tenido oportunidad de ser quien hoy soy profesionalmente.

A mi facultad, que me brindo la formación académica durante algunos años, gracias a ti FES Aragón y a todos aquellos profesores que me dejaron la lección de aprender y quienes con gusto compartieron parte de su conocimiento en mi formación profesional.

A mi padre Angel César, a quien le debo la firmeza, entereza y el carácter para llegar hasta donde he llegado, tu ejemplo me ha permitido ser determinante y parte de tu esfuerzo a lo largo de la vida hoy me hizo llegar hasta donde estoy, tu eres quien me mostro la dificultad de saber dejar huella donde he caminado con orgullo y siempre digno de mis acciones y así será siempre.

A mi madre Esthela, a quien jamás terminaría de agradecer todo aquello que con amor hizo y dio por mí, de quien estoy orgulloso de su persistencia y a quien le agradezco hoy ser el hombre que tuvo la oportunidad de formar, pero sobre todo, quien me enseñó el sentido de la responsabilidad, a ti te debo la paciencia y la delicadeza de mis actos además de la constancia en las decisiones que he tomado.

A ustedes dos les debo además de la vida, la persona que hoy soy porque esto es gracias a ustedes.

A mis hermanos Edgar, Montserrat y Aldo quienes siempre fueron mis cómplices y ese gran apoyo, les debo las risas y todos esos momentos de locura y calma además de todas esas lecciones de vida que como hermanos menores me han regalado durante el transcurso de mi vida, pero sobre todo, en esta etapa cuando fueron a quienes mas necesite por toda la alegría que le han brindado a mi vida.

A mi familia, esos cinco que en conjunto siempre han sido el motor de mi vida y la inspiración de la mayoría de mis días, ustedes son a quienes les debo lo que soy y de quienes estoy orgulloso por ser quienes son y de todo aquello que han logrado pero sobre todo, agradecido por todo lo que han hecho por mí. Gracias por su dedicación y tiempo, no olvido nada de lo que en mi trayectoria me dieron así que entre mil palabras quisiera resumir que este logro es para ustedes porque también es parte de cada uno, son el equipo del que siempre me sentiré feliz de formar parte y así lo seguiré haciendo hasta mi último día. Gracias por ser como son, los amo.

A ti Analy, gracias por haber sido la casualidad mas bonita que me pudo haber pasado, llegaste en el mejor momento de mi vida, sobre todo, gracias por descubrir quien en verdad soy y el hombre que puedo ser, le diste sentido a mi vida y eres mi inspiración para seguir adelante siempre. Siempre en mi corazón, gracias por ese amor que descubriste y hoy nos une, nunca fui tan feliz y jamás quise tanto.

A mis amigos con quienes compartí la etapa rebelde y emocionante de mi vida pero especialmente a quienes me acompañaron durante el transcurso de mi vida universitaria, cómplices de todo y grandes seres humanos, confidentes y amigos quienes me brindaron su apoyo y gracias a ello fue más sencillo culminar en este momento de gloria, a ti Pedro y Edén pero principalmente a ti Marisol, tu eres parte de mi familia y un pilar tan importante en mi vida, nunca pude pedir una mejor confidente, cómplice, asesora, compañera y amiga, tu eres gran parte de este logro también y tu presencia en mi vida siempre ha sido esencial, eres la mejor.

A ti Ing. Arturo Ferreira, gracias por este salto que le diste a mi carrera, tuve oportunidad de ser tu alumno y hoy me siento agradecido porque seas tu quien me haya guiado en esta última etapa de mi vida como estudiante, te lo debo buen amigo.

A los miembros del jurado por dedicarme su tiempo y apoyo para la conclusión de mi trabajo de titulación.

Goya a todos ustedes!



---

---

# CONSTRUCCIÓN DE COLECTOR SEMIPROFUNDO MEDIANTE HINCADO DE TUBERÍA DE CONCRETO.

<b>CAPITULO I</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	
I.1	Introducción	2
I.2	Objetivo general	2
I.3	Objetivos específicos	3
I.4	Utilidad del trabajo	3
I.5	Alcances	3
I.6	Descripción del capitulado	3
<b>CAPITULO II</b>	<b>ANTECEDENTES</b>	
II.1	Diagnóstico del sistema de drenaje existente	6
II.2	Causa y problemática del sistema de drenaje sanitario existente	6
II.3	Solución a la problemática	7
II.4	Localización geográfica y reconocimiento del predio	8
II.4.1	Recorrido de campo	9
II.5	Tipo de zona	10
II.6	Tipo de clima	10
II.7	Demografía general del municipio	11
II.8	Economía e infraestructura	11
<b>CAPITULO III</b>	<b>PROYECTO COLECTOR SEMIPROFUNDO</b>	
III.1	Tecnología trenchless	14
III.1.1	Principales ventajas de la tecnología trenchless	14
III.2	Tipos de tecnologías trenchless	15
III.2.1	Instalación y tendido de nuevos sistemas	15
III.2.1.1	Desplazamiento de suelo con martillo no direccional “Grundomat”	15
III.2.1.2	Hincado de tubería de acero “grundoramming”	16
III.2.1.3	Perforación con martinete horizontal direccional	17
III.2.1.4	Perforación mediante taladro direccional	18
III.2.1.5	Microtuneleo “Pipe Jacking”	19
III.2.1.5.1	Tuneladoras	20
III.2.1.5.2	Tipos de tuneladoras	20
III.2.2	Métodos para la renovación, reparación o reemplazo de redes antiguas	22
III.2.2.1	Cracking dinámico “Pipe Bursting”	22
III.2.2.2	Cracking estático	23
III.2.2.3	Método de conducto estrecho “Tight in pipe”	23
III.2.2.4	Método de corte de tubería	24
III.3	Costos de utilización	25
III.3.1	Costos de pre-construcción	25
III.3.2	Costos de construcción	26
III.4	Proyecto colector/emisor	28
III.4.1	Descripción técnica del proyecto	28
III.4.2	Descripción general del colector Chimalhuacán	29
<b>CAPITULO IV</b>	<b>INGENIERÍA BÁSICA</b>	
IV.1	Población de proyecto	34
IV.1.1	Método de incrementos diferenciales	35
IV.1.2	Método de interés compuesto	36
IV.1.3	Método de aritmético	36
IV.1.4	Método de mínimos cuadrados	37
IV.2	Levantamiento topográfico	38
IV.2.1	Elaboración de planos topográficos	39
IV.3	Estudio hidrológico	39
IV.3.1	Información general de la cuenca	40
IV.3.2	Pendiente media	41
IV.3.3	Información meteorológica	41
IV.3.3.1	Altura de precipitación	41
IV.3.4	Ajuste de las funciones de distribución de probabilidad	42
IV.3.5	Distribución de la lluvia en el tiempo	44
IV.3.6	Análisis hidrológico de la cuenca	46
IV.3.6.1	Coefficiente de escurrimiento	46

IV.3.6.2	Tiempos de concentración	47
IV.3.7	Determinación del gasto máximo instantáneo (métodos empíricos)	48
IV.3.7.1	Método Mac-Math	48
IV.3.7.2	Método racional americano	48
IV.3.7.3	Método Burkly Ziegler	49
IV.4	Estudio de mecánica de suelos	49
IV.4.1	Planteamiento y análisis de alternativas de solución	50
IV.4.2	Exploración del subsuelo	51
IV.4.2.1	Marco regional	51
IV.4.2.2	Trabajos de campo	52
IV.4.2.2.1	Sondeo mixto	52
IV.4.2.3	Trabajos de laboratorio	53
IV.4.3	Condiciones estratigráficas e hidráulicas	53
IV.4.3.1	Condiciones estratigráficas	54
IV.4.3.2	Condiciones hidráulicas	54
IV.4.4	Análisis geotécnicos	55
IV.4.4.1	Discusión de los trabajos de excavación e hincado de tubería	55
IV.4.4.2	Revisión de falla de fondo en excavaciones a cielo abierto y lumbreras	56
IV.4.4.3	Revisión de la falla de fondo por supresión en excavación a cielo abierto y lumbreras	57
IV.4.4.4	Estabilidad de taludes en excavación a cielo abierto	58
IV.4.4.5	Empuje de tierras en la estructura de contención	61
IV.4.4.6	Análisis de compensaciones	62
IV.4.4.6.1	Cálculo de asentamientos	63
IV.4.4.7	Estabilidad del túnel	66
IV.4.4.7.1	Revisión de la estabilidad del túnel	67
IV.4.4.8	Empuje de tierras en el muro de reacción	68
IV.4.4.9	Capacidad de reacción de las lumbreras	69
IV.4.4.10	Fricción entre tubería hincada y subsuelo	69
<b>CAPITULO V</b>	<b>VOLÚMENES Y CANTIDADES DE OBRA</b>	
V.1	Catálogo de conceptos	73
V.2	Análisis de precios unitarios	77
V.3	Presupuesto de obra	94
V.4	Programa general de proyecto	100
V.5	Concentrado de volúmenes y ejercicio total	100
<b>CAPITULO VI</b>	<b>PROCESOS CONSTRUCTIVOS</b>	
VI.1	Introducción a la construcción del colector Chimalhuacán	103
VI.1.1	Obtención de datos iniciales de apoyo	104
VI.1.2	Planteamiento de estrategias y tiempos de trabajo	105
VI.1.3	Apertura de lumbreras o ventanas de intervención	105
VI.1.4	Realización de los trabajos de túneleo	105
VI.1.5	Construcción de cajas de disparo o deflectoras	106
VI.1.6	Reconexión a la línea existente	106
VI.1.7	Cierre de lumbreras o ventanas de intervención y cielos abiertos	106
VI.2	Control topográfico	106
VI.3	Lumbreras o ventanas de intervención	107
VI.3.1	Bombeo eyector previo a la construcción de lumbreras	108
VI.3.2	Tablaestacado e hincado de ataguías	110
VI.3.3	Excavación de lumbreras	112
VI.3.4	Relleno de lumbreras	115
VI.3.4.1	Revestimiento compactado al 95% Proctor	115
VI.3.4.2	Relleno de suelo-cemento	115
VI.4	Hincado de tubería	115
VI.4.1	Procedimiento de hincado	116
VI.4.2	Condiciones de control de alineamiento vertical y horizontal	119
VI.4.3	Cargas en el tubo de hincado	120
VI.4.4	Características del tubo hincado	121
VI.4.5	Muro pantalla de reacción	122
VI.4.6	Uso de bentonita	123
VI.4.6.1	Mortero bentonítico	123
VI.4.6.1.1	Especificaciones de los materiales	124
VI.4.6.1.2	Mezclado y colocación del mortero	124
VI.4.6.2	Lodo bentonítico	125
VI.4.6.3	Instalación y junteo en tubería de concreto	126
VI.5	Construcción de cajas de disparo y conexión	127
VI.5.1	Plantillas apisonadas	127
VI.5.2	Suministro y colocación de acero de refuerzo	127
VI.5.3	Fabricación y colocación de concreto	128
VI.5.4	Cimbra de madera	130
VI.5.5	Especificaciones de construcción en cajas	131
VI.5.6	Construcción de pozos de visita y cajas de caída	132

---

---

VI.6	Excavación a cielo abierto	133
VI.6.1	Plantillas compactadas en cielo abierto	135
VI.7	Carpeta asfáltica	135
VI.7.1	Procedimiento constructivo de carpeta asfáltica	135
<b>CAPITULO VII</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
VII.1	Recomendaciones	138
VII.2	Conclusión	138
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		141
<b>REPORTE FOTOGRÁFICO</b>		142
<b>ANEXOS</b>		146



---

---

# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN



## I.1 INTRODUCCIÓN

Bien es sabido que la República Mexicana es rica en los diversos tipos de suelos que en ella están contenidos y que la ingeniería mexicana alcanza niveles elevados a nivel mundial en cuanto a construcción sobre los mismos porque se sabe construir en ellos.

Conocer de las diferentes formas de intervenir el subsuelo en México para construir infraestructura como en este caso enfocado a un túnel semiprofundo y los diversos trabajos de tunelería es hoy prioridad y de gran importancia, ya que el uso de estos conocimientos nos llevarán a resolver problemas comunes en la aplicación de la ingeniería civil.

Hablar de túneles no es cosa sencilla ya que, como en muchas áreas, tanto su complejidad como los procesos constructivos que son empleados para la construcción de los mismos es demasiado basto, además de la gran variedad de situaciones que se presentan en base al suelo donde se ejecutarán las obras pero en este caso en particular, estará dedicado a un proceso constructivo que tiene la finalidad de construir infraestructura subterránea con la menor intervención en la zona de construcción y con la optimización de tiempos y costos.

La finalidad de la exposición de este caso práctico es dar a conocer de forma detallada el método de hincado de tubería denominado “*trenchless*” o sin zanja y particularmente el proceso de “*Pipe Jacking*”, además de los diferentes estudios que fueron necesarios para esta construcción. De tal forma que, el lector podrá tener una visión más amplia de como poder atacar y resolver alguna problemática de proyecto similar y que con el conocimiento de este método pueda ser beneficiado para dar alternativa en cuanto a la construcción de redes subterráneas a diferentes profundidades ya sean de alcantarillado, hidráulicas, eléctricas, etc.

Este trabajo está destinado a resumir en base a un proyecto ejecutado en campo, los conceptos utilizados así como estudios y procedimientos constructivos con los que, en general, un proyecto de estas dimensiones debe contar y contemplar sin excepción para la construcción de colectores semiprofundos mediante el hincado de tubería por medio del empleo de equipo especializado para la construcción de túneles como lo es, en este caso, el empleo de tuneladora.

Sera asentada información de ingeniería básica de diferentes áreas y de proyecto necesaria para el cálculo de los diversos estudios y procesos constructivos para llevar a cabo una obra de este tipo que es de vital importancia en el ramo del alcantarillado en el país.

La exposición de este caso práctico brinda una herramienta de ingeniería aplicada dentro del ramo hidráulico sanitario, así como de mecánica de suelos, hidrológico y de estructuras para ser una solución probable al lector y pueda ampliar criterios de solución en cuanto a este le sea presentado un caso similar.

Por lo anterior, tome la decisión de desarrollar este tema abarcando todos los trabajos que fueron ejecutados en la construcción de dicho colector para fines didácticos al estudiante de ingeniería civil debido a la poca información que tanto a nivel académico como en el campo laboral se maneja dentro del rubro de perforación y excavación, para así, colaborar con dicha experiencia dentro de un área de estudio que debe ser mucho más estudiada.

## I.2 OBJETIVO GENERAL

Dar a conocer una de las formas más óptimas de llevar a cabo la construcción de este tipo de infraestructura, además de resaltar la importancia que un método constructivo como el hincado de tubería representa para dar solución a diversos problemas sociales y de aplicación en la ingeniería civil, para así, dar solución práctica mediante acertados procesos constructivos y llevar a cabo la correcta ejecución de los trabajos de construcción realizados en campo expuestos en este caso práctico.





### I.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Presentar las características principales de los procedimientos constructivos que fueron necesarios para la elaboración de lumbreras y excavaciones, construcción de estructuras y ejecución de hincado de tubería en un suelo altamente deformable de zona de lago.

De igual forma, presentar los conocimientos aplicados para el cálculo de estudios hidrológico, mecánica de suelos y de estudios poblacionales, esto para dar solución a la problemática que la zona en cuestión mantenía en cuanto a inundaciones y problemas de drenaje.

### I.4 UTILIDAD DEL TRABAJO

La utilidad de la presentación de este trabajo se basa en que la exposición de los temas que en él son tratados sirvan a que el lector conozca de forma didáctica los procedimientos constructivos para la construcción de colectores semiprofundos mediante el proceso constructivo de hincado de tubería de concreto por tuneladora.

Dicho lector podrá basar esta experiencia práctica para trabajos futuros similares en dado caso que al mismo se le presente, además de que tendrá completa libertad de ampliar el conocimiento aquí presentado utilizando este trabajo como guía.

### I.5 ALCANCES

Este trabajo dará a conocer específicamente el método de hincado de tubería “*trenchless*” y uno de sus procesos constructivos denominado “*Pipe Jacking*”.

Se abarcarán los procesos constructivos necesarios para la construcción de un colector semiprofundo y los pasos a seguir para el análisis, estudio y la correcta ejecución de un proyecto de tal envergadura, mostrando la solución más óptima para resolver la problemática de inundación que esa zona específica presento y de la ineficiencia de servicio que la línea anterior ya presentaba.

### I.6 DESCRIPCIÓN DEL CAPITULADO

En esta sección se dará a conocer de forma general el contenido de cada capítulo de forma general y del cual se compone este trabajo de titulación, los cuales están basados en la investigación, supervisión en el sitio de obra y experiencia para dar a conocer el procedimiento de construcción de colectores por el método ya mencionado.

Para conocer la problemática que origino la construcción de esta infraestructura, el *Capítulo II Antecedentes* nos presenta de forma general la situación en la que el colector antiguo se presentaba al momento de realizar el proyecto, así como los problemas que el mismo ocasionaba tanto operativos como sociales. Aquí podremos conocer la zona geográfica donde se encuentra localizado el proyecto que se ejecutó así como especificaciones generales del sitio donde se realizó la obra.

Posterior al conocimiento de esta problemática y teniendo ya un caso concreto que debía ser resuelto en la zona, es presentado el *Capítulo III Proyecto colector semiprofundo*; en él es presentada de forma particular los diferentes métodos que existen para resolver problemáticas como el que este trabajo de titulación particularmente presenta. En este capítulo son presentados los diferentes métodos de hincado así como la finalidad de cada uno de ellos, tipos de equipo pero sobre todo una descripción técnica general del proyecto colector Chimalhuacán.



Posterior al capítulo anterior y habiendo conocido de forma particular los métodos de hincado “*trenchless*” y particularmente el “*Pipe Jacking*”, es presentado el capítulo el *Capítulo IV Ingeniería básica*, donde son expuestos los métodos que fueron empleados para el cálculo de proyecto, abarcando básicamente los estudios principales como lo son los estudios hidrológicos, de mecánica de suelos, cálculos de población de proyecto y topográficos; con los cuales se determinaron de manera concreta el proyecto y su ejecución.

Toda vez que ya fueron conocidos los estudios que se necesitaron para el cálculo del proyecto *colector Chimalhuacán*, es presentado en el *Capítulo V Volúmenes y cantidades de obra* todos los volúmenes resultados de la cuantificación de los trabajos que fueron ejecutados así como la presentación del catálogo que los contenía. Este capítulo presenta de forma puntual los montos reales ejercidos durante la construcción de esta red de infraestructura sanitaria y mostrara el programa de proyecto que rigió la construcción de la obra.

En el *Capítulo VI Procesos Constructivos*, serán expuestos a detalle todos los procesos constructivos que fueron necesarios en la construcción de este colector semiprofundo; aquí se expondrán los procedimientos de forma puntual y a detalle de cada trabajo que se realizó en el proyecto y serán descritos de forma consecutiva conforme fueron sucediendo cada uno de estos, haciendo hincapié en que es necesario ir de la mano junto a los anexos aquí integrados.

El *Capítulo VII Conclusiones y recomendaciones* será basado en cuanto a la experiencia adquirida en la construcción de esta obra de ingeniería, agradeciendo al usuario de este libro amplíe a su criterio y conocimiento el contenido de este trabajo teniendo este trabajo como una herramienta para ampliación del conocimiento en perforación y excavación de túneles semiprofundos por los métodos planteados en este trabajo de titulación.



---

---

# CAPITULO II

## ANTECEDENTES





## II.1 DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE DRENAJE

El municipio de Nezahualcóyotl está conformado, en su mayor parte, por terrenos del antiguo Lago de Texcoco en un área ocupada por un acuitardo de hasta 800 metros de espesor. Su superficie es prácticamente plana, por lo que no presenta alteraciones topográficas y orográficas casi de ningún tipo. Es posible asegurar que no presenta pendientes de terreno mayores al 3 por ciento, lo que implica que no cumple con las características para alojar usos urbanos dado que, debido a la extensión y llanura del terreno, se dificulta en gran medida el desalojo de las aguas servidas dentro del mismo.

La naturaleza lacustre del municipio de Nezahualcóyotl genera una lucha permanente de las autoridades y sociedad en general contra el drenaje de las aguas en temporada de lluvia, esto debido a la topografía del mismo. En cuanto a drenaje sanitario, alcantarillado y tratamiento se refiere, en el municipio son el conjunto de mecanismos preventivos por medio de los cuales se canalizan los desechos de agua contaminada. La cobertura del servicio de drenaje es de un 99.80 por ciento, lo que representa una población atendida de 1,138,247 habitantes.

Por la configuración topográfica del terreno, el sistema de drenaje del municipio es casi de forma rectangular; cuenta para drenar y dar salida a las aguas servidas con el Río de los Remedios, Río Churubusco, Río de la Compañía y Dren Bordo de Xochiaca principalmente. Estos drenes canalizan las aguas residuales de sur a norte y las deposita en el Dren Bordo Xochiaca y Río de la Compañía (río del cual se depende básicamente para drenar la parte oriente de la zona metropolitana del Valle de México y conduce sus escurrimientos hacia el norte hasta su descarga en el Dren General del Valle de México. Cuenta con un desarrollo aproximado de 18 Km, el cual descarga en el Gran Canal de Desagüe a través del canal de la Draga) a través de las plantas ubicadas en el Bordo de Xochiaca y Avenida de los Reyes, así como en el Río Churubusco (en el caso de la zona centro-oriente); siendo el Río de los Remedios el principal cauce federal de la zona norte para depósito de aguas residuales.

Respecto a la infraestructura sanitaria y pluvial, el municipio de Nezahualcóyotl cuenta con 2.6km de emisores, correspondientes a los cárcamos Villada, Carmelo Pérez, Esperanza y Los Reyes. En cuanto a longitud y diámetro de redes de conducción para el desalojo de las aguas servidas del municipio, ésta se compone de colectores que presentan diámetros que van desde 107 a 244 centímetros y conducen las aguas residuales y pluviales hacia las plantas de bombeo (cárcamos), contando en este municipio con diez de los 122 existentes en el Estado de México.

En la actualidad, en este municipio ya se han presentado evidencias de que la capacidad de descarga del sistema general es insuficiente; muchos de los tramos del Sistema de Drenaje Profundo han trabajado con sobrecarga varias veces al año y ya se ha presentado el caso de que el agua residual suba por las lumbreras y/o pozos de visita y se derrame en las calles (este es el caso más reciente del derrame por la lumbrera 3 del interceptor, que inundó la zona de Villada). La zona suroriente del Valle también ha crecido aceleradamente en el Estado de México sobre todo en los municipios de Chalco e Ixtapaluca, teniendo como consecuencia que, cuando ocurren tormentas de gran intensidad, la capacidad de drenaje de la red secundaria (y en algunos casos en la red primaria) resulta insuficiente durante decenas de minutos en el día. El problema se presenta principalmente en vialidades que se encuentran debajo del Interceptor del Oriente (donde los colectores pierden pendiente), donde estos encharcamientos producen daños de salud y económicos por el retraso en las actividades de la población, así como efectos negativos en la imagen del Gobierno Municipal.

Aunque es práctica y económicamente imposible resolver definitivamente estos problemas, sí pueden lograrse mejoras importantes que permitan reducir el nivel y el tiempo de los encharcamientos. Así, en los últimos años, se ha trabajado con buenos resultados.

## II.2 CAUSA Y PROBLEMÁTICA DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO EXISTENTE

Dentro del municipio de Nezahualcóyotl, en las colonias Estado de México, Maravillas, El Barco I, II y III, existen asentamientos diferenciales que están afectando a la infraestructura de drenaje existente, hecho que lleva al





sistema en general a trabajar en su mayor parte con tramos en contrapendiente lo cual implica que los conductos que lo conforman trabajen por carga hidráulica y no por gravedad produciendo severos encharcamientos e inundaciones, especialmente en temporada de lluvias; es importante señalar que la infraestructura hidráulica sanitaria cuenta con más de 20 años de haber sido construida, sobrepasando así, su vida útil y el poco óptimo funcionamiento del mismo.

En este caso particular, la problemática fue planteada debido a que la carga hidráulica ya supera la capacidad del colector principal en la zona, cuyo diámetro es de 1.83 metros.

Debido a que este colector fue construido dentro de la zona que conformó, por décadas anteriores al mismo, un canal que tenía conexión al Río Churubusco (ahora encofrado en esa zona) y a los asentamientos diferenciales que en la zona han ocurrido por filtraciones del colector mismo y el comportamiento propio del tipo de suelo donde está ubicado, se concluye que la principal problemática para la ejecución de dicha obra fue la siguiente:

- El colector existente, además de trabajar por periodos prolongados del día a su máxima capacidad (llegando a cubrir en su totalidad el área hidráulica en su tramo mas bajo), tiene dislocaciones a lo largo de la línea debidas principalmente a dos razones: 1) la antigüedad y mal estado de dicho colector, y 2) como consecuencia de un proceso constructivo antiguo (y actualmente deficiente) y de los materiales que fueron empleados para realizar el junteo de la tubería, ya que las aguas servidas y materiales diversos que por este colector fluyen deterioraron las condiciones del mismo. Estos problemas provocaron filtraciones de las aguas contenidas al subsuelo a través del tiempo, lo que ha generado socavación en su base, asentamientos diferenciales en las zonas aledañas al mismo y perdida de energía en el flujo de la línea por las dislocaciones que ésta presenta además de acumulación de azolve y basura; razones que provocan que dicha línea de drenaje no funcione siquiera óptimamente, haciendo referencia a: la capacidad de flujo de agua residual en cuanto al volumen que por dicha línea debería fluir en metros cúbicos por segundo y a la capacidad necesaria que en la actualidad las necesidades de la zona requiere para el funcionamiento óptimo del mismo.
- El colector en la parte más baja (ubicado en Calle 7 esquina Av. Chimalhuacán) termina con la conexión a una rampa de caída donde el colector descarga su gasto a un cárcamo de bombeo el cual alivia la línea de 1.83 metros en un 85% de su gasto total, volumen que es vertido por medio de bombeo hidráulico hacia el canal Río Churubusco. Esta situación ha implicado un uso constante (e incluso mayor al necesario) de equipo de bombeo para abatir el tirante máximo permitido del cárcamo y que, ocasionalmente, llega a exceder a consecuencia de la carga hidráulica del colector, provocando excedencias que generan frecuentemente inundaciones en las zonas próximas a la zona más baja del colector, especialmente en temporada de lluvias.
- En cuanto al bombeo referido en el punto anterior, el periodo del bombeo dentro del cárcamo para aliviar la línea era, durante los horarios de mayor consumo y gasto de agua (horas criticas), en ciclos cortos de aproximadamente 25 minutos, tiempo en el que se llevaba a cabo la recarga del colector existente de 1.83 metros de diámetro a su máxima capacidad; toda vez cargada dicha línea y llegado al tirante máximo permitido en el cárcamo de bombeo, se daba arranque a cuatro bombas por un periodo aproximado de 10 minutos, ciclos que disminuían a razón del horario y consumo de agua. Este problema generaba un consumo de electricidad excesivo y ya no costeable por parte de la dependencia encargada del mantenimiento de éste además de que, por ende, el mantenimiento de dicho cárcamo resultaba tener un costo elevado, más aun en temporada de lluvias.

### II.3 SOLUCIÓN A LA PROBLEMÁTICA

La problemática planteada fue ejecutar la construcción de un colector semiprofundo que reforzara el sistema de drenaje sanitario para así evitar inundaciones en época de lluvias y evitar afectaciones a los habitantes de las colonias antes mencionadas, para ello se calculó y diseño el **COLECTOR CHIMALHUACÁN**, cuya función es aliviar y





drenar las aguas pluviales y residuales de las colonias afectadas, mejorando así las condiciones ambientales y de salud en la zona.

Ante tales condiciones, se tuvo como finalidad resolver la mencionada problemática de los encharcamientos e inundaciones ya que la población del lugar ha tenido afectaciones que, aún fuera del valor económico que estas les ha generado, son sucesos que se repiten frecuentemente en cada temporada de lluvias; por lo que, al tiempo en el que fue reemplazado el equipo de bombeo del cárcamo mencionado en el tema II.2, fue planteada y llevada a cabo la construcción de la primer etapa de un nuevo colector (conformado de dos etapas) para aliviar los colectores existentes de 1.83 metros y 1.22 metros de diámetro mediante un colector semiprofundo paralelo de alivio.

## II.4 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y RECONOCIMIENTO DEL PREDIO

El municipio de Nezahualcóyotl se asienta en la porción oriental del Valle de México (en lo que fuera el lago de Texcoco), ubicándose geográficamente al oriente del Estado de México y el Distrito Federal y el cual tiene las siguientes coordenadas extremas: Latitud norte del paralelo  $19^{\circ} 21' 36''$  y  $19^{\circ} 30' 04''$  al paralelo y Longitud oeste del meridiano  $98^{\circ} 57' 57''$  y  $99^{\circ} 04' 17''$  al meridiano. Colinda al oriente con los municipios de La Paz y Chimalhuacán, al poniente con la delegación Venustiano Carranza, al sur con las delegaciones Iztapalapa e Iztacalco, al norte con el municipio de Ecatepec, al nororiente con el municipio de Texcoco y al norponiente con la delegación Gustavo A. Madero.

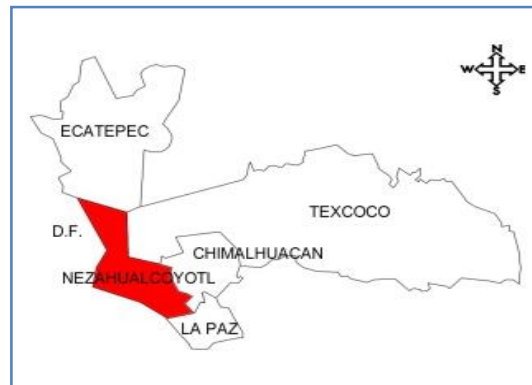


Figura II.4.1. Municipio de Nezahualcóyotl Estado de México.

Nezahualcóyotl está situada a una altura de 2,220 MSNM y pertenece a la región III Texcoco, subregión II y forma parte de la zona conurbada de la ciudad de México.

El municipio cuenta con un territorio de 63.44 kilómetros cuadrados de los cuales 50.57 son de uso urbano (81%) en donde se ubican 86 colonias y 11.87 kilómetros cuadrados corresponden a la zona federal del Ex-vaso de Texcoco.

Por el límite norte de poniente a oriente cruza el río de Los Remedios, de sur a noreste una rama del río Churubusco, en el límite noreste se encuentra el vaso del antiguo lago de Texcoco. Así mismo, cuenta con el lago del Parque del Pueblo que sirve como zona lacustre y ecológica.

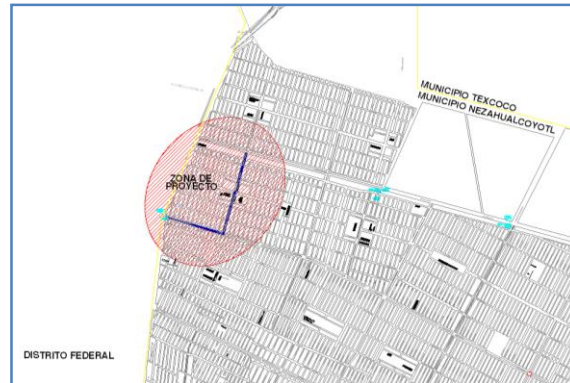


Figura 11.5.1.1 Croquis de localización

### III.4.1 RECORRIDO DE CAMPO

Con el objeto de conocer las características físicas y urbanas así como la ubicación y condición actual de los sistemas de alcantarillado y agua potable existentes, se realizó un recorrido en la zona del proyecto sobre Av. Chimalhuacán y calles aledañas, en el municipio de Nezahualcóyotl, Estado de México.



Figura 11.4.1.1 Ubicación del trazo del Colector de Proyecto



Foto 11.5.2.2 Trazo del Colector Cuauhtémoc intersección con el Colector Chimalhuacán, dicha intersección es en el pozo caja que se construyó en este cruce.



Foto 11.5.2.3 Trazo del colector por la Av. Chimalhuacán, casi esquina con la calle 9.





Foto 11.5.2.4 Trazo del colector por la Av. Chimalhuacán, casi esquina con la calle 10.



Foto 11.5.2.5 Vista sobre la Av. Chimalhuacán y la calle 1, al fondo a la izquierda se encuentran las Instalaciones de la Planta de Bombeo Chimalhuacán.

## II.5 TIPO DE ZONA

El municipio está dividido por una zona lacustre y lago que mide alrededor de 1,500 hectáreas desde el límite con el aeropuerto de la Ciudad de México hasta los conocidos Río de Los Remedios y el Río La Compañía; estas zonas están formadas por ríos, lagunas y charcos de enormes extensiones donde la mayoría son zonas de aguas negras; es aun la zona más cercana a la Ciudad de México donde hay rasgos de lo que una vez fue el lago de Texcoco, en esta zona inicia una de las vialidades más importantes de la Ciudad de México llamada Anillo Periférico que recorre toda la Ciudad de México de Oriente-Norte-Poniente-Sur. En esta zona eran las desembocaduras al Lago de Texcoco del Canal de San Juan, el río Churubusco, el río Consulado y el río de los Remedios; actualmente se puede apreciar un bosque a un costado de la Autopista Peñón-Texcoco y una parte del lago de Texcoco conocido como lago Nabor Carrillo casi en los límites de los Municipios de Texcoco y Chimalhuacán.

## II.6 TIPO DE CLIMA

El municipio está ubicado en las subcuencas Zumpango y Lago de Texcoco. La precipitación media anual en el municipio de Nezahualcóyotl es de 774 milímetros (7.74 lt/m<sup>2</sup>), concentrándose más de la mitad del volumen precipitado entre los meses de junio a octubre.

El clima predominante en el 99.6% del municipio es *templado semiseco*, con lluvias abundantes en verano y escasas en primavera, además de tener inviernos de clima frío; por otro lado, para lo correspondiente al resto del territorio municipal el clima es *templado subhúmedo*. La temperatura promedio anual es de 15.8°C, con una máxima de 34°C y una mínima de -5°C.

La humedad aumenta durante las lluvias de verano sobre todo por las tardes y noches. Se registran heladas en los meses de noviembre a marzo.

Los vientos dominantes se presentan principalmente entre los meses de febrero y abril y predominan los de sur a norte.

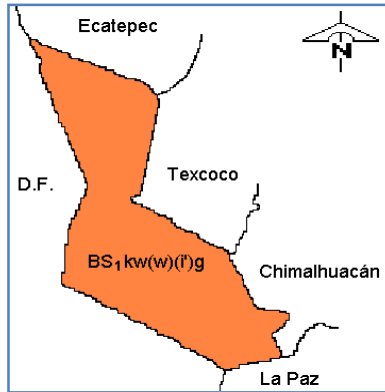


Figura II.7.1 Tipo de Clima del municipio de Nezahualcóyotl

## II.7 DEMOGRAFÍA GENERAL DEL MUNICIPIO

El Censo de Población señaló en base a sus estudios que, para el año 2000, de acuerdo con los resultados preliminares del Censo General de Población y Vivienda efectuado por el INEGI, existían en el municipio un total de 1,224,924 habitantes, de los cuales 592,747 son hombres y 632,177 son mujeres; esto representa el 48% del sexo masculino y el 52% del sexo femenino.

De acuerdo a los resultados que presento el II Censo de Población y Vivienda en el 2005, el municipio cuenta con un total de 1'140,528 habitantes, el cual lo ubica como el segundo municipio más poblado del estado de México como lo muestra la siguiente grafica poblacional.

	Personas
033 Ecatepec de Morelos	1,622,697
<b>058 Nezahualcóyotl</b>	<b>1,225,972</b>
057 Naucalpan de Juárez	858,711
104 Tlalnepantla de Baz	721,415
106 Toluca	666,596
031 Chimalhuacán	490,772
013 Atizapán de Zaragoza	467,886
121 Cuautitlán Izcalli	453,298
109 Tultitlán	432,141
122 Valle de Chalco Solidaridad	323,461

Grafica II.7.1 Población de los Municipios que conforman el Estado de México.

## II.8 ECONOMÍA E INFRAESTRUCTURA

En la actualidad, Ciudad Neza ha dejado atrás los problemas de carencias en cuanto a servicios básicos, así como la disminución de los índices delictivos, y por ende, ha logrado un mayor desarrollo tecnológico y humano aunque falta por resolver focos rojos de delincuencia, así como la modernización y equipamiento de las vialidades y su imagen urbana para hacer más atractivo el municipio a la inversión privada.

En 1990, la Población Económicamente Activa era de 412,307 personas de las cuales 399,797 estaban ocupadas y 12,510 desocupados, ubicándose el desempleo en 3%.



Sector primario	1,046
Sector secundario	129,285
Sector terciario	2,564.487
No especificados	12,979

*Tabla 11.8.1 Taza de población económicamente activa de Ciudad Nezahualcóyotl*

Hoy en día su desarrollo económico está evolucionando siendo un punto en potencia, tanto en la industria, el comercio y la cultura; al igual se pretende impulsar una zona especial parecida a Santa Fe para uso habitacional, comercial y recreativo, atrayendo a niveles de población con alto poder adquisitivo a una zona dedicada a gente adinerada, ejecutiva y trabajadora en el lado Oriente de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, aunque esto eleve el costo de la vida de quienes habitan en los alrededores de este complejo ecológico.

Según el INEGI hasta el año 2003 la población económicamente activa es de 478,479 personas y 98,171 nezahualcoyotlenses contaría con fuente de trabajo dentro y fuera del municipio. Existen alrededor de 22,268 unidades económicas en el municipio los cuales ocupan a 41,046 personas divididas en: 22,268 que ocupan el sector comercial, 14,988 el sector de servicios y 3,797 en la manufactura.



---

---

## CAPITULO III

# PROYECTO COLECTOR SEMIPROFUNDO





### III.1 TECNOLOGÍA TRENCHLESS

Este procedimiento es conocido también como Trenchless Technologies y ha sido empleada desde los años 50's teniendo múltiples aplicaciones en el campo de la obra civil, principalmente, en obras de instalación de líneas de drenaje sanitario (al cual estará dirigido este trabajo), agua potable, gas, comunicaciones y energía.

Está basado en que los métodos utilizados para abrir el suelo han variado en gran medida con respecto al típico sistema de excavación de zanjas a cielo abierto que se han utilizado hasta el presente con las ventajas y desventajas que reviste este método. Trenchless posee una mayor cantidad de ventajas y garantías, que han hecho de estas, alternativas reales en el ámbito de la construcción subterránea e instalación de servicios en el subsuelo.

Actualmente, existe un gran interés por implementar nuevos mecanismos constructivos para intervenir el suelo, esto debido a problemas tales como: los permisos municipales son cada vez más difíciles de obtener o bien el espacio superficial donde se realizarán los trabajos mediante excavación es muy reducido, no se cuenta con autorización para interrumpir el tránsito vehicular o peatonal de cierto sector, la pérdida de accesos, ruido, olores, riesgos de seguridad adicionales y problemas técnicos como la integración de la actividad de excavación con otros servicios subterráneos.

La tecnología Trenchless o “sin zanja” abarca técnicas, procesos y procedimientos utilizados con la finalidad de minimizar o eliminar la necesidad de excavación superficial a cielo abierto para llegar al servicio subterráneo así como la problemática que en general la construcción de excavaciones conlleva, reduce el impacto ambiental y aminora tanto los costos asociados a los trabajos de movimiento de tierras como la interferencia en la superficie. Se basa en nuevas formas de intervención directa al subsuelo utilizando nuevos equipos, maquinaria y materiales necesarios para la realización de perforaciones horizontales HDD (Horizontal Directional Drill) desde un punto de partida dado, esto con la finalidad de llevar a cabo la construcción, reemplazo o reparación de infraestructura existente ya que permite ejecutar dichos trabajos sin la necesidad de crear zanjas completas de diferentes dimensiones y evitar afectaciones en la superficie no llegando a la construcción de estos servicios desde la misma.

El uso de esta tecnología repercute tanto en los costos sociales, como en los costos mismos de la obra. Dentro de los beneficios más directos que ofrece se encuentra una económica instalación de tuberías, un menor impacto a los usuarios directos y al público general de la zona afectada, disminuir dramáticamente los costos de restauración de las zonas cercanas afectadas y una invasión mínima a las propiedades que rodean el área de trabajo; siendo uno de los beneficios más importantes el hecho de causar mínima interrupción en la operación de los servicios en la superficie.

Este método es menos destructivo superficialmente ya que perturba mínimamente el entorno y mucho más limpio es su totalidad, pero no menos peligroso; en la actualidad es uno de los métodos ecológicamente aceptables, ya que cumple con las estrictas especificaciones ambientales exigidas.

#### III.1.1 PRINCIPALES VENTAJAS DE LA TECNOLOGÍA TRENCHLESS

- Se reduce considerablemente el tiempo de ejecución en obra, ampliando el margen de cumplimiento oportuno de los compromisos.
- Factibilidad de uso en zonas urbanas como en áreas naturales.
- Se obtiene una instalación precisa de alta calidad y eficiencia y cumple con las especificaciones de normatividad e impacto ambiental.
- Reducción de impacto ambiental.
- Reducción considerable a los costos y trabajos de movimiento de tierras.
- Mínima reparación a pavimentos (si es el caso).
- Factibilidad a usarse en cualquier tipo de terreno.





- El proceso constructivo presenta libertad de alineación, es decir, el trazo puede ser definido y redefinido en base a las condiciones presentadas en campo.
- Completamente independiente a las condiciones climáticas.
- No se requiere el abatimiento de niveles de aguas subterráneas (únicamente trazo de hincado).
- Mayor alcance, tanto longitudinal como en profundidad, esto a un menor costo.
- Se elimina el riesgo de hundimientos y desplazamientos diferenciales del suelo a causa de la obra.
- Factibilidad de cruzar obras de infraestructura y edificación sin afectar su operación, estructura o interferencia.
- Mínimo impacto de alteración a las características actuales del suelo y de su entorno.
- Reducción de protecciones y soportes (ademes) contra colapsos y estabilidad de suelos.
- Reducción de relleno compactado.
- Eliminación o disminución de riesgo a fallas y colapsos dentro de la obra.
- Eliminación o disminución de afectaciones vehiculares así como reducción de contaminación ambiental.
- Mínima perturbación en la superficie.
- Eliminación de daños a casa habitación y vialidades adyacentes (si fuera el caso).
- Mayor índice de seguridad en la obra y zona adyacente para habitantes y obreros.

### III.2 TIPOS DE TECNOLOGÍAS TRENCHLESS

Existen distintos tipos de metodologías y equipos para la ejecución de trabajos bajo este tipo de procedimiento, los cuales se dividen en dos grupos: 1) instalación y tendido de nuevos sistemas (tubería, cableado o ducto) y 2) los métodos necesarios para la renovación, reparación o reemplazo de redes antiguas. Los métodos que pueden encontrarse comúnmente en el campo de la obra civil son los que serán descritos brevemente a continuación, haciendo hincapié en el método **PIPE JACKING** ya que este método (como sus procesos y procedimientos constructivos) fue el indicado para ser empleado en la construcción del **COLECTOR CHIMALHUACÁN**.

#### III.2.1 INSTALACIÓN Y TENDIDO DE NUEVOS SISTEMAS

Para la instalación de nuevos sistemas (tuberías, redes de drenaje sanitario, cableado o ducto), existe una gran variedad de métodos que podrán ser empleados y su elección dependerá principalmente de las condiciones propias a las que el proyecto esté sujeto ya sean: diámetro de tubería a hincar, distancia del tendido o lanzamiento, condiciones del tipo de suelo, condiciones topográficas, tipo de tubería a instalar, etc. Esta metodología se describe a continuación.

##### III.2.1.1 DESPLAZAMIENTO DE SUELO CON MARTILLO NO DIRECCIONAL "GRUNDOMAT"

Este es el método que realiza excavaciones de pequeños diámetros, ya que su tecnología está basada en golpes constantes lanzados a mano, de una base de partida para que la punta pueda atravesar el terreno y a la misma vez colocar el tubo.

Este método es utilizado principalmente en suelos altamente deformables y con ausencia de roca (clastos). Consiste en desplazamiento de un martillo neumático de forma radial en el suelo comprimiéndolo a su alrededor, creando una cavidad en el material perforado para poder introducir tuberías ya sean largas o cortas, metálicas o de materiales deformables, con un diámetro de hasta 200 milímetros. La velocidad de este método dependerá del tipo de suelo, teniendo rendimiento de hasta 15m/hr, con un tendido de hasta 40 metros en un solo paso y es fácilmente configurado para empujar la tubería (extracción).



Durante la extracción de la tubería, otra tubería empujando el adaptador, se coloca en la parte frontal del equipo de perforación; la propulsión del martillo es proporcionada por un pistón de aire comprimido, proporcionado por un compresor de aire normal. Este método, al no ser direccional, necesita obligatoriamente que el sentido de la excavación se determine desde el inicio. El martillo está montado en un anillo ajustable que, con la ayuda de un nivel topográfico corrige la dirección de la perforación, esto se hace normalmente alineando el equipo con el lugar y la profundidad de salida a la que debe emerger el equipo en dicho punto; ambas con la finalidad de que, mediante este método, se llegue al objetivo en línea y grado. La desventaja principal de este método, es que el equipo no funciona en suelos rocosos, ya que la existencia de estos materiales desvía la dirección de la perforación.

Este método puede ejecutarse de dos formas distintas: 1) el pistón golpea la cabeza del dispositivo desplazando conjuntamente el martillo, la cabeza, el cuerpo del equipo y la tubería acoplada al mismo; y 2) donde le martillo golpea en primera instancia la cabeza penetrante del dispositivo avanzando en el proceso de penetración, luego golpea el cuerpo del dispositivo arrastrando consigo el cuerpo y la tubería acoplada a este.

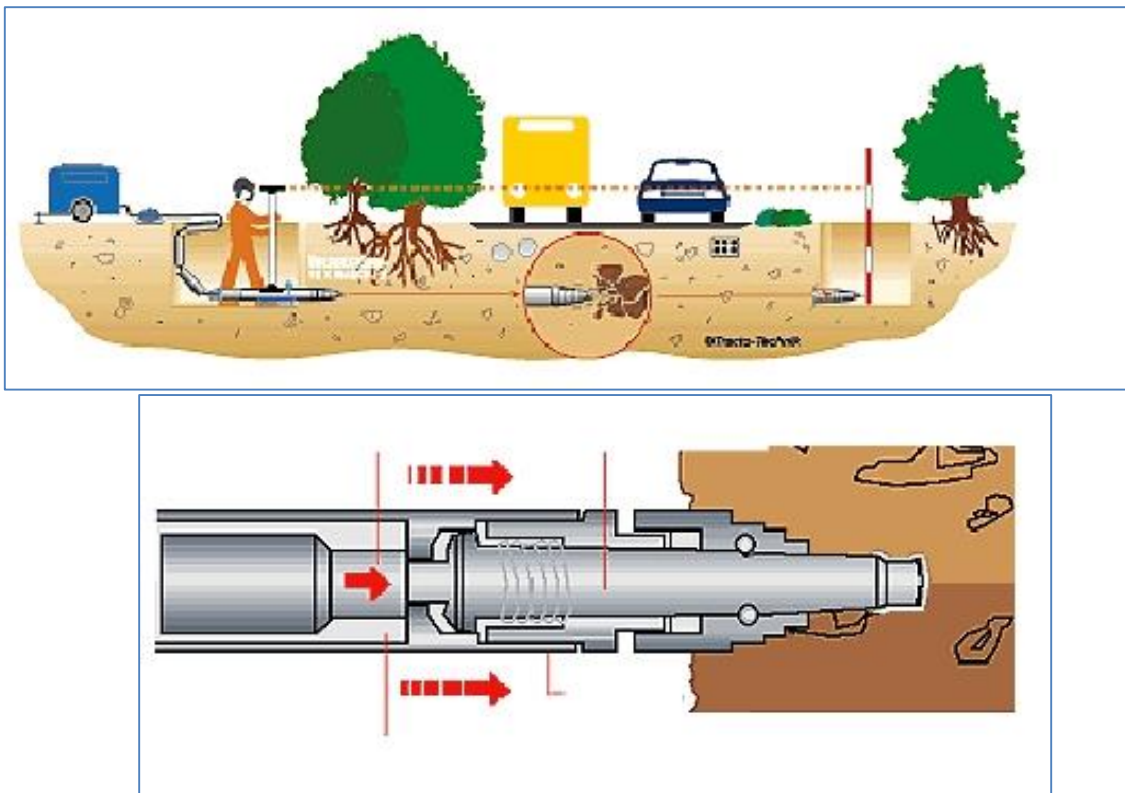


Figura III.2.1.1.1 Diagrama de uso del sistema de desplazamiento de suelo con martillo no direccional (arriba), diagrama de martillo neumático (abajo).

### III.2.1.2 HINCADO DE TUBERÍA DE ACERO “GRUNDORAMMING”

Este método tiene las mismas características que *Groundmat*, pero este funciona con presión brindada de una compresora que se instala en el punto inicial.

Es principalmente utilizado para tramos en los que los sistemas normales no logran perforar el suelo existente. El procedimiento es muy similar al hincado de pilotes de acero, ya que utiliza un percutor para la instalación de tuberías, siendo esta martillada hacia el suelo mediante la fuerza percutora proporcionada por martillos hidráulicos. Luego de instaladas las tuberías, estas son limpiadas por medio de un tornillo sin fin que arrastra el suelo hacia uno

de los extremos mediante un movimiento circular, o bien, como segunda opción es empujar un embolo con aire comprimido a través de la tubería, el embolo tendrá la función de tope, el cual mientras se desplaza hacia uno de los extremos, empuja el suelo que quede contenido dentro de la tubería luego del trabajo de instalación.

El poder de percusión de la estiba tubería *Grundoram* puede ayudar a cruzar lugares que contengan agua sin perforación y superar los flujos de la misma. En este método debe siempre tenerse en cuenta que en el punto de salida puede haber presencia de una presión libre que haya ejercido el sistema al suelo.

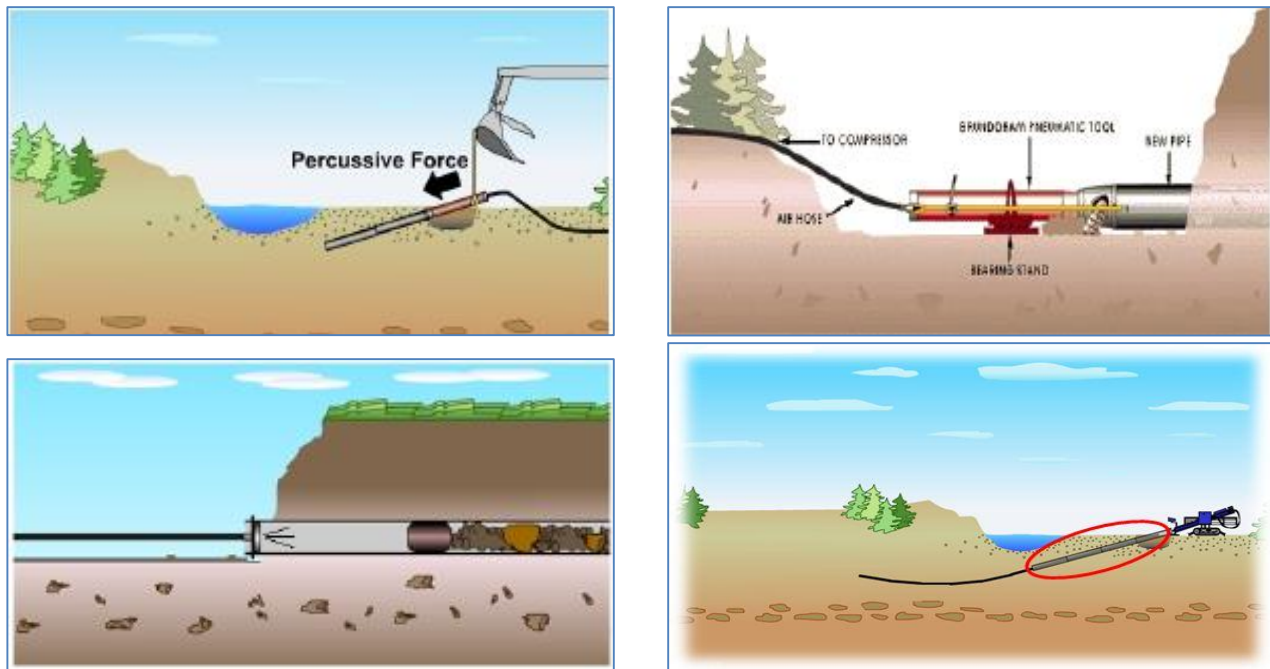


Figura III.2.1.2.1 Diagrama del sistema de hincado de tuberías de acero (arriba izquierda), Instalación horizontal de tubería de acero mediante fuerza percusora (arriba derecha), Limpieza de la tubería con embolo y aire comprimido (abajo izquierda), Estiba de tubería GRUNDORAM (abajo derecha)

### III.2.1.3 PERFORACIÓN CON MARTINETE HORIZONTAL DIRECCIONAL HDD

Este método permite la instalación de líneas de hasta 500 metros de largo, bajo cualquier condición topográfica con interferencias como complejos industriales, zonas urbanas, lagos, ríos, etc. Sus aplicaciones incluyen instalaciones de líneas de redes de agua potable, drenaje sanitario, tuberías de alta presión, cables de protección para cableado eléctrico y fibra óptica, gas, etc.

El sistema empleado en este método, mezcla la fuerza percusora de un martinete más el torque de un taladro direccional. Permite la perforación en suelos de moderada resistencia gracias a la utilización de un lubricante a base de una solución de bentonita o tecnología denominada *Dry Directional Drilling* a base de aire comprimido a baja presión, la cual inyectada por la cabeza del equipo, permite (al mezclarse con el suelo adyacente) una mejora en la capacidad de perforación.

Este sistema consta de tres partes principales, las cuales son:

- Anillo de perforación.
- Sistema de mezclado de solución de bentonita.
- Unidad hidráulica para el transporte de mezcla de bentonita.



La principal ventaja de este método es que, básicamente, existe la posibilidad de direccionar y maniobrar la dirección de la perforación del equipo, dando la posibilidad de perforar de manera más controlada y precisa.

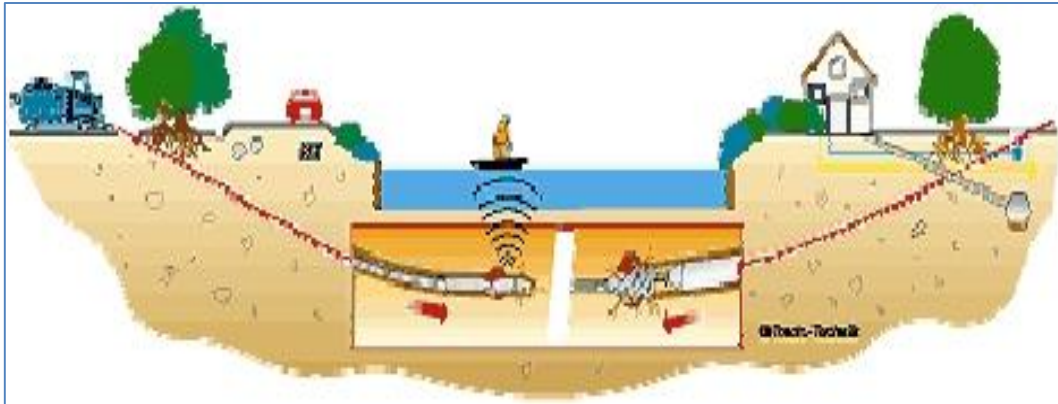


Figura Diagrama de instalación de tubería, utilizando martinete horizontal direccional

### III.2.1.4 PERFORACION MEDIANTE TALADRO DIRECCIONAL

Este método empleado para la instalación de tuberías subterráneas está diseñado especialmente para lugares de acceso restringido o de difícil maniobra, ya que el estabilizador y la propulsión son dos máquinas distintas que pueden ser instalados en lugares de tamaño reducido.

Este método, a diferencia de los anteriores, no utiliza el impacto o percusión como generador de perforación, sino que desplaza el suelo hacia el punto de entrada gracias al movimiento circular y la utilización de brocas. Las ventajas de este método son principalmente que, para poder utilizar equipos para este método específico, solo se debe tener la posibilidad de crear dos puntos: de entrada y de salida; factibilidad de uso en lugares de reducido tamaño, fácil montaje y desmontaje de los componentes del sistema, instalación de tuberías con alta precisión, siendo la ventaja más importante la que permite realizar perforaciones en casi cualquier tipo de suelo ya que el accesorio de perforación puede ser cambiado.



Figura III.2.1.4.1 Fotografía de taladro dimensional (izquierda), Fotografía de un taladro direccional en posición (derecha)

### III.2.1.5 MICROTUNELEO “PIPE JACKING”

El microtúnel se define como cavidad y puede ser de hasta cuatro metros de diámetro, aunque también los haya de diámetro mayor. El método de instalación *Pipe Jacking* es una aplicación de la tecnología Trenchless que particularmente nos sirve para poder hacer excavaciones a nivel de microtunelería, especialmente dirigido a grandes sistemas de agua potable y drenaje sanitario.

Este método consiste en realizar la perforación de un túnel empleado para la ejecución de la construcción de dicha infraestructura; la tuneladora (por lo general una tuneladora totalmente automecanizada, presurizada o manual) puede ser de dos tipos y el uso de ellas dependerá del tipo de suelo donde sea proyectada la construcción del túnel: 1) *topos* y 2) *escudos*. En México, el uso de estos dos tipos de tuneladoras se usaran en función al tipo de zona donde será empleado, siendo usados de la siguiente forma: topo y escudo de *frente abierto* en zona de loma tipo I y transición alta tipo II, escudo de *frente cerrado* en zona de transición baja y abrupta tipo II y zona de lago tipo III; respecto a lo antes mencionado, son ambas las condiciones de las que dependerá la regulación de la apertura en el frente del escudo.

*Pipe Jacking* permite instalar tuberías a distancia de forma controlada por medio del hincado de tubos y de túneles que se construirán sin excavar el suelo. Las secciones de tubería se van empujando tubo a tubo de manera sucesiva y horizontalmente en el suelo lanzados hacia una distancia ya predeterminada, la cual está subordinada al tipo de escudo que se emplea al ejecutar los trabajos, siendo la distancia máxima de hasta 250 metros cuando se usan escudos manuales de frente abierto o cerrado y de hasta 450 metros cuando es usado un escudo presurizado o topo, esto por la recomendación de precisión que el proyecto en sí requiere.

La distancia a la que puede ser impulsada la tubería es variable, depende de la fuerza de los gatos de empuje y la fricción que sea generada entre la tubería y el suelo. En cuanto a la fuerza de empuje y si el lanzamiento es de larga distancia, puede ser resuelta por medio de la instalación de dispositivos de empuje hidráulicos intermedios colocados a cierta distancia y los cuales funcionarán a la vez con los gatos hidráulicos principales. Respecto a la fricción, el uso de lubricante bentonítico es la solución para disminuir la fricción entre el suelo y el conjunto de tubería-escudo.

El procedimiento principalmente se basa en el trazo de un eje de lanzamiento hacia un punto fijo de recepción en el centro del escudo. El trazo es fijado mediante un láser y el cual dependerá de la topografía el eje fijado. El escudo es impulsado mediante gatos hidráulicos desde un en el eje del lanzamiento. A medida que avanza escudo, la sección de tubería se inserta detrás de él de uno en uno y toda la cadena es empujada hacia adelante. Cuando el escudo de perforación alcanza el eje de recepción, es retirado y la tubería es completada.

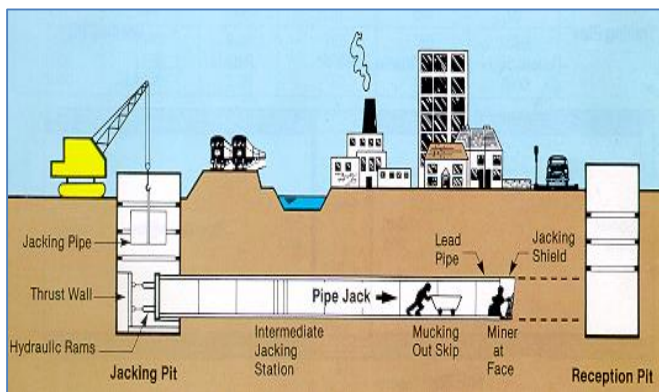


Figura III.2.1.5.1 Proceso para el método de Pipe Jacking (izquierda), Proceso de hincado de tubería (derecha)



### III.2.1.5.1 TUNELADORAS

Una tuneladora T.B.M. (*Tunnel Boring Machine*) o minador a sección completa, es una máquina capaz de excavar túneles a sección completa, a la vez que colabora en la colocación de un sostenimiento si este es necesario, ya sea en forma provisional o definitiva.

La excavación se realiza normalmente mediante una cabeza giratoria equipada con elementos de corte y accionada por motores hidráulicos (alimentados a su vez por motores eléctricos, dado que la alimentación general de la máquina se realiza con energía eléctrica), existiendo también tuneladoras menos mecanizadas sin cabeza giratoria. El empuje necesario para el lanzamiento de tubería se consigue mediante un sistema de gatos hidráulicos perimetrales que se apoyan en el último anillo de sostenimiento colocado en zapatas móviles (denominadas *grippers*), accionados también por gatos que las empujan contra la pared del túnel o *muro de reacción*, de forma que se obtiene un punto fijo desde donde empujarán y se apoyarán.

Detrás de los equipos de excavación y avance se sitúa el denominado *equipo de rezaga* de la tuneladora (o *back up*), constituido por una serie de plataformas-banda arrastradas por la propia máquina y un tren-contenedor, que por medio de rieles colocados a lo largo del túnel desde donde se alojan todos los equipos de transformadores, ventilación, depósitos de mortero y el sistema de evacuación del material excavado, transporta el material de rezaga excavado desde la banda hasta la posición de extracción.

Los rendimientos conseguidos con tuneladoras de cabeza giratoria son elevadísimos si se comparan con otros métodos de excavación de túneles pero su uso no es rentable en longitudes cortas a excavar, se debe amortizar el precio de la máquina y eclipsar el tiempo de su transportación y montaje. Además, los túneles a excavar con tuneladora deben tener radios de curvatura elevados porque las máquinas no aceptan curvas cerradas y la sección tiene que ser circular en túneles excavados con cabeza giratoria.

### III.2.1.5.2 TIPOS DE TUNELADORAS

Se distinguen dos grandes grupos: los *topos* y los *escudos*, aun cuando también existen tuneladoras mixtas, y las cuales serán descritas a continuación:

**Topos:** Los topes son tuneladoras diseñadas para excavar rocas duras o medianas, sin demasiadas necesidades de sostenimiento. Su diferencia fundamental con los escudos es que no están dotados de un cilindro de acero tras la rueda de corte que realiza la función de entibación provisional.

La fuerza de empuje se transmite a la cabeza de corte mediante cilindros (cilindros de empuje), la reacción producida se transmite a la pared de la roca del túnel mediante los grippers (fuerza de anclaje) quienes también compensan el par producido por la cabeza de corte, que se transmite a éstos a través de la viga principal.

Cuando se ha terminado un ciclo de avance, se necesita reposicionar las zapatas de agarre (*grippers*), para la cual se apoya la viga principal en el apoyo trasero. Una vez anclados los grippers en su nuevo emplazamiento, se libera el apoyo trasero y se inicia un nuevo ciclo de avance.

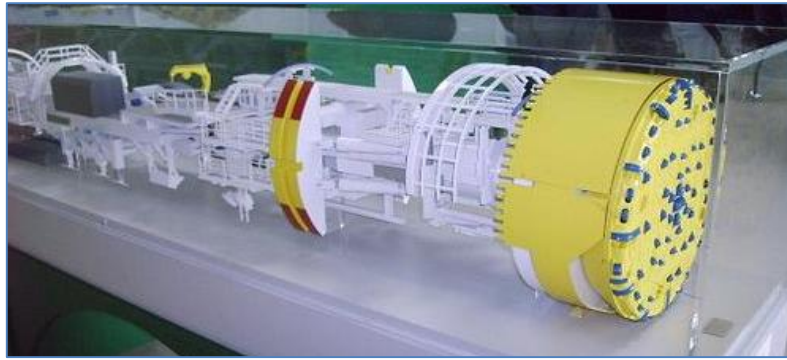


Foto III.2.1.5.2.1 Modelo a escala de la tuneladora TOPO

**Escudos:** Los escudos son tuneladoras diseñadas por excavar rocas blandas o suelos que necesitan sistemáticamente la colocación de un sostenimiento. A diferencia de los topes, los escudos cuentan con una carcasa metálica exterior (que da el nombre a este tipo de máquina) que sostiene provisionalmente el terreno desde el frente de avance hasta algo más allá de donde se coloca el sostenimiento definitivo, normalmente consistente en anillos, para de este modo, garantizar en todo momento la estabilidad del túnel. A menudo están preparadas para avanzar bajo el nivel freático.

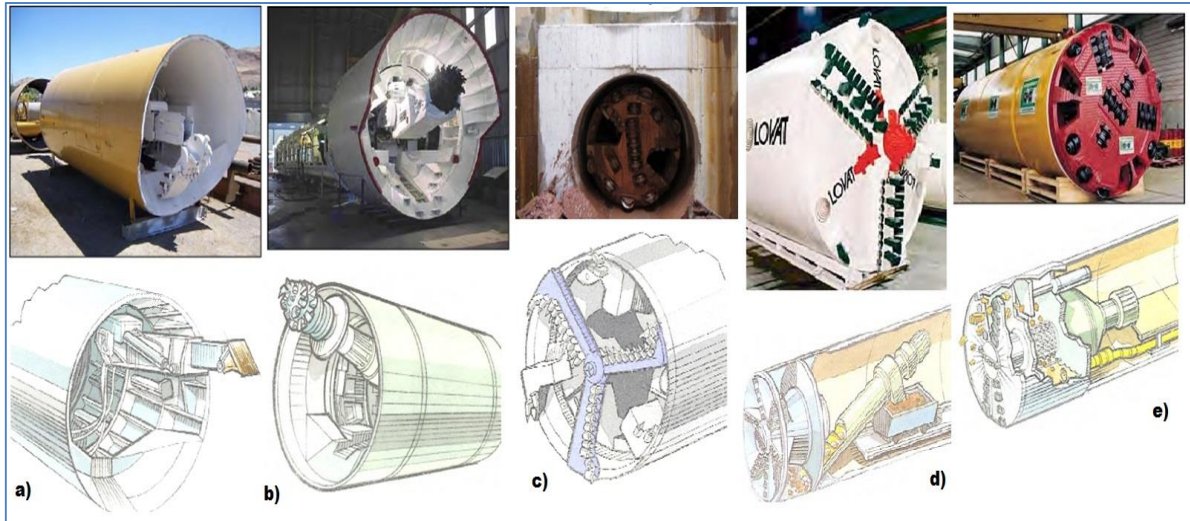
Si se trata de una tuneladora de cabeza giratoria, suele estar equipada con picas, rastreles o rippers (elementos que arrancan los suelos) y cortadores (elementos que rompen por indentación la roca). También dispone de una serie de aperturas, frecuentemente regulables, por donde el material arrancado pasa a una cámara situada tras la rueda de corte y desde donde se transporta posteriormente hacia el exterior de la máquina., estando tras esta cámara alojados los motores y el puesto de mando, espacios completamente protegidos por la carcasa metálica.

Se cuenta con dos grandes grupos de escudos, de entre los que se distinguen las tipologías que se explicitan a continuación:

- **Escudos de frente abierto:** se usan cuando el frente del túnel es estable. El sistema de excavación puede ser manual, mediante brazo fresador, con un brazo excavador o con una cabeza giratoria. En algunos casos, se puede colaborar con la estabilidad del frente una vez acabado cada ciclo con unos paneles a modo de reja. Con este tipo de máquina, si la cabeza no es giratoria, es posible trabajar con secciones no circulares.
- **Escudos de frente cerrado:** se usan cuando el frente del túnel es marcadamente inestable, por ejemplo en terrenos no cohesivos, saturados de agua, etcétera; siendo la sección excavada ha de forma circular. Existen varios tipos:
  - ✓ **Escudos con cierre mecánico:** la entrada y salida de material en el cuarto de tierras se regula mediante dos puertas de apertura controlada hidráulicamente. La máquina tiene limitaciones con presencia de agua.
  - ✓ **Escudos presurizados de aire comprimido:** ya casi en desuso
  - ✓ **Escudos de bentonita o hidroescudos:** con la inyección de bentonita se consigue estabilizar el terreno por sus propiedades tixotrópicas y facilitar el transporte de material mediante bombeo.
  - ✓ **Escudos de balance de presión de tierras o EPB's:** el material es extraído del cuarto de tierras mediante un tornillo de Arquímedes. Variando la fuerza de empuje de avance y la velocidad de extracción del tornillo, se consigue controlar la presión de balance de las tierras, para que ésta garantice la estabilidad del frente y se minimicen los asentamientos en superficie. Para facilitar la evacuación de



productos poco plásticos con tornillos, a menudo se han de inyectar productos químicos para aumentar la plasticidad de los terrenos. Estos escudos son los más usados en cuanto a excavación de túneles bajo nivel freático.



Fotografías III.2.1.5.2.2 a) Backhoe Excavator, b) Road-header, c) Open Face TBM, d) Earth Pressure Balancing TBM y e) Slurry TBM

### III.2.2 MÉTODOS PARA LA RENOVACIÓN, REPARACIÓN O REEMPLAZO DE REDES ANTIGUAS

Los métodos que serán presentados a continuación utilizan la tubería o línea de servicio antigua como guía. Estos métodos reemplazan líneas de drenaje existente o líneas de cualquier tipo en mal estado por tuberías nuevas, utilizando principalmente HPDE (polietileno de alta densidad).

#### III.2.2.1 CRACKING DINÁMICO “PIPE BURSTING”

Este método es el único método de zanjas de sustitución que permite el tamaño de la tubería original. Sigue el mismo principio que el ya mencionado método “desplazamiento de suelo con martillo no direccional GRUNDOMAT”; en este método también es empleado un martinete no direccional con la diferencia de que en este caso, lo que se desplaza hacia los lados no es suelo sino los trozos de la tubería antigua.

Este sistema consta de: cabeza penetrante expansora, cuerpo y expansor, martinete, Winche y compresor de aire.

El funcionamiento del equipo empleado para este método es bastante simple. El Winche, por medio de un cable de acero, tira y direcciona el equipo dentro de la tubería antigua y el compresor surte de fluido hidráulico o de aire al martinete para generar los golpes. El efecto percutor del golpe, en conjunto con la fuerza de tiro del Winche, rompen la tubería antigua. Por su parte, el expansor ira instalando la tubería nueva y trasladará los trozos de la tubería anterior en dirección radial enterrándola en el suelo adyacente.

En general, este método logra instalar tuberías de hasta 250 metros de longitud con un ritmo normal de 1m/min. Normalmente el expansor será de diámetro mayor que la tubería que será instalada para permitir la fácil penetración en la tubería antigua, además de asegurar una correcta conexión entre el percutor y la tubería; este

método es utilizado principalmente para instalar tuberías de mayor diámetro que la línea antigua, aumentando las capacidades de servicio de la red.

Varios factores determinan si *PIPE BURSTING* es apropiado para la rehabilitación de una línea no. Estas consideraciones incluyen el material de la tubería anfitrión, el diámetro, el estado, la profundidad, longitud, diámetro de la tubería nueva, las condiciones del suelo, los servicios periféricos y conexiones de servicio.

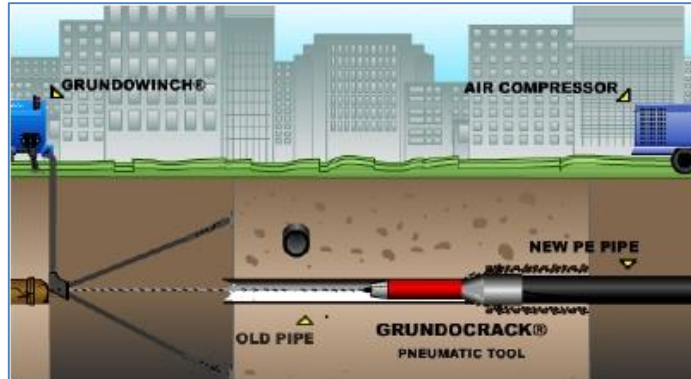


Figura III.2.2.1.1 Diagrama de uso del método *PIPE BURSTING* para reemplazo de redes

### III.2.2.2 CRACKING ESTÁTICO

Este método, al igual que el método “*Cracking Dinámico PIPE BURSTING*”, rompe la tubería a reemplazar y donde estaba ésta, instala la tubería nueva. La diferencia principalmente radica en que la tubería antigua es cortada por medio de un patín cortador denominado “*rolling blade cutting rod*”. Con este método se pueden reemplazar sin problemas redes de agua potable, drenaje sanitario y gas.

Fuera de lo antes mencionado, el procedimiento es muy similar al *Cracking Dinámico*, ya que el equipo es también tirado desde el punto de salida, pero al prescindir del martillo neumático, la instalación es más simple al no necesitar mangueras hidráulicas. Este método (dependiendo del equipo a utilizar) puede instalar tuberías desde 50 hasta 1000 milímetros, siendo utilizado principalmente para el reemplazo en tuberías de acero.

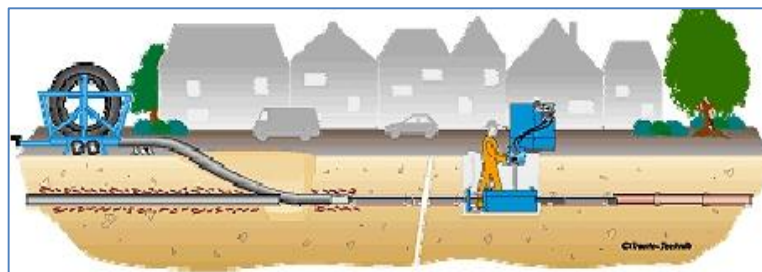


Figura III.2.2.2.1 Diagrama de uso del método *Cracking Estático* para reemplazo de redes

### III.2.2.3 MÉTODO DE CONDUCTO ESTRECHO “TIGHT IN PIPE”

Este método, aprovecha la tubería antigua ya que la tubería nueva queda alojada como huésped dentro de la línea ya existente. En este caso, el diámetro interior de la nueva red será menor que al diámetro de la tubería ya existente, evitando con ello el rompimiento de la red antigua.

El equipo restablece la forma original de la tubería y al mismo tiempo va instalando, dentro de la línea anfitriona, la tubería nueva; la tubería nueva debe ser lo suficientemente pequeña e incluso un poco más pequeña que el diámetro de la tubería anfitriona para que el insertado de la tubería nueva sea fluido, pero lo suficientemente grande para evitar la necesidad de llenar los espacios vacíos entre ambas.

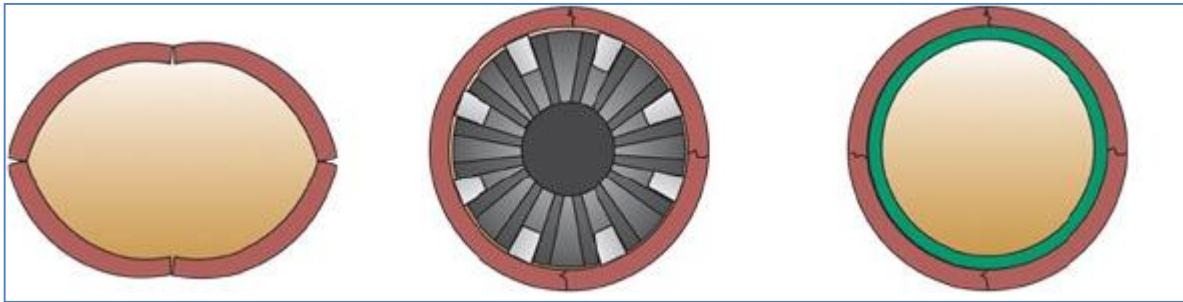


Figura III.2.2.3.1 Corte transversal del funcionamiento de la máquina

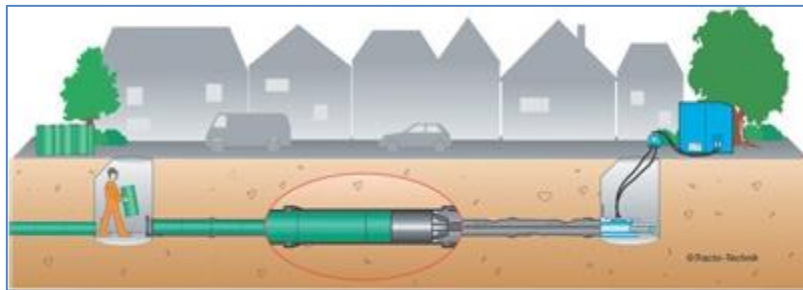


Figura III.2.2.3.2 Ejemplo de uso del método TIGHT IN PIPE

### III.2.2.4 MÉTODO DE CORTE DE TUBERÍA

Método alemán basado en la necesidad de cambiar por el método Trenchless las líneas de drenaje sanitario de plomo por líneas de drenaje de Polietileno de alta densidad (HDPE).

Este procedimiento es aplicable para conexiones domiciliarias, por tramos de entre 15 a 20 metros para tuberías de 20 a 50 milímetros de diámetro. Además los tamaños de los puntos de partida pueden ser bastante pequeños ya que la máquina que se utiliza para los procedimientos de reemplazo de tubería son suficientemente pequeños ya que el equipo es de tamaño compacto. Se debe tener en cuenta que el Winche tenga la fuerza suficiente para tirar del expansor, además de garantizar un tirado continuo de este.

La cabeza expansora es parecida a la cabeza empleada en el método “Cracking Dinámico”, la diferencia consiste en don cuchillos puestos de forma opuesta, que cortan la tubería interior en dos pedazos para luego ser empujadas hacia afuera, enterrándolas en el suelo.

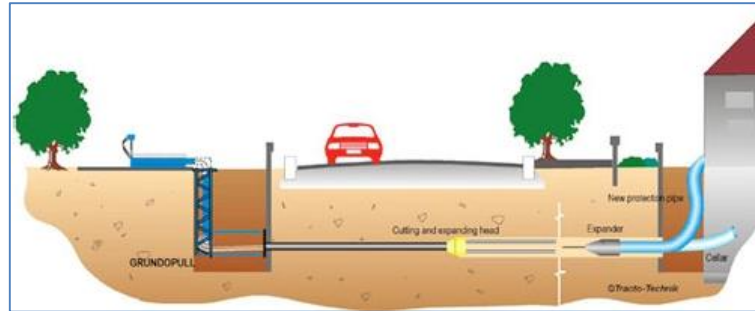


Figura III.2.2.4.1 Diagrama del uso de cortador de tuberías

### III.3 COSTOS DE UTILIZACIÓN

Existen tres tipos de costos que deben ser considerados al analizar la implementación de tecnologías *trenchless*. Los costos directos, los indirectos y los social - ambientales. Los costos sociales y de medio ambiente son mucho más difíciles de cuantificar, y por ende es imposible cargarlas a quien realiza la construcción de estas instalaciones.

Para este tipo de trabajos la importancia de los costos sociales y medioambientales es bastante alta, mucho más de lo que se considera en otro tipo de obras. Esto se debe principalmente a que, al renovar o instalar redes de tuberías nuevas, se altera considerablemente el normal funcionamiento de las actividades en la superficie (zanja a cielo abierto), afectando directamente a la población que transita y/o que se mantiene cercana a las inmediaciones de la zona de los trabajos.

Si se quiere analizar los costos sociales y medio ambientales, se deben considerar los costos producidos por las interrupciones viales, la interrupción de las actividades de los comercios aledaños a los trabajos, contaminación acústica y vibraciones, aumento de la accidentabilidad de los transeúntes y trabajadores, etc.

#### III.3.1 COSTOS DE PRE-CONSTRUCCIÓN

A continuación se presenta una tabla comparativa en términos cualitativos entre los dos métodos existente para la colocación de tubería:

Etapas de Ante-Proyecto	Zanja Abierta	Métodos "Trenchless"
Investigaciones de terreno y preparaciones	Mayor	Menor
Ingeniería y Diseño	Mayor	Menor y Mayor
Gastos Legales	Mayor	Menor
Requerimientos de Espacio	Mayor	Menor
Investigaciones de utilidades de subsuelo	Menor	Mayor
Preparación de Documentos de Licitación	Mayor	Menor

Tabla III.3.1.1 Comparación de costos de pre-construcción, método tradicional contra "trenchless"

Como lo demuestra la anterior tabla III.3.1.1, al utilizar los métodos *trenchless*, las distintas etapas del ante-proyecto se hacen más económicas o son de menor alcance y esto lo que explica directamente, la reducción de espacios necesarios para llevar a cabo los trabajos. En cuanto a las investigaciones de terreno y preparaciones, los resultados expresados, son más representativos en las obras de reemplazo de líneas existentes, en donde es difícil





encontrarse con problemas tales como rocas o clastos de gran tamaño que imposibiliten el correcto funcionamiento de los equipos.

### III.3.2 COSTOS DE CONSTRUCCIÓN

Cuando se instalan líneas de servicio tales como hidráulicas, gas, teléfonos, cables eléctricos, etc., en lugares en que los costos de reconstrucción son bajos, la utilización de la excavación común es la elección obvia. En estos casos los rendimientos de excavación son altos, lo que determina mayor productividad que los métodos *trenchless*.

El sector o medio ambiente, las condiciones de suelo y la profundidad de la línea a instalar son los factores que determinan mayormente los costos de este tipo de trabajos. A continuación se presenta la tabla III.3.2.1 que compara los costos directos entre las metodologías *trenchless* y *cielo abierto*.

Etapas de Construcción	Zanja Abierta	Métodos Trenchless
Transporte y Demoliciones	Mayor	Menor
Entibaciones y Estabilización de Taludes	Mayor	Menor
Rebaje nivel napa	Mayor	Menor
Remoción de Escombros	Mayor	Menor
Costo de Desviación de Rutas	Mayor	Menor
Relleno y Compactación	Mayor	Menor
Reconstrucción de la Superficie	Mayor	Menor
Equipos	Menor y Mayor	Menor y Mayor
Mano de Obra	Mayor	Menor
Costos Materiales	Menor	Mayor

Tabla III.3.2.1 Comparación costos de construcción, método tradicional contra "trenchless"

Como primera impresión al analizar la tabla anterior, pareciera ser que los métodos *trenchless* son siempre menos costosos que la metodología tradicional. Sin embargo se debe considerar el número de lumbreras y la cantidad de conexiones que se deben realizar a la línea en instalación así como la profundidad. Si es superficial, el número de piques es muy alto o la profundidad es mínima todas las ventajas mencionadas en la tabla III.3.2.1 pueden ser menores frente al efecto de la utilización de los equipos *trenchless* y a las cantidades de obra de reconstrucción.

Es importante mencionar el caso de los costos de los equipos. Dependiendo del tipo y la envergadura del proyecto, los costos en equipos pueden ser mayores o menores con respecto a la utilización de los métodos a cielo abierto. Por ejemplo, para un proyecto de renovación de cañerías existentes, el gasto en equipos utilizando *trenchless* es menor, sin embargo si el trabajo es realizado por medio del método a cielo abierto, el uso de equipos pesados tales como camiones tolva, retroexcavadoras y/o cargadores frontales hacen aumentar considerablemente los costos de este.

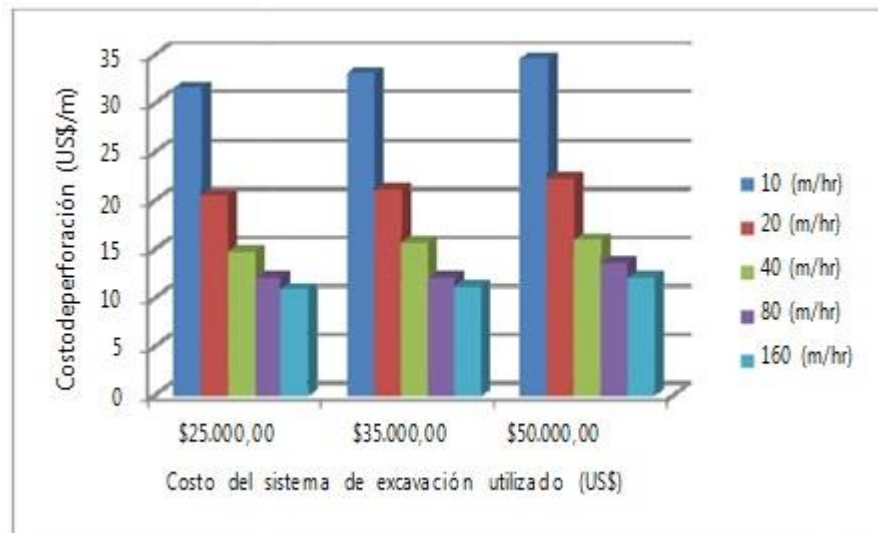
Estudios demuestran que la reconstrucción de la superficie puede llegar a representar un 70% del costo total del proyecto. Estos costos son por lo general mínimos para los métodos sin zanjas, siendo este uno de los factores decisivos en el momento de inclinarse por alguna de las opciones antes mencionadas.

Factores de costos	Zanja Abierta	Trenchless
Oficinas de Administración	Mayor	Menor
Instalaciones de Faena	Mayor	Menor
Supervisión	Mayor	Menor
Costo utilidad	Mayor	Menor

Tabla III.3.2.2 Comparación cualitativa de los costos indirectos de construcción

Como los proyectos realizados por medio de los métodos *trenchless* son de una duración mucho menor que los realizados por cielo abierto, los costos indirectos son mucho menores ya que los profesionales y las instalaciones se mantienen por mucho menor tiempo en obra.

Es importante mencionar que el ritmo de excavación estará afectado por el tipo de suelo y el diámetro de la perforación, la profundidad, el número de obstáculos que se deba evadir, la necesidad de cambiar de dirección (si es el caso) y la longitud de perforación. Sin embargo, como se muestra de ejemplo en la gráfica III.3.2.3, el sistema de perforación utilizado no es la variable que controla los costos de excavación, sino el ritmo de excavación realizado.



Gráfica III.3.2.3 Ejemplo de efecto del ritmo de excavación frente al costo promedio por metro excavado

Como se ve en la gráfica, independiente del costo del equipo de perforación, lo que realmente hace aumentar los costos del trabajo es el ritmo de excavación. Por ejemplo, si tomamos un ritmo de 20 metros por hora, el costo de perforación por metro se mantiene estable alrededor de los US\$20 independiente del costo del equipo que sea utilizado.

Debido a la creciente preocupación de la ciudadanía por la conservación y protección del medio ambiente y calidad de vida, el análisis de los costos sociales se está volviendo más necesario que antes. Los costos sociales pueden convertirse en un elemento mayor dentro del cálculo del costo total de un proyecto y que en este caso está en función directa al método utilizado. La utilización de los métodos *trenchless* puede en muchos casos, casi eliminar los costos sociales del proyecto por lo que, tanto quien realiza el proyecto ejecutivo como quien lo ejecuta, no deben ignorar los costos sociales de los proyectos que desarrollan; pero al evaluar e incluir estos costos en el presupuesto, el uso de las tecnologías *trenchless* resulta ser mucho más eficiente.

Se estima que los costos sociales de un proyecto a cielo abierto llegan a ser cercanos al 78% del costo total del proyecto, en cambio los costos sociales de los métodos *trenchless* alcanzan a ser del 3 al 4% del costo directo del proyecto. Las interrupciones de tráfico, desvíos y demoras pueden muchas veces tener el mismo o varias veces el



costo total del proyecto. Debido a las distintas características de los proyectos se debiera estudiar y cuantificar estos costos. A continuación se presenta una comparación cualitativa de los costos sociales que generarían los distintos métodos.

Factores de Costos	Zanja Abierta	Métodos Trenchless
Daño a la vía pública (reducción en un 40% su vida útil)	Mayor	Menor
Daño a los servicios aledaños (señalética etc.)	Mayor	Menor
Daño a estructuras contiguas	Mayor	Menor
Ruidos y Vibración	Mayor	Menor
Polvo y Polución	Mayor	Menor
Interrupción del tráfico vehicular	Mayor	Menor
Seguridad de los peatones	Mayor	Menor
Daños a los negocios perjudicados	Mayor	Menor
Daño a las rutas que sirven como desvíos	Mayor	Menor
Seguridad general del lugar	Mayor	Menor
Impacto ambiental	Mayor	Menor
Reclamos de los vecinos	Mayor	Menor

Figura III.3.2.4 Comparación cualitativa de los costos sociales involucrados en obras de renovación de tuberías

### III.4 PROYECTO DE COLECTOR/EMISOR

El planteamiento de la construcción de un colector semiprofundo se dio principalmente para rehabilitar el servicio de alcantarillado sanitario y disminuir la problemática ocasionada por la presencia de contrapendientes en el colector existente por medio de la construcción de un colector nuevo de mayor capacidad, con lo que se espera reducir los problemas de inundación que se presentan durante las épocas de lluvias sin perder de vista la optimización en el desalojo de las aguas residuales incluso durante temporadas de estiaje, buscando en lo posible que el vertido se realice por gravedad, considerando los aspectos analizados en las etapas de inspección de campo, recopilación y análisis de información, levantamientos topográficos y mecánica de suelos.

#### III.4.1 DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO

La zona en estudio se encuentra sobre la Av. Chimalhuacán, entre las avenidas de Cuauhtémoc y Av. Calle 7 (Periférico), con una longitud aproximada de 800 metros; la profundidad a la cual se instaló dicho colector varía desde 6.15 hasta 6.90 metros, siendo el diámetro de la tubería de proyecto a instalar de 2.44 metros.

A lo largo del área que ocupará el colector no se encuentran desniveles topográficos o estructuras que puedan interferir directamente con el proyecto. Las edificaciones en las vialidades son en algunos casos de hasta cuatro niveles, sin embargo, en su mayoría son de uno o dos.

El proyecto está compuesto por la construcción de un colector semiprofundo sobre la Av. Cuauhtémoc y Chimalhuacán de 2.44 metros de diámetro respectivamente. El colector en su segunda etapa iniciaría en la Av. Bordo de Xochiaca siguiendo por la Av. Cuauhtémoc hasta llegar al cruce de la Av. Chimalhuacán, donde se conectaría al pozo caja que se ubica en este cruce con la primer etapa Colector Chimalhuacán de 2.44 metros de diámetro, siendo este colector el que en su tramo final se conectará a la Planta de Bombeo Chimalhuacán, sitio a partir del cual se bombarían las aguas servidas y pluviales al cajón del Río Churubusco (en este caso específico, el desarrollo de este trabajo será enfocado únicamente a la construcción del colector en su primer etapa Chimalhuacán ya que, hasta el momento, es la única que se ha llevado a cabo).





Para el proceso constructivo por el método de hincado o lanzamiento de tubería de concreto reforzado, atendiendo a la zonificación geotécnica en la que se encuentra el colector la cual es zona de lago tipo III, fue necesaria la construcción de lumbreras o ventanas de intervención de secciones variables en dimensiones y geometría, excepto para la lumbrera de extracción del equipo necesario para este proceso constructivo (en este caso *escudo de frente cerrado*) que tendrá una sección más reducida, con la profundidad que se indicó en el proyecto de cada una de las cajas de concreto de captación de los colectores, realizando también pozos cabeceros con la finalidad de dar mantenimiento a la red.

El colector captara descargas de los demás colectores secundarios cuyos diámetros oscilan desde 0.61 metros hasta 1.83 metros de diámetro y la captación de los colectores se ejecutó mediante la construcción de cajas en las cuales descargarán dichos colectores. La carga hidráulica del colector semiprofundo Chimalhuacán descarga a la Caja No.1 donde actualmente ya se encuentra conectado al colector principal de 1.83 metros de diámetro e inmediatamente al vertedero de descarga de la Planta de Bombeo Chimalhuacán.

El proceso constructivo a cielo abierto solamente se implementó en los tramos de interconexión entre el colector existente y el colector de proyecto por medio de la construcción de cajas deflectoras cuya finalidad es llevar a cabo la transición del cambio de diámetro así como de disparo, las cuales fueron realizadas por medio de pozos-caja de concreto armado, cumpliendo en estos puntos de conexión entre el colector existente y el de proyecto la recomendación de construcción de las mismas según las normas de alcantarillado.

### **III.4.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL COLECTOR CHIMALHUACÁN**

Como fue mencionado en el capítulo anterior, este colector de 2.44 metros de diámetro, tiene la función de aliviar el flujo de agua residual servida a lo largo del colector ya existente de 1.83 metros de diámetro así como optimizar el volumen del gasto que dicho colector puede mantener en su área hidráulica y su capacidad de almacenamiento.

El colector existente se encuentra ubicado en el eje central de la Av. Chimalhuacán, cuyo disparo hacia aguas abajo está dirigido al cárcamo de bombeo ubicado en la Av. Chimalhuacán esquina Calle 7, lugar donde finalmente este colector descarga sus aguas para ser bombeadas hacia el canal Rio Churubusco.

El colector Chimalhuacán fue construido paralelamente al colector ya existente. Este colector funciona en su primera etapa desde el cruce de Av. Cuauhtémoc esquina Av. Chimalhuacán, lugar donde fue conectado al colector antiguo y correrá paralelamente hasta la conexión metros antes del vertedero del cárcamo de bombeo antes mencionado.

Los procesos constructivos de este colector fueron definidos principalmente por los estudios de mecánica de suelos (capítulo IV.4), definiendo que también la construcción del microtúnel que conformo al nuevo colector se realizaría por el método “*Trenchless*” empleando un escudo de frente cerrado para el corte de material de suelo , en este caso, arcillas saturadas.

Principalmente este colector se constituyó por la ejecución de los trabajos de: hincado de tubería de concreto reforzada lanzada e hincada por el equipo de gateo o empuje sobre un eje paralelo al colector existente, en las deflexiones a 45° de conexión (entre el colector anterior y el nuevo) la instalación de tubería de concreto reforzado por medio de dos excavaciones a cielo abierto y la construcción de lumbreras.

Dentro de lo que refiere a las excavaciones a cielo abierto, se realizaron dos:





- La primera, partió de la denominada caja “C-15” hasta la caja “C-7”, donde el cambio de dirección de la línea del colector se ejecutó colocando tubería de concreto respetando las dimensiones del colector existente (1.83 metros de diámetro).
- La segunda, partió de la denominada caja “C-2” hasta la caja “C-1”, donde el cambio de dirección de la línea del colector se ejecutó colocando tubería de concreto respetando las dimensiones del nuevo colector (2.44 metros de diámetro).

Dentro de lo que refiere al lanzamiento de tubería de concreto, se llevó a cabo por medio de dos ventanas de intervención y lanzamiento: la lumbrera-ventana denominada “C-4” (la cual disparó la tubería desde dicha ventana hacia las lumbreras “C-2” Y “C-6” respectivamente) y la lumbrera-ventana denominada “C-6” (que disparó tubería hacia la lumbrera “C-7”). Estos lanzamientos así como la colocación del equipo de empuje y gateo se ejecutaron en tres etapas, en las dos primeras, la lumbrera “C-4” contuvo dos muros de reacción que fueron necesarios para el apoyo del equipo gateo que lanzó al escudo y la tubería de concreto, siendo dos las etapas en que fueron construidos debido a que en esta lumbrera se ejecutó el volteo del escudo y con ello el cambio de dirección de hincado: etapa uno hacia aguas abajo (dirección cárcamo de bombeo) y etapa dos hacia aguas arriba (dirección lumbrera “C-6”); una tercer etapa en la lumbrera “C-6” (que sirvió también como ventana de lanzamiento debido a la distancia entre la misma y la lumbrera “C-4”, así como para la verificación de la pendiente del eje y el mantenimiento del escudo), lumbrera donde fue construido otro un muro de reacción y fue colocado el equipo de gateo para lanzar de igual forma el equipo y la tubería hacia la lumbrera “C-7” (en el cruce de Av. Cuauhtémoc y Av. Chimalhuacán).

Para la ejecución de esta obra, fue necesaria la construcción de ocho lumbreras denominadas “C-2”, “C-3”, “C-4”, “C-5”, “C-6”, “C-15”, “C-1” y “C-7” de las cuales, las dos últimas fueron de dimensión considerable. Para la construcción de estas lumbreras y llevar a cabo la ejecución de excavación de las mismas, fue necesario delimitar el área mediante el trazo topográfico del proyecto, delimitando de esta forma el área que conformaba la lumbrera para así, ejecutar el corte de carpeta asfáltica y demolición de la misma para posteriormente, instalar el sistema de ademe basado en el hincado de tablaestaca por medio de un martinete hidráulico, la cual conformó los muros de contención de cada una de ellas (misma que cubrió las especificaciones de mecánica de suelos y de proyecto), y cuya longitud estaba en función de la profundidad de excavación..

Para la excavación de cada lumbrera, toda vez que se realizaba el trazo de la misma, era ejecutada una excavación primaria a 1.50 metros de profundidad, la cual permitía que fueran perforados los pozos de observación y eyección (así como su respectiva instalación), además de la colocación del primer marco de vigas madrina que le dio rigidez a los muros de contención.

La colocación y montaje de los muros madrina se llevaron a cabo en cuatro etapas, mismas que dependieron del avance en la excavación pero principalmente del tiempo en que el bombeo eyector tardaría en abatir, nivelar y compensar la humedad que el suelo contenía. Este proceso se empleó también en ambos tramos de excavación a cielo abierto así como en todas las lumbreras sin excepción, mencionando que, para las lumbreras “C-1” y “C-7” el número de pozos de bombeo eyector se incrementó ya que las áreas de excavación eran considerablemente grandes.

Una vez que la excavación llegaba a la profundidad de proyecto y que estaba perfectamente confinada por los muros de contención que la constituían, era colocada una cama de tezontle para sobre ella, llevar a cabo el armado y colado de las losas de fondo que formarían la cimentación de cada una de las cajas que contuvo este colector.

Este colector se constituyó de cuatro cajas de disparo denominadas “C-3”, “C-4”, “C-5”, “C-6”, y cuatro cajas deflectoras denominadas “C-2”, “C-15”, “C-1” y “C-7”, de las cuales, las dos últimas fueron de dimensión considerable debido a que: en la caja “C-1” se hizo la conexión y reducción de diámetro de 2.44 a 1.83 metros del colector nuevo al ya existente, y en “C-7” se dejó la preparación para recibir al colector Cuauhtémoc (segunda etapa de diámetro 2.44 metros), así como la deflexión del colector antiguo como el cambio de diámetro pasando de 1.83 a 2.44 metros.



Para comenzar los trabajos que fueron realizados en esta obra, el punto de inicio se dio en la lumbrera “C-4”. Aquí se realizó el abatimiento de aguas freáticas, la excavación y colocación de muros de contención y marcos de vigas madrina, llegando al nivel de profundidad de proyecto. Posteriormente a los trabajos de cimentación, fue colado el primer muro de reacción seguido del equipo de empuje y escudo con lo que se dio inicio a los trabajos de lanzamiento e hincado hacia la lumbrera “C-2”.

Al tiempo del avance del proceso de hincado de tubería se ejecutó la excavación de la lumbrera “C-2”, dejando la preparación para recibir el tubo que se venía lanzado desde la lumbrera de empuje “C-4”. En esta lumbrera, fueron armadas la losa fondo y losa inferior, mismas que fueron coladas para continuar con el desplante y armado de los muros laterales al tiempo que esta caja recibía la tubería de 2.44 metros lanzada desde la lumbrera de empuje así como la colocación de un tubo de preparación que definió la deflexión hacia la caja “C-1”.

Durante esos trabajos, en lumbrera “C-4” se llevó a cabo la extracción del equipo y maquinaria de hincado para ejecutar el armado y colado del segundo muro de reacción, para después de estos procesos, llevar a cabo el volteo de dicho equipo y dar inicio al hincado de tubería de 2.44 metros de diámetro lanzándolo hacia la lumbrera “C-6”.

Una vez terminada de construir la caja “C-2” y de ejecutar el relleno de la lumbrera, se llevó a cabo la excavación del tramo a cielo abierto que comprendió el tramo a cielo abierto entre la caja “C-2” y “C-1”, donde fue colocada tubería de 2.44 metros de diámetro con disparo hacia la caja “C-1”, cerrando ese tramo con material de relleno.

Al término de los trabajos anteriores y al tiempo en el que el lanzamiento de la tubería hincada llegaba a la zona que comprendía la lumbrera “C-6”, se comenzó con la excavación de esta lumbrera, ejecutando los mismos procedimientos que fueron llevados a cabo en la lumbrera “C-4” para colar un nuevo muro de reacción y montar nuevamente el equipo de gateo para continuar con el hincado de tubería con dirección hacia la lumbrera “C-7”.

En las zonas de lumbreras “C-1” y “C-7”, se dio inicio a la ejecución de los procedimientos necesarios para la excavación y cimentación, ejecutándose además se la siguiente forma:

- En la lumbrera “C-1”, se llevó a cabo la excavación y toda vez que la misma llegó a nivel de costilla del colector existente, ya en este nivel, se ejecutó el procedimiento del colganteo de dicha línea para poder terminar la excavación de la lumbrera a nivel de proyecto. Una vez alcanzado el nivel máximo de excavación, se ejecutaron los trabajos de cimentación y se comenzó a desplantar la caja “C-1” armando la losa inferior y muros laterales en su primer etapa, momento en que fue colocado el tubo de 2.44 metros restante que hizo el ajuste de conexión con el tramo cuyo disparo era hacia la caja “C-2”, llevando a cabo el colado de dichos elementos estructurales, así como de la media caña a costilla del colector antiguo.
- En la lumbrera “C-7”, toda vez que el proceso de hincado de tubería llegó a dicha zona, de igual forma se llevó a cabo la excavación de dicha lumbrera, recuperándose durante el proceso el escudo con el que fue hincada la tubería. Posteriormente, una vez alcanzada la profundidad de proyecto se dio inicio a los trabajos de cimentación y armado de la caja “C-7”. Durante estos procesos, se colocaron el tubo de ajuste de llegada al colector nuevo de 2.44 metros, un tubo de deflexión hacia el tramo que posteriormente tendría un disparo hacia la caja “C-15” de 1.83 metros de diámetro y la preparación necesaria para la posterior conexión del colector Chimalhuacán con el colector Cuauhtémoc, desplantándose una vez ejecutado lo anterior, el armado y colado de muros laterales en su primer etapa así como la media caña a costilla de la tubería de 2.44 metros de diámetro.

Durante la construcción de la caja “C-7”, se llevó a cabo al mismo tiempo la construcción de la caja “C-6” y la excavación del tramo a cielo abierto que comprendió el tramo entre la caja “C-15” y “C-7”, donde fue colocada tubería de 1.83 metros de diámetro con disparo hacia la caja “C-7”, cerrando ese tramo a cielo abierto con material de relleno y llevando a cabo la construcción de la lumbrera “C-15”.



La lumbrera y la caja “C-15” tuvo un proceso constructivo similar a la “C-1”, ya que en esta caja se llevaron a cabo los mismos procedimientos tanto en excavación, colganteo, cimentación, armado de losas y muros laterales y ejecutándose también el colado de estos elementos estructurales, con la diferencia de que esta caja únicamente era de dimensiones menores ya que solo contendría tubería de 1.83 metros de diámetro y únicamente era para la deflexión del colector existente.

Una vez terminadas la construcción de las cajas “C-7”, “C-15”, “C-6”, “C-4” y “C-1”, se llevó a cabo el cierre de estas lumbreras nivelando las zonas con material de relleno para ejecutar el posterior asfaltado de las zonas donde fue demolida la carpeta asfáltica exceptuando la lumbrera “C-1” la cual no formó parte de la vialidad, dando inicio a las excavaciones de las lumbreras restantes para la construcción de sus cajas correspondientes.

Se ejecutaron los trabajos de excavación de las lumbreras “C-3” y “C-5” con la diferencia de que en estas lumbreras no se confinó el suelo en su totalidad, en estas excavaciones solo fueron confinados los lados paralelos al eje del colector y de igual forma fueron colocados los cuatro marcos de vigas madrina, siendo en los lados perpendiculares a estos muros de contención, realizados cortes al material con taludes con inclinación a 45°, quedando contenidas por medio de costaleras que fueron colocadas para la contención del suelo.

En aquellas lumbreras, fueron construidas bajo el mismo proceso constructivo las dos cajas restantes “C-3” y “C-5” y se llevó a cabo el corte y la demolición del tubo de concreto, quedando así la caja a media caña. De igual forma, se ejecutaron los trabajos de demolición en los tubos restantes de las cajas ya construidas así como de los tubos del colector anterior, quedando en servicio el colector nuevo.

Se terminaron los rellenos con material de banco en todas las lumbreras, fueron ejecutadas todas las conexiones de las líneas que existían en el lugar con su caja respectiva y fueron ejecutados todos los desvíos interferentes como obras inducidas anterior y durante a la construcción de este colector, salvando así, cualquier obra inducida que interfería con cualquier procedimiento que se ejecutara. Se nivelaron las áreas y se dio fin a esta obra con los trabajos de asfaltado de las zonas que correspondieron a las lumbreras, quedando en Mayo de 2011 oficialmente en servicio. La zona de obra puede conocerse en el plano “Planta General” (Anexo 5, “Planta general”)



---

---

# CAPITULO IV

## INGENIERÍA BÁSICA



## IV.1 POBLACIÓN DE PROYECTO

Para propósitos de un proyecto sanitario es necesario conocer el comportamiento del crecimiento de la población para establecer el incremento de habitantes que tendrá a través del tiempo y en base a ello realizar el cálculo del proyecto; para lo cual se requirió recabar los datos censales disponibles.

La determinación de las características de la población y su proyección futura son los aspectos más importantes del análisis demográfico.

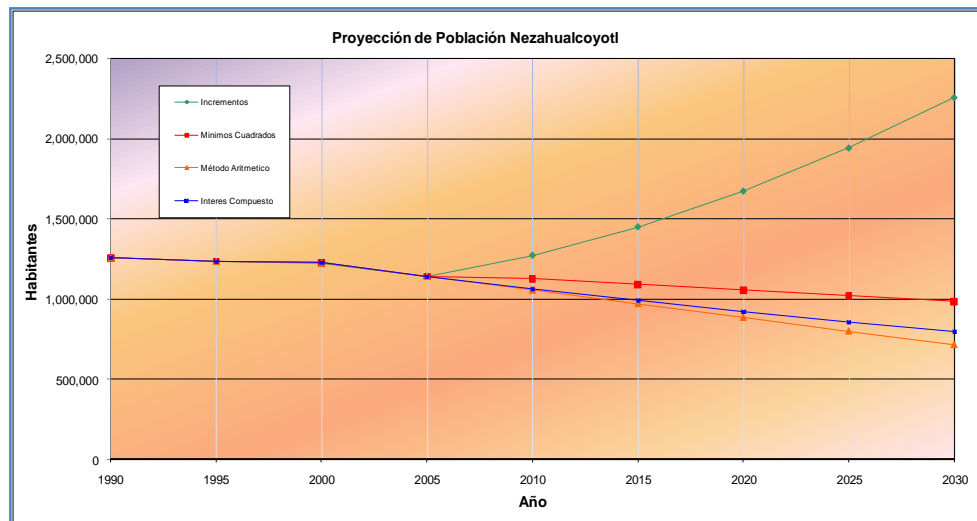
En este caso particular, enfocaremos el estudio de población de proyecto de Cd. Nezahualcóyotl. Para determinar el número de habitantes a los cuales se dará servicio durante el tiempo que se estime que el sistema será eficiente es necesario conocer la población futura de proyecto, para lo cual fue necesario realizar una proyección de la población futura a partir de los datos censales recabados.

La población de proyecto se determinó con cuatro métodos: incrementos diferenciales, el método aritmético, mínimos cuadrados e interés compuesto; de los resultados obtenidos el que mejor se acerca al comportamiento del crecimiento de la población es el método de Mínimos Cuadrados que nos arroja un total de 983,594 habitantes. El siguiente cuadro muestra el resultado del cálculo de la población de proyecto con los métodos utilizados para el año 2030.

Método	Número de habitantes (2030)
Interés compuesto	2,256,991
Aritmético	713,308
Mínimos cuadrados	983,594
Incrementos diferenciales	794,754

Tabla IV.1.1 Resultados de la proyección de población por los cuatro métodos de cálculo al año 2030

En la siguiente gráfica se puede observar el comportamiento del crecimiento de la población con los cuatro métodos utilizados.



Gráfica IV.1.2 Proyección de la Población del Municipio de Nezahualcóyotl



Los resultados del cálculo de los métodos empleados se resumen en los siguientes cuadros:

Proyección de Población de Cd. Nezahualcóyotl				
Año	Incrementos Diferenciales	Mínimos Cuadrados	Método Aritmético	Interés Compuesto
1990	1,256,115	1,256,115	1,256,115	1,256,115
1995	1,233,868	1,233,868	1,233,868	1,233,868
2000	1,225,972	1,225,972	1,225,972	1,225,972
2005	1,140,528	1,140,528	1,140,528	1,140,528
2010	1,271,922	1,125,456	1,055,084	1,061,039
2015	1,449,265	1,089,991	969,640	987,090
2020	1,672,557	1,054,525	884,196	918,295
2025	1,941,799	1,019,059	798,752	854,294
2030	2,256,991	983,594	713,308	794,754

Tabla VI.1.3 Tabla de condensación de resultados de los cuatro métodos empleados

A continuación se describe la metodología empleada en cada criterio para la obtención de la proyección de la población.

#### IV.1.1 MÉTODO DE INCREMENTOS DIFERENCIALES

Mediante este método, se calcularon las diferencias del número de habitantes por cada periodo; después las segundas diferencias, de las cuales se considera el promedio constante y en un proceso inverso se van adicionando estas diferencias a los datos originales para poder obtener la población para el año que se requiere.

Año	Habitantes	Primeras diferencias	Segundas diferencias
1990	1,256,115		
1995	1,233,868	-22247	
2000	1,225,972	7896	14351
2005	1,140,528	85444	77548
2010	1,271,922	131394	
2015	1,449,265	177343	
2020	1,672,557	223293	
2025	1,941,799	269242	
2030	2,256,991	315192	
Promedio de las segundas diferencias			45950

Tabla VI.1.1.1 Tabla de resultados y del promedio de las segundas diferencias





### IV.1.2 MÉTODO DE INTERÉS COMPUESTO

Para aplicar el método se calculó la tasa media anual de variación de los dos últimos censos de población. La proyección se realizó con un período de diseño (de 5 años) y aplicando la ecuación, los resultados quedan como sigue:

$$P = P_0(1 + i)^n$$

Dónde:

$P$  Población de proyecto

$P_0$  Población inicial

$i$  Taza de crecimiento

$n$  Período de diseño

*Ecuación IV.1.2.1 Cálculo de Interés Compuesto*

Entonces, despejando “ $i$ ” de la ecuación IV.1.2.1 y utilizando los dos últimos datos censales (del año 2000 y 2005 indicados en la tabla VI.1.1.1), tenemos el siguiente resultado del valor de la tasa de crecimiento:

$$i = \sqrt[n]{\frac{P}{P_0}} - 1 \rightarrow i = \sqrt[5]{\frac{1140528}{1225972}} - 1 \therefore i = 0.014$$

Por lo que, el resultado del cálculo para los años 2010, 2015, 2020, 2025 y 2030, la población será:

$P_{2010} =$	1,061,039 Habitantes
$P_{2015} =$	987,090 Habitantes
$P_{2020} =$	918,295 Habitantes
$P_{2025} =$	854,294 Habitantes
$P_{2030} =$	794,754 Habitantes

*Tabla IV.1.2.2 Cálculo de población periódica hasta el año 2030*

### IV.1.3 MÉTODO ARITMÉTICO

Para la aplicación de este método se tomaron los dos últimos datos del censo para obtener la ecuación de la recta calculando la pendiente y la ordenada al origen; las coordenadas de los puntos son: años y habitantes, quedando la expresión de la siguiente forma:

$$P_1 = P_2 + k_a(t_2 - t_1)$$

Dónde:

$P_1$  Población censo anterior

$P_2$  Población censo posterior

$t_1$  Fecha censo anterior

$t_2$  Fecha censo posterior

$k_a$  Habitantes por año

*Ecuación IV.1.3.1 Método aritmético*



Y la ecuación:

$$k_a = \frac{(P_2 - P_1)}{(t_2 - t_1)}$$

*Ecuación IV.1.3.2 Valor de la variable "k<sub>a</sub>"*

Calculando el valor de "k<sub>a</sub>" con la ecuación IV.1.3.2

$$k_a = \frac{(P_2 - P_1)}{(t_2 - t_1)} \rightarrow k_a = \frac{(1140528 - 1225972)}{2005 - 2000} \therefore \bar{k}_a = 17088.8$$

Entonces, utilizando los dos últimos datos censales (contenidos en la tabla VI.1.1.1), se obtiene por este método el resultado de crecimiento lineal de habitantes, por lo que, el resultado del cálculo para los años 2010, 2015, 2020, 2025 y 2030, la población será:

P <sub>2010</sub> =	1,0550,84 Habitantes
P <sub>2015</sub> =	969,640 Habitantes
P <sub>2020</sub> =	884,196 Habitantes
P <sub>2025</sub> =	798,752 Habitantes
P <sub>2030</sub> =	713,308 Habitantes

*Tabla IV.1.3.3 Cálculo de población lineal hasta el año 2030*

#### IV.1.4 MÉTODO DE MÍNIMOS CUADRADOS

La población de proyecto se calculó ajustando los datos históricos de los censos anteriores, a una recta o a una curva de tal manera que los puntos que pertenecen a estas, sean lo más aproximado posible a los datos registrados.

Los datos considerados son los siguientes

Datos Censales de Cd. Nezahualcóyotl	
Año	Habitantes
1990	1,256,115
1995	1,233,868
2000	1,225,972
2005	1,140,528

*Tabla IV.1.4.1 Datos de censo a emplearse en este método*



Por lo que es necesario resolver el siguiente sistema de ecuaciones, para ajustar los datos a una recta

$$\text{recta: } y = ax + b$$

$$\sum Y = na + b \sum X$$

$$\sum XY = a \sum X + b \sum X^2$$

Dónde:

X Año

Y Número de habitantes

n Número de datos pares

*Ecuaciones IV.1.4.2 Ecuaciones de ajuste por mínimos cuadrados*

A continuación, se presenta el resumen de resultados para método de mínimos cuadrados.

X	Y	XY	X <sup>2</sup>
1990	1,256,115	2499668850	3960100
1995	1,233,868	2461566660	3980025
2000	1,225,972	2451944000	4000000
2005	1,140,528	2286758640	4020025
$\Sigma X=7990$	$\Sigma Y=$ 4,856,483	$\Sigma XY=$ 9699938150	$\Sigma X^2=$ 15960150

*Tabla IV.1.4.3 Datos resueltos por el sistema de ecuaciones*

Resolviendo el sistema de ecuaciones con los datos del cuadro anterior, se tiene la siguiente ecuación de la recta:

$$Y = -7093.14X - 15382667.9$$

Sustituyendo el valor del año “X” en la ecuación anterior se obtiene el número de habitantes “Y”, obteniendo los resultados siguientes:

Año	Número de Habitantes
2010	1,125,456
2015	1,089,991
2020	1,054,525
2025	1,019,059
2030	983,594

*Tabla IV.1.4.4 Tabla de resultados obtenidos por este método*

## IV.2 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

Para conocer las características físicas de la zona que permitan definir la zona de proyecto, fue necesario realizar un levantamiento topográfico que contuvo el trazo y nivelación de las poligonales de apoyo, así como planimetría y altimetría con infraestructura existente de drenaje, agua potable, agua tratada, gas natural, comunicaciones, etcétera; sí como las nivelaciones diferenciales para ligar el banco de nivel.



Para definir las posibles interferencias con el colector de diseño fue necesario sondear las cajas de válvulas de agua potable y los pozos de visita de las redes de drenaje existentes en la zona de proyecto. En el caso de las cajas de agua potable se identificaron las piezas especiales en los cruceros, diámetro de tubería para determinar redes primarias, secundarias o atarjeas, dirección de la tubería, cota a lomo de tubería, cota a plantilla tubería. Para las redes de drenaje existentes fueron registrados diámetro de tubería, dirección, material de tubo, cota de arrastre hidráulico y sentido de escurrimiento; de la misma forma se ejecutaron los mismos procedimientos para comunicaciones e instalaciones eléctricas.

La contratista partió del Banco de Nivel denominado B(SO1 EO6)04, el cual se ubica en sobre la banqueta en la esquina de Av. Cuauhtémoc y Av. Chimalhuacán, Colonia Estado de México, con una elevación de 2,226.073 m.s.n.m.; además del Banco de Nivel denominado B(SO1 E06)02, el cual se encuentra sobre la banqueta que rodea a la Planta de Bombeo Chimalhuacán, en la Av. Chimalhuacán casi esquina con la calle 1, Colonia Estado de México, con una elevación de 2,226.097 m.s.n.m. Los trabajos de nivelación se hicieron utilizando un nivel NA-2 marca WILD con mira tipo INVAR, la nivelación se considera de primer orden Clase I, con referencia a los bancos de nivel oficiales proporcionados por la dependencia que licito este proyecto.

El sondeo de las cajas de válvulas de agua potable, se realizaron en paralelo al levantamiento topográfico. Se inspeccionaron las cajas visibles haciendo hincapié en señalar que muchas de ellas estaban asfaltadas, por lo que no se pudieron levantar y por consiguiente no se conoció el trazo de las tuberías y diámetros.

Los sondeos de los pozos de visita de igual forma se realizaron paralelamente al levantamiento topográfico, el sondeo de pozos de visita fue tanto libre como azolvado.

Para efectuar el levantamiento se utilizó una estación total marca LEICA modelo TCR305 de alta precisión y aplicación topográfica.

Para el proceso de datos se utilizó una computadora SONY VAIO con soporte de procesador AMD ATHLON PROCESSOR 2.13 GHz. y de 512 GHz RAM con sistema Microsoft Windows XP Profesional Versión 2002.

#### ***IV.2.1 ELABORACIÓN DE PLANOS TOPOGRÁFICOS***

Se establecieron los puntos en coordenadas U.T.M. (Universal Transversal de Mercator) para el levantamiento topográfico, ubicando los puntos con un sistema de posicionamiento global (GPS) de alta precisión con referencia a los Bancos de Nivel proporcionados por la dependencia.

Después de ser procesados los datos obtenidos se elaboró un plano general, en el que se muestra el área de interés, infraestructura existente tanto de agua potable como de drenaje, así como sus características topográficas para el diseño.

El plano generado en base al levantamiento realizado y las gráficas de asentamientos diferenciales, se muestran en Anexos 1 y Anexo 6 plano “Perfil topográfico, nivelación y palomas”.

### **IV.3 ESTUDIO HIDROLÓGICO**

La finalidad de este proyecto fue rehabilitar el servicio de alcantarillado sanitario para disminuir la problemática ocasionada por la presencia de contrapendientes en el colector existente y la problemática que la línea actual presenta por medio de la construcción de un colector nuevo de mayor capacidad, con lo que se espera reducir los problemas de inundación que se presentan durante las épocas de lluvias, sin perder de vista la optimización en el desalajo de las aguas residuales incluso durante temporadas de estiaje, buscando en lo posible que el vertido se



realice por gravedad, considerando los aspectos analizados en las etapas de inspección de campo, recopilación y análisis de información, levantamientos topográficos y mecánica de suelos.

### IV.3.1 INFORMACIÓN GENERAL DE LA CUENCA

Para efectos del estudio que nos ocupa, es preciso obtener dos gastos relacionados con el agua de lluvia. El primero de ellos, que será el que nos determinará la obra por realizar es el denominado gasto hidrológico y el cual está directamente relacionado con la precipitación pluvial y las características fisiográficas de la cuenca de aportación; y el segundo, el gasto hidráulico que representa la capacidad actual del cauce o escurrimientos superficiales en la zona y está en función de las dimensiones y pendiente del propio cauce. Para esto fue considerada la siguiente información:

- **Gasto Hidrológico:** Para la determinación del gasto hidrológico existen diferentes métodos de cálculo entre los que se citan Racional Americano, Mac-Math, Burky Ziegler.
- **Cuenca de estudio:** Con el fin de definir la superficie en estudio, se utilizaron las cartas topográficas E14A39 en escala 1:50,000 de la zona, editado en 1994 por el INEGI. Con dicho estudio se determinó la zona que delimitó la cuenca de aportación con base a la topografía del terreno y la infraestructura existente de drenaje.
- **Elementos Físicos:** El área de la cuenca es un elemento importante dentro de un estudio hidrológico desde varios puntos de vista:
  - a) Constituye un valor que sirve de base para el cálculo de otros elementos.
  - b) Generalmente los caudales crecen a medida que aumenta el área de la cuenca.
  - c) El crecimiento del área de una cuenca actúa como un factor de compensación, de manera que es más fácil que se registren avenidas pronunciadas en cuencas pequeñas que en cuencas grandes.

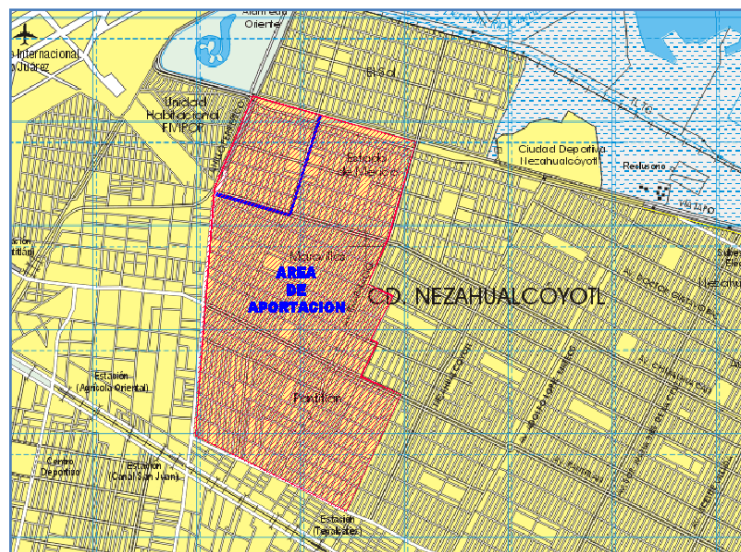


Figura VI.3.1 Delimitación del área de aportación



Dentro del estudio hidrológico, una vez que fue definida el área de aportación de la cuenca en la carta, se procedió a la obtención del área de ésta; para ello se realizó la digitalización de la carta topográfica y la delimitación de la cuenca, teniendo como resultado que el área de la cuenca principal de captación fue de **5.92 km<sup>2</sup>**.

### IV.3.2 PENDIENTE MEDIA

La pendiente media de una cuenca constituye un elemento importante en el efecto del agua al caer a la superficie y su concentración, en determinado punto, por la velocidad que adquiere. Uno de los medios más sencillos para conocerla es el empleo del método de Taylor conforme a la cual, la pendiente media de una cuenca está definida por la siguiente expresión:

$$S = \left( \frac{n}{\sum \frac{1}{\sqrt{S_n}}} \right)^2$$

Dónde:

S Pendiente media de la cuenca, en milésimas

n Número de segmentos en los que se ha dividido la longitud total de un cauce

Sn Pendiente parcial de un segmento n del cauce

*Ecuación IV.3.2.1 Ecuación de pendiente media*

#### PENDIENTE DE TAYLOR - SCHWARTZ

Tramo		Elevacion	Desnivel	Longitud	Pendiente	Raiz	Inversa
	1	2228.77					
1	2	2228.18	0.59	400.00	0.0015	0.0385	25.983
2	3	2226.12	2.06	400.00	0.0051	0.0717	13.947
3	4	2225.41	0.71	400.00	0.0018	0.0422	23.687
3	5	2224.82	0.59	400.00	0.0015	0.0385	25.992
3	6	2226.41	1.59	400.00	0.0040	0.0630	15.868
3	7	2227.15	0.74	400.00	0.0019	0.0431	23.224
3	8	2227.59	0.44	400.00	0.0011	0.0333	30.073
3	9	2228.09	0.50	400.00	0.0012	0.0353	28.338
4	10	2229.79	1.70	400.00	0.0042	0.0652	15.341
5	11	2228.66	1.13	400.00	0.0028	0.0530	18.852
6	12	2228.12	0.54	233.07	0.0023	0.0483	20.697
<b>TOTAL</b>				<b>4233.07</b>			<b>242.001</b>

Pendiente de Taylor - Schwarz 0.00061

*Tabla IV.3.2.2 Cálculo de la Pendiente de Taylor - Schwarz*

### IV.3.3 INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA

La precipitación y la temperatura constituyen elementos climatológicos que afectan la hidrología de las cuencas.

La precipitación es un elemento esencial, ya que su variación en el tiempo y en el espacio se refleja en el escurrimiento, es decir, el escurrimiento está condicionado, generalmente, por la precipitación.

La intensidad de lluvia y la duración son dos conceptos asociados entre sí, la intensidad se define como la altura de lluvia acumulada por unidad de tiempo (mm/hr), la duración es un intervalo de tiempo (minutos).

#### IV.3.3.1 ALTURA DE PRECIPITACIÓN

Para definir la altura de precipitación dentro de nuestra zona en estudio, se utilizaron los registros estadísticos de la estación pluviométrica Nezahualcóyotl (Palacio Municipal), Estado de México. En la tabla siguiente se





presentan los datos obtenidos del Sistema Meteorológico Nacional para la estación referida, siendo tomados para el análisis los registros correspondientes a los últimos 26 años.

**ESTACION PLUVIOGRAFICA No. 00015061 NEZAHUALCOYOTL (PALACIO MUNICIPAL)  
REGISTROS OBTENIDOS DEL SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL**

LLUVIA MÁXIMA EN 24 H													
ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1967	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.20	26.00	10.30	9.00	0.00	26.00
1968	3.50	13.30	0.00	8.00	25.50	32.50	20.50	24.70	10.00	20.30	4.00	5.00	32.50
1969	8.00	4.00	4.50	14.00	7.00	10.50	30.00	27.50	14.00	4.00	0.00	0.00	30.00
1970	4.00	2.00	0.00	0.50	10.20	17.00	50.00	21.70	21.20	9.00	0.30	0.00	50.00
1971	0.00	0.00	9.50	4.10	38.10	23.00	17.50	59.00	22.20	14.70	2.00	8.70	59.00
1972	0.00	1.70	1.80	24.50	50.70	13.40	35.50	12.60	35.00	12.10	4.50	0.00	50.70
1973	0.00	0.50	0.00	28.00	12.00	18.00	22.00	35.00	21.50	9.10	8.70	0.00	35.00
1974	16.00	5.4.4	10.50	23.40	23.10	29.20	20.50	14.30	39.80	10.60	0.00	0.00	39.80
1975	24.00	4.00	0.00	17.00	18.00	23.20	11.30	30.20	19.90	17.10	0.00	0.00	30.20
1976	0.00	5.50	6.30	7.20	49.70	6.80	22.10	27.60	22.20	29.30	1.80	19.00	49.70
1977	0.40	3.00	0.00	7.50	19.50	40.70	28.50	16.10	27.20	13.50	1.00	1.40	40.70
1978	3.30	7.70	32.00	8.20	13.80	34.00	14.40	21.70	20.00	27.20	6.80	17.00	34.00
1979	0.00	4.60	2.00	17.70	21.00	16.00	36.00	23.10	38.90	7.00	0.00	9.80	38.90
1980	16.00	2.5.6	0.30	14.90	19.40	23.50	13.70	34.70	40.00	17.40	10.00	0.00	40.00
1981	21.00	6.19.5	8.60	13.00	16.00	49.90	22.00	19.00	20.00	21.00	0.40	1.50	49.90
1982	0.00	6.30	7.50	12.00	16.40	49.00	27.60	8.40	10.50	20.20	0.60	2.30	49.00
1983	15.00	1.10.6	8.60	0.00	13.00	16.00	15.50	17.00	14.50	17.60	2.50	6.00	17.60
1984	4.50	5.00	0.60	0.50	10.80	17.00	27.30	27.00	22.00	18.30	1.00	1.00	27.30
1985	2.60	1.00	2.30	16.70	16.20	38.20	20.00	26.50	38.30	11.20	2.00	0.00	38.30
1986	0.00	0.90	1.30	9.00	11.80	50.10	20.00	22.00	23.00	21.50	2.50	0.00	50.10
1987	0.00	1.60	3.00	5.50	7.00	27.30	24.50	31.20	41.40	0.00	10.50	0.00	41.40
1988	0.10	10.50	31.00	6.50	11.50	21.50	24.30	43.00	64.00	2.50	4.00	0.00	64.00
1996	0.00	1.00	2.00	19.50	3.00	29.50	22.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	29.50
1997	0.00	0.00	13.00	16.30	16.30	27.00	36.00	8.00	14.00	7.00	2.00	3.00	36.00
1998	7.00	0.00	0.00	0.20	0.00	8.40	24.30	28.00	28.00	32.00	4.00	0.00	32.00
1999	0	0	0	1	9	21	29	37	28	26	0	0	37.00
2000	0	0	0	0	2	21	36	21.5	9	28	12	0	36.00

*Tabla IV.3.3.1.1 Registros Pluviométricos de la Estación Nezahualcóyotl (Palacio Municipal)*

#### IV.3.4 AJUSTE DE LAS FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD

Para esta estación se realizó el análisis probabilístico de los registros, analizado por los siguientes métodos de estudio:

- Distribución Normal.
- Distribución Lognormal.
- Distribución Gumbel.

El procedimiento de ajuste para cada uno de los métodos fue el siguiente:

1. Selección del valor máximo de precipitación para cada uno de los años de registro.
2. Organización decreciente de los datos anuales.
3. Obtención del período de retorno y la probabilidad de excedencia.
4. Cálculo de los valores estadísticos de la muestra.
5. Determinación de los parámetros de las funciones para ajuste de los datos.
6. Cálculo del error cuadrático para cada una de las funciones.
7. Selección de la función de ajuste.
8. Cálculo de la precipitación máxima esperada para períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100, 200, 500 y 1000 años.

Se utilizó el programa AX creado por el CENAPRED (Centro Nacional de Prevención de Desastres) para llevar a cabo el ajuste de los datos a las funciones de distribución de probabilidad con el fin de obtener las precipitaciones máximas esperadas para cada periodo de retorno.



Se escogió la función que mejor se ajustara a los valores medidos en el campo, esto es, que el menor error cuadrático se presentara en el ajuste.

A continuación se mostraran los resultados del ajuste de distribución de probabilidad obtenido para el método aplicado. En la siguiente tabla se resumen los resultados obtenidos para el error cuadrático.

FUNCIÓN	MOMENTOS		MÁXIMA VEROSIMILITUD	
	3p	2p	3p	2p
Normal	----	11.30	----	11.30
Lognormal	10.40	10.80	11.90	10.10
Gumbel	----	11.80	----	10.10
Exponencial	----	17.60	----	119.40
Gamma	10.40	10.30	11111.00	10.50
Doble Gumbel	11.5			
Minimo Error cuadratico: 10.1				

Calculado por la función Lognormal (momentos)2p

Tabla IV.3.4.1 Resultados obtenidos por los diferentes métodos

De los análisis realizados se observó que la función de distribución que menor error cuadrático reporta es la Lognormal, por lo tanto éste es el método que se utilizó para el ajuste de valores.

ESTACION PLUVIOGRAFICA No. 15061 NEZAHUALCOYOTL (PALACIO MUNICIPAL)  
ANÁLISIS DE PROBABILIDAD PARA PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 Hr  
MÉTODO LOGNORMAL

Registro	H medida	Tr	Hestimada	He - Hm	(He - Hm)^2
1	64.0	28.00	62.32	-1.68	2.82
2	59.0	14.00	56.81	-2.19	4.80
3	50.7	9.33	53.45	2.75	7.56
4	50.1	7.00	50.95	0.85	0.72
5	50.0	5.60	48.95	-1.05	1.10
6	49.9	4.67	47.24	-2.66	7.08
7	49.7	4.00	45.76	-3.94	15.52
8	49.0	3.50	44.41	-4.59	21.07
9	41.4	3.11	43.19	1.79	3.20
10	40.7	2.80	42.50	1.80	3.24
11	40.0	2.55	40.97	0.97	0.94
12	39.8	2.33	39.96	0.16	0.03
13	38.9	2.15	38.98	0.08	0.01
14	38.3	2.00	38.04	-0.26	0.07
15	37.0	1.87	37.11	0.11	0.01
16	36.0	1.75	36.20	0.20	0.04
17	36.0	1.65	35.30	-0.70	0.49
18	35.0	1.56	34.40	-0.60	0.36
19	34.0	1.47	33.49	-0.51	0.26
20	32.5	1.40	32.57	0.07	0.00
21	32.0	1.33	31.61	-0.39	0.15
22	30.2	1.27	30.62	0.42	0.18
23	30.0	1.22	29.55	-0.45	0.20
24	29.5	1.17	28.39	-1.11	1.23
25	27.3	1.12	27.06	-0.24	0.06
26	26.0	1.08	25.46	-0.54	0.29
27	17.6	1.04	23.21	5.61	31.47
SUMATORIA	1064.60		1058.50		102.91

Tabla IV.3.4.2 Probabilidad de precipitaciones, estación pluviográfica No. 16081

Los valores extrapolados por la citada función para alturas de precipitación en milímetros, asociadas a distintos periodos de retorno y que serán los empleados para el cálculo de los gastos son los siguientes:



MEDIA	39.4296
DESV STD	10.583
COEF. ASIM	0.3846
Alfa	3.638
Beta	0.274

Tr	Hestimada
2	38.04
5	47.90
10	54.03
20	59.88
25	61.43
50	66.78
100	71.97
200	77.08
500	83.61
1000	88.77

Error Cuadrático 10.1

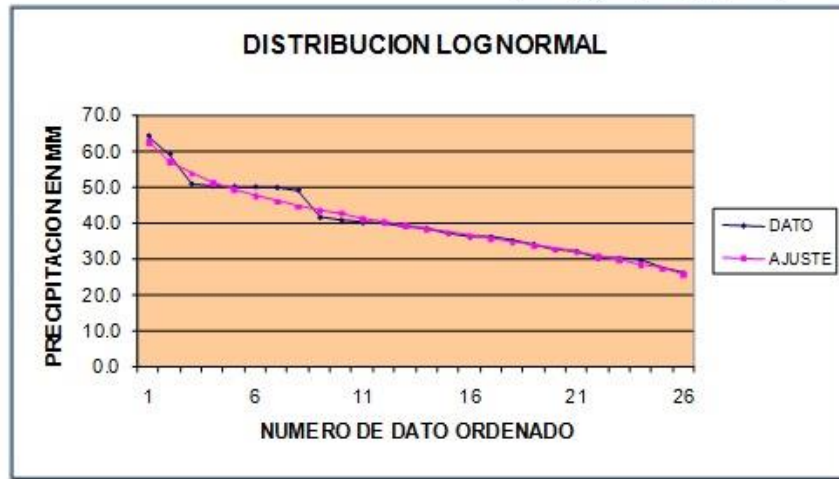


Tabla y gráfica IV.3.4.3 Resultados de la Distribución Lognormal

### VI.3.5 DISTRIBUCIÓN DE LA LLUVIA EN EL TIEMPO

Para el cálculo de las curvas de precipitación-duración-período de retorno, de una hora a 24 horas se utilizó el método de U. S. Soil Conservation Service, que consiste en dibujar a escala logarítmica la precipitación de una hora de duración y la precipitación de 24 horas de duración, ambas para igual período de retorno e interpretar con la recta resultante las precipitaciones intermedias entre ambos puntos, teniendo los resultados obtenidos expresados en la siguiente tabla:

PERIODO DE RETORNO	R= 0.45 DURACION EN HORAS							
	1	2	3	4	5	6	12	24
1000	39.95	47.55	52.65	56.59	59.86	62.66	74.58	88.77
500	37.62	44.78	49.58	53.30	56.37	59.02	70.24	83.61
200	34.68	41.28	45.71	49.14	51.97	54.41	64.76	77.08
100	32.39	38.55	42.68	45.88	48.53	50.80	60.47	71.97
50	30.05	35.77	39.60	42.57	45.03	47.14	56.10	66.78
25	27.64	32.90	36.43	39.16	41.42	43.36	51.61	61.43
20	26.86	31.97	35.39	38.05	40.24	42.13	50.14	59.68
10	24.31	28.94	32.04	34.44	36.43	38.14	45.39	54.03
5	21.55	25.65	28.41	30.54	32.30	33.81	40.24	47.90
2	17.12	20.37	22.56	24.25	25.65	26.85	31.96	38.04

Tabla IV.3.5.1 Datos duración-precipitación-período de retorno, para duraciones menores a 24 horas

Para duraciones menores a dos horas, las curvas de precipitación-duración-período de retorno se calcularon con la fórmula de Bell y Chen-Lung Chen.





$$P_t^T = (0.35 \ln T + 0.76)(0.54t^{0.25} - 0.5)P_{60}^2$$

Dónde:

$P_{t,T}$  Precipitación de duración t minutos y periodo de retorno T en años

$P_{60}^2$  Precipitación de una hora de duración y periodo de dos años

*Ecuación IV.3.5.2 Fórmula de F.C. Bell*

Con la ecuación IV.3.5.2 y los datos obtenidos se realizó el cálculo, quedando como sigue:

P <sub>60-2</sub> = 17.12								
PERIODO DE RETORNO	P <sub>24hrs</sub>	PRECIPITACION EN MM Y DURACION EN MINUTOS						
		5	15	30	45	60	90	43
1000	88.77	16.72	30.61	41.54	48.87	54.55	63.27	48.01
500	83.61	15.45	28.27	38.37	45.14	50.38	58.44	44.35
200	77.08	13.76	25.18	34.18	40.21	44.88	52.05	39.50
100	71.97	12.48	22.84	31.01	36.48	40.71	47.22	35.84
50	66.78	11.21	20.51	27.83	32.75	36.55	42.39	32.17
25	61.43	9.93	18.17	24.66	29.02	32.38	37.56	28.51
20	59.68	9.52	17.42	23.64	27.82	31.04	36.01	27.33
10	54.03	8.24	15.08	20.47	24.08	26.88	31.18	23.66
5	47.90	6.96	12.75	17.30	20.35	22.72	26.35	19.99
2	38.04	5.28	9.66	13.11	15.42	17.21	19.96	15.15

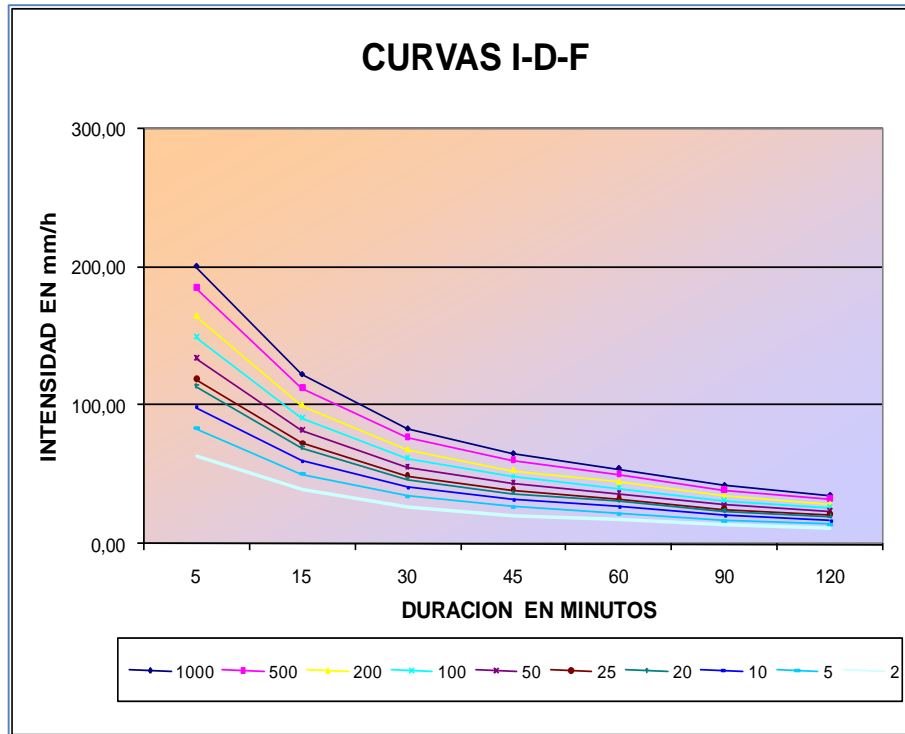
*Tabla IV.3.5.3 Datos duración-precipitación-periodo de retorno, para duraciones menores a 2 horas. Ecuación de F. C. Bell*

Finalmente, mediante los datos anteriores, se obtienen los datos de la Tabla de intensidad-duración-periodo de retorno, que puede aplicarse para determinar el gasto máximo instantáneo por los métodos empíricos:

PERIODO DE RETORNO	INTENSIDAD EN MM Y DURACION EN MINUTOS							
	5	15	30	45	60	90	120	43
1000	200.69	122.42	83.08	65.17	54.55	42.18	35.01	67.00
500	185.37	113.08	76.74	60.19	50.38	38.96	32.33	61.88
200	165.11	100.72	68.36	53.61	44.88	34.70	28.80	55.12
100	149.79	91.37	62.01	48.64	40.71	31.48	26.13	50.01
50	134.47	82.03	55.67	43.66	36.55	28.26	23.46	44.89
25	119.15	72.68	49.33	38.69	32.38	25.04	20.78	39.78
20	114.22	69.67	47.28	37.09	31.04	24.00	19.92	38.13
10	98.89	60.33	40.94	32.11	26.88	20.78	17.25	33.01
5	83.57	50.98	34.60	27.14	22.72	17.56	14.58	27.90
2	63.32	38.63	26.21	20.56	17.21	13.31	11.04	21.14

*Tabla IV.3.5.4 Datos de Intensidad-Duración-Periodo de Retorno, para duraciones menores a 2 horas*

Obteniendo así, la siguiente grafica resultado de la tabla IV.3.5.4 con los datos de Intensidad-Duración-Periodo obtenidos:



Gráfica IV.3.5.5 Resultado obtenidos del Método de la Distribución Lognormal

### IV.3.6 ANÁLISIS HIDROLÓGICO DE LA CUENCA

Debido a que la Cuenca hidrológica no cuenta con aforos, fue necesario estimar el escurrimiento superficial en base a la relación lluvia-escurrimiento en función de las características físicas de la cuenca (Complejo hidrológico, pendiente del cauce principal, longitud del escurrimiento en la cuenca, forma de la cuenca, infiltración del suelo, precipitación, tiempo de concentración, etc.). En base a la topografía y la infraestructura de drenaje donde se ubica la zona de proyecto, se delimito el área de aportación de la cuenca.

Los métodos hidrológicos que para ello se utilizaron fueron: Hidrograma Unitario Triangular, IPAIWU, Donald M. Gray, Vega Roldan, Adimensional del U.S.S.C.S. y Parabólico. Además con el objeto de contar con un parámetro de comparación se utilizaron fórmulas empíricas: U.S.S.C.S., Racional, Mac-Math, Empírico Triangular, Índice Área y Burkly Ziegler.

#### IV.3.6.1 COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO

Para el cálculo de escurrimientos de la cuenca en análisis y con el objeto de obtener los gastos máximos con fórmulas empíricas se determinó utilizar el criterio del coeficiente de escurrimiento, el cual supone que las pérdidas son proporcionales a la intensidad de la precipitación y las características de la superficie por la que escurre el agua, de manera que el volumen escurrido es producto del volumen llovido por un coeficiente de reducción llamado coeficiente de escurrimiento.

Debido a que la superficie de la cuenca no tiene el mismo uso de suelo, el coeficiente de escurrimiento como ya se había mencionado anteriormente se determinará como un valor ponderado de los coeficientes de escurrimiento específicos de cada superficie de escurrimiento observada en la cuenca, los cuales se toman de la tabla IV.3.6.1.2.



Se tomaron en cuenta tres diferentes tipos de superficie como lo indica la siguiente tabla, donde se determinó que el coeficiente de escurrimiento ponderado para aplicar en el área de estudio de esta cuenca “ $C_e$ ” es igual a 0.54.

**COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO**

USO DE SUELO	Area m2	%A	Ce	C*A
Casas Habitación	467,830.10	79.00	0.50	233915.05
Áreas verdes	1,421.26	0.24	0.10	142.13
Área viales. c/pav. im.	122,938.64	20.76	0.70	86057.05
<b>CUENCA</b>	<b>592,190.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.54</b>	<b>320114.23</b>

Tabla IV.3.6.1.1 Cálculo del Coeficiente de Escurrimiento Ponderado.

TIPO DE AREA DRENADA	COEF. DE ESCURRIMIENTO	
	MINIMO	MAXIMO
<b>ZONAS COMERCIALES</b>		
Zona Comercial	0.75	0.92
Zonas Mercantiles	0.70	0.90
Vecindarios	0.50	0.70
<b>ZONAS RESIDENCIALES</b>		
Unifamiliares	0.30	0.50
Multifamiliares, espaciados	0.40	0.60
Multifamiliares, compactos	0.60	0.75
Semiurbanas	0.25	0.40
Casas Habitación	0.50	0.70
<b>ZONAS INDUSTRIALES</b>		
Espaciado	0.50	0.80
Compacto	0.60	0.90
<b>CEMENTERIOS Y PARQUES</b>	0.10	0.25
<b>CAMPOS DE JUEGO</b>	0.20	0.35
<b>PATIOS DE FERROCARRIL Y TERRENOS SIN CONSTRUIR</b>	0.20	0.40
<b>ZONAS SUBURBANAS</b>	0.10	0.30
<b>CALLES</b>		
Asfaltadas	0.70	0.95
De Concreto Hidráulico	0.80	0.95
Adoquinadas o empedradas, juntas con cemento	0.70	0.85
Adoquín sin juntar	0.50	0.70
Terracerías	0.25	0.60
<b>ESTACIONAMIENTOS</b>	0.75	0.85
<b>TECHADOS</b>	0.75	0.95
<b>PRADERAS</b>		
Suelos Arenosos Planos (Pendientes <= 0.02)	0.05	0.10
Suelos Arenosos con Pendientes medias (Pendientes 0.02 - 0.07)	0.10	0.15
Suelos Arenosos Escarpados (Pendientes 0.07 o más)	0.15	0.20
Suelos Arcillosos Planos (Pendientes 0.02 o menos)	0.13	0.17
Suelos Arcillosos con pendientes medias (Pendientes 0.02 - 0.07)	0.18	0.22
Suelos Arcillosos Escarpados (Pendientes 0.07 o más)	0.25	0.35

Tabla IV.3.6.1.2 Valores del Coeficiente de Escurrimiento

**IV.3.6.2 TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN**

El método que se utilizó para calcular el tiempo de concentración fue la fórmula de Kirpich; el cual determina el valor ponderado correspondiente al promedio de los métodos que mejor ajuste presentan. El tiempo de concentración lo obtenemos con la aplicación de la fórmula siguiente:

$$t_c = 0.0003245 \left( \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.77}$$

Dónde:

$t_c$  tiempo de concentración, en horas

$L$  Longitud del cauce (escurrimiento principal), en metros

$S$  Pendiente media del cauce principal (escurrimiento), indicada como decimal

Formula IV.3.6.2.1 Fórmula de Kirpich







De la carta topográfica utilizada de apoyo se obtuvo la longitud del escurrimiento de 1288.43 metros (para ambas etapas del colector).

Aplicando la expresión VI.3.6.2.1, tenemos que:

$$t_c = 0.0003245 \left( \frac{1288.43}{\sqrt{0.00338}} \right)^{0.77} = 0.72 \text{ hr} = 43.19 \text{ min}$$

Por lo tanto se considera que la duración de la tormenta será de 43.19 minutos.

### IV.3.7 DETERMINACIÓN DEL GASTO MÁXIMO INSTANTÁNEO (MÉTODOS EMPÍRICOS)

Como información complementaria, se desarrollan tres métodos empíricos (Mac-Math, Racional Americano, y Burkly Ziegler) para determinar el gasto máximo instantáneo. Cabe mencionar que algunos de estos métodos hoy en día son reconocidos como métodos de prediseño ya que sus resultados son de poca confiabilidad en los análisis hidrológicos, por lo que su inclusión es *solo* complemento del estudio en México. Sin embargo, es el método Racional Americano el que normalmente se utiliza para el diseño de proyectos de alcantarillado pluvial, el cual será utilizado en el presente estudio.

#### IV.3.7.1 MÉTODO MAC-MATH

Utilizado para obtener el periodo de retorno en cuestión y tiempo de tormenta de 24 minutos debido a lo observado y a los tiempos de tormenta de alta precipitación en la cuenca. (Ver tabla IV.3.5.4 Intensidad-Duración-Periodo de Retorno).

Para el área del sitio en estudio será empleado un tiempo de 228 minutos.

$$Q = 0.0028KIS^{0.2}A^{0.80}$$

Dónde:

- Q Gasto Máximo Instantáneo en m<sup>3</sup>/s
- K Coeficiente de Escorrentía
- S Pendiente Gobernadora
- A Cuenca tributaria en hectáreas
- I Intensidad de lluvia en mm/hr

*Formula IV.3.7.1.1 Fórmula de Mac-Math*

#### IV.3.7.2 MÉTODO RACIONAL AMERICANO

Utilizado para obtener el periodo de retorno en cuestión y tiempo de tormenta de 24 minutos debido a lo observado a los tiempos de tormenta de alta precipitación en la zona. (Ver tabla IV.3.5.4 Intensidad-Duración-Periodo de Retorno).

Para el área de estudio será empleado un tiempo de 43 minutos.



$$Q = 0.278 C I A$$

Dónde:

Q Gasto Máximo Instantáneo en m<sup>3</sup>/s

C Coeficiente de Escorrentía

A Cuenca tributaria en km<sup>2</sup>

I Intensidad de lluvia en mm/hr

*Formula IV.3.7.2.1 Fórmula de método Racional Americano*

### IV.3.7.3 MÉTODO BURKLI ZIEGLER

Esta fórmula es una variación del método Mac-Math, resumiendo, a continuación se muestran los resultados obtenidos para cada uno de los periodos de retorno:

Tr	I(Tr,43)	Mac-Math	Racional	Burkli
Años	mm/hr	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
1000	67.00	0.85	5.96	0.52
500	61.88	0.79	5.50	0.48
200	55.12	0.70	4.90	0.43
100	50.01	0.64	4.45	0.39
50	44.89	0.57	<b>3.99</b>	0.35
25	39.78	0.51	3.54	0.31
20	38.13	0.48	3.39	0.30
10	33.01	0.42	2.94	0.26
5	27.90	0.35	2.48	0.22
2	21.14	0.27	1.88	0.16

*Tabla IV.3.7.3.1 Resultados obtenidos por los diferentes métodos*

Los valores anteriores servirán para evaluar y diseñar las obras de drenaje combinado en zona de proyecto que nos ocupa.

## IV.4 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Se realizó el estudio geofísico para el “Proyecto Colector Chimalhuacán”, ubicado en el Municipio de Nezahualcóyotl desde la Av. Chimalhuacán hasta la calle 7 (Planta de Bombeo Chimalhuacán), esto en el Estado de México. El área de estudio comprende la avenida principal, ya que su trayectoria inicia en el cruce de la Av. Cuauhtémoc con la Av. Chimalhuacán y continúa con trayectoria por la misma Av. como se muestra en la figura IV.4.1.

El objetivo del estudio fue realizado para determinar las condiciones estratigráficas de la zona donde se llevaría a cabo la construcción de la línea de conducción, definir los taludes de la excavación, el tipo de materiales a utilizar para el relleno de las zanjas y proporcionar las recomendaciones pertinentes para el proceso constructivo del propio colector.

Como alternativas de solución para la instalación del colector se tiene dos opciones: colocación de la tubería de concreto reforzado con excavación a cielo abierto, y colocación de la tubería mediante el hincado de la tubería de concreto reforzado.



#### IV.4.1 PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Para la realización del proyecto Colector Chimalhuacán se dio principal importancia al estudio de Mecánica de Suelos, para lo cual fue necesario realizar la exploración geotécnica en la zona de proyecto debido a que dicha zona se encuentra en la porción oriental del Valle de México en lo que fuera el lago de Texcoco, por lo que se obtuvo como información de entrada, el que la construcción del Colector Chimalhuacán sería en suelo blando.

De acuerdo con lo anterior, se realizó el estudio de mecánica de suelos, el cual consistió en determinar las condiciones estratigráficas del predio y definir el tipo de cimentación para el nuevo proyecto.

A continuación se presenta el resultado final del estudio realizado indicando las características del proyecto, la descripción de los trabajos de campo y laboratorio, las condiciones estratigráficas, las consideraciones realizadas para revisar la cimentación y finalmente las recomendaciones generales y el procedimiento constructivo.

Para cada una de las alternativas seleccionadas se indican de manera general algunos de los trabajos requeridos para la instalación del nuevo colector:

*Referente a excavación a cielo abierto:*

- Se requiere de una excavación a cielo abierto, por lo que necesitará de un abatimiento del nivel freático, esto mediante un bombeo previo a base de puntas eyectoras.
- Se afectará la calidad, debido a la demolición del pavimento asfáltico actual.
- Debido a que la profundidad de excavación será mayor de 5.0 m, se requiere utilizar una estructura de contención ya sea mediante el hincado de tablestacas de acero o la construcción de muros tipo Milán; en cualquiera de los dos casos es necesario el uso de elementos de apuntalamiento, vigas madrinas y puntales.
- Una vez que se termine la colocación del colector se hará el relleno de la cepa con material de banco tipo tepetate. Se deberá verificar la compensación por tramos, es probable que se requiera la colocación de una capa de materiales ligeros para compensar el peso del relleno.

De acuerdo con los resultados del laboratorio de mecánica de suelos, para evitar problemas de supresión se recomienda realizar el relleno de las zanjas con bloques de Poliestireno los cuales son de menor densidad y nos ayudarían a aligerar el peso sobre el fondo de la excavación e igualarlo al que se tiene actualmente, por compensación.

*Referente al hincado de tubería:*

- Al igual que la alternativa anterior, se requiere de una excavación a cielo abierto, por lo que requerirá de un abatimiento del nivel freático mediante el uso de puntas eyectoras.
- En este caso se requiere de lumbreras para el hincado de la tubería, por lo que, estas estructuras son las más importantes y requieren de un diseño.
- Una vez que se construyen las lumbreras, se requiere de equipo especial para el hincado de la tubería que conformará el colector.
- El bombeo previo solamente se hará en el área que ocuparán las lumbreras y durante el tiempo que las mismas se encuentren expuestas.
- No se afectará la vialidad en toda la longitud del trazo del colector.



Figura IV.4.1 Ubicación Relativa del Predio en Estudio

## IV.4.2 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

### IV.4.2.1 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

El Valle de México asemeja una gran presa azolvada que está delimitada por las sierras de Pachuca, Tepetzotlán, Guadalupe, Atlachique, Tepozán hacia el norte; la sierra de las Cruces al oeste, la Nevada al este y al sur la sierra de Chichinautzin. El Valle se caracterizó por una intensa actividad volcánica que culminó en el Cuaternario, con abundantes emisiones de piroclásticos que se depositaron tanto en ambientes secos al pie de las sierras como en agua, dando origen a las bien conocidas arcillas blandas de la Ciudad de México.

En las zonas altas del valle existen domos dacíticos y depósitos piroclásticos característicos de la Formación Tarango o derrames basálticos de la sierra de Chichinautzin. Al pie de las sierras y por el cambio brusco de pendiente en el cauce de los ríos, se depositaron grandes volúmenes de materiales aluviales de composición muy diversa y con estratificaciones cruzadas o lenticulares, manifestando una erosión dinámica ajustada a los períodos de lluvias que contrastan con los intervalos de sequía.

En las partes bajas de la cuenca y principalmente hacia el centro, es posible detectar potentes depósitos lacustres constituidos por cenizas volcánicas intercaladas con pómez, arenas finas y limos; estos depósitos aparecen intercalados con estratos de origen aluvial en la vecindad de conos de deyección o directamente en contacto con formaciones pétreas de las zonas altas.

Con este panorama, la Ciudad de México ha sido dividida en tres zonas geotécnicas: Zona I (de loma), Zona II (de transición) y Zona III (de lago) de acuerdo con lo indicado en la Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Cimentaciones del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal.

La figura IV.4.2.1.1 presenta la zonificación mencionada, así también se señala que el predio se ubica en la denominada Zona III o zona de Lago.

De igual forma se presenta el lugar donde se establece el predio (figura IV.4.2.1.2), localizándose en la Zona III, donde el coeficiente sísmico para las estructuras del grupo B es  $C_S = 0.30$ , establecido en las Normas Técnicas Complementarias para zonificación del diseño por sismo.

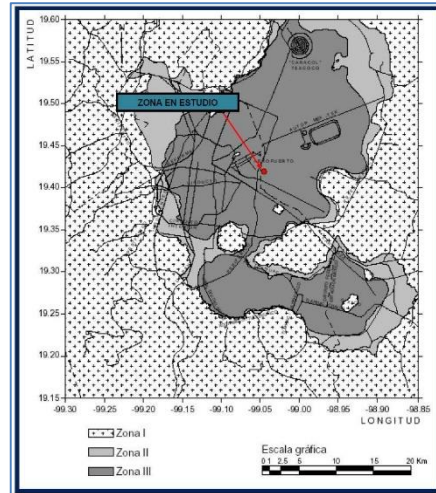


Figura IV.4.2.1.1 Zonificación geotécnica de la Cuenca del Valle de México y área de estudio

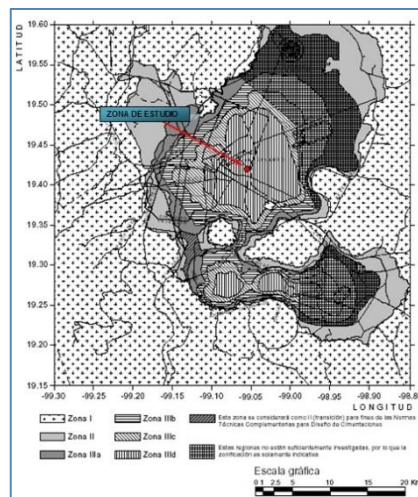


Figura IV.4.2.1.2 Zonificación Sísmica del Valle de México y área de estudio

## IV.4.2.2 TRABAJOS DE CAMPO

Inicialmente se llevó a cabo un reconocimiento sobre las avenidas en cuestión, cuya actividad primordial consistió en ubicar de forma relativa los sitios donde se llevarían a cabo los trabajos de exploración geotécnica.

Con base en la experiencia que se tiene de las condiciones estratigráficas del subsuelo en la zona, se programaron tres sondeos mixtos (SM) a 12 m de profundidad, donde la ubicación relativa de estos trabajos se muestra en la figura IV.4.2.2.1.2.

### IV.4.2.2.1 SONDEO MIXTO

La ejecución del sondeo mixto se llevó a cabo alternando la técnica conocida como penetración estándar para la obtención de muestras alteradas mediante la herramienta conocida como penetrómetro estándar, que al tiempo que recupera las muestras, permite medir la resistencia a la penetración estándar (que se define como el número de golpes que se deben aplicar con un martillo de 64 Kg de peso con caída libre de 76.2 cm para alcanzar una

penetración de 30 cm en el suelo). Por otra parte, la recuperación de muestras inalteradas con la utilización de un tubo de pared delgada tipo Shelby, el cual fue hincado a rotación en el suelo.

Simultáneamente a los trabajos de perforación, se levantó un registro de campo el cual contiene la identificación del sondeo, el número de muestras alteradas e inalteradas recuperadas y la profundidad a la que fueron extraídas, el tipo de herramienta empleado, el número de golpes registrado en las pruebas de penetración estándar y la clasificación geotécnica de campo de los estratos encontrados.

Sondeos	Profundidad	NAF
SM-1	12.0 m	1.40m
SM-2	12.0 m	1.40m
SM-3	12.0 m	1.45m

NAF: Nivel de Aguas Freáticas, a partir del Nivel de Terreno Natural.

Tabla IV.4.2.2.1.1 Características de los trabajos de Campo: Sondeos Mixtos



Figura IV.4.2.2.1.2 Localización de Sondeos Mixtos

### IV.4.2.3 TRABAJOS DE LABORATORIO

Las muestras obtenidas de los sondeos se trasladaron al laboratorio, donde inicialmente se clasificaron visual y manualmente para programar la ejecución de ensayos que proporciono su clasificación en atención al Sistema Unificado de Clasificación de los Suelos (S.U.C.S.).

Las pruebas realizadas en las muestras son las siguientes:

- Contenido de Humedad
- Porcentaje de Partículas Finas
- Límites de Consistencia
- Densidad de Sólidos
- Prueba Triaxial No consolidada No drenada
- Prueba de Compresión Simple

En el Anexo 2 presento los resultados del sondeo mixto SM-1 y la prueba a la que se sometieron las muestras recuperadas durante la campaña de exploración para fines didácticos.

### IV.4.3 CONDICIONES ESTRATIGRÁFICAS E HIDRÁULICAS

En este tema se expondrán las condiciones que se analizaron respecto a la estratigrafía de la zona en obra así como las condiciones hidráulicas que determinaron las condiciones del proyecto respecto al contenido de agua.





#### IV.4.3.1 CONDICIONES ESTRATIGRÁFICAS

En base a los trabajos de campo realizados en el predio de estudio se delimitó una secuencia estratigráfica general (a una profundidad de exploración 12.0 m), la cual se mostrará a continuación:

Debido a que algunos sondeos se realizaron sobre la vialidad actual, se encontró una carpeta de concreto asfáltico de 10 cm de espesor a la cual le subyace una plataforma con calidad de base, con un espesor de hasta 1.0 m. También, como es el caso del sondeo 2, se encontró un relleno de mala calidad (mampostería empacada en arcilla) con una profundidad de hasta 1.20 m, a partir del nivel de terreno actual.

**Estrato I:** El primer estrato natural alcanzando a una profundidad de entre 2.40 a 4.40 metros, se describe como una Arcilla color gris claro verdoso, de alta plasticidad y consistencia blanda a muy blanda. El número de golpes en la prueba de Penetración Estándar (N) varía de 2 a 6; el contenido de humedad de 100 a 200%, con porcentaje de partículas finas de 90 a 98%, un límite líquido de 90 a 210% y límite plástico de 36 a 86%. La clasificación SUCS es: CH, densidad de sólidos de 2.28; peso volumétrico 1.12 ton/m<sup>3</sup>, relación de vacíos de 8.61, grado de saturación de 99%. En Prueba de Compresión Triaxial (UU): cohesión de 2.20 ton/m<sup>2</sup> y ángulo de fricción interna de 1°; resistencia última a compresión simple de 10.10 a 12.62 ton/m<sup>2</sup>.

**Estrato II:** Como segundo estrato alcanzando una profundidad de 5.30 a 8.00 metros, se describe como una Arcilla color verde olivo, de alta plasticidad y consistencia muy blanda. El número de golpes en la prueba de Penetración Estándar (N) fue menor de 2; el contenido de humedad de 300 a 400%, con porcentaje de partículas finas de 93 a 100%, un límite líquido de 320 a 490% y límite plástico de 52 a 142%. La clasificación SUCS: CH, densidad de sólidos de 2.24 a 2.34; peso volumétrico 1.10 a 1.17 ton/m<sup>3</sup>, relación de vacíos de 8.76 a 9.31, grado de saturación de 97 a 100%. En Prueba de Compresión Triaxial (UU): cohesión de 2.60 a 2.90 ton/m<sup>2</sup> y ángulo de fricción interna de 2 a 9°; resistencia última a compresión simple de 1.80 ton/m<sup>2</sup> a 2.20 ton/m<sup>2</sup>.

**Estrato III:** Subyaciendo a los estratos de arcilla, con un espesor de 0.20 a 0.90 metros, se identificó una Lente de arena fina a media, color gris, de compacidad suelta a media. El número de golpes en la prueba de Penetración Estándar (N) varió de 5 a 21; con contenido de humedad de 28 a 30% y porcentaje de partículas finas de 40 a 42%.

**Estrato IV:** Como penúltimo estrato alcanzando una profundidad de 9.80 a 11.00 metros, se describe como una Arcilla color café claro verdoso, de alta plasticidad y consistencia muy blanda. El número de golpes en la Prueba de Penetración estándar (N) fue menor de 2; el contenido de humedad de 350 a 450%, porcentaje de partículas finas de 96%, un límite líquido de 434 a 479% y un límite plástico de 98 a 117%. La clasificación SUCS: CH, densidad de sólidos de 2.28; peso volumétrico 1.10 a 1.12 ton/m<sup>3</sup>, relación de vacíos de 8.61, grado de saturación de 99%. En prueba de Compresión Triaxial (UU): cohesión de 2.20 ton/m<sup>2</sup> y ángulo de fricción interna de 1°; resistencia última a compresión simple de 2.40 ton/m<sup>2</sup>. En el SM-1, en este estrato, se identificó una lente de arena color gris oscuro.

**Estrato V:** Finalmente, alcanzando la profundidad de exploración máxima de 12.0 metros, se identificó una Arcilla color verde olivo, de alta plasticidad y consistencia muy blanda. El un número de golpes en la prueba de Penetración Estándar (N) menor de 2; el contenido de humedad de 300 a 420%, porcentaje de partículas finas de 92 a 99%; un límite líquido de 410 a 496% y límite plástico de 103 a 132%. La clasificación SUCS: CH, densidad de sólidos de 2.26; peso volumétrico 1.17 ton/m<sup>3</sup>, relación de vacíos de 8.45, grado de saturación de 100%. En Prueba de Compresión Triaxial (UU): cohesión de 1.30 ton/m<sup>2</sup> y ángulo de fricción interna de 2°; resistencia última a compresión simple de 1.80 ton/m<sup>2</sup>. En el SM-2, en este estrato, se identificó una lente de arena color gris oscuro.

#### IV.4.3.2 CONDICIONES HIDRÁULICAS

El nivel de aguas freáticas (NAF) se detectó a 1.40 metros de profundidad, a partir del nivel de terreno natural.





En el Anexo 3 y Anexo 7 plano “Perfil y corte estratigráfico”, se mostraran las diferentes graficas respectivas al sondeo mixto SM-1 ya que es únicamente con fin didáctico; aquí se podrá observar el perfil estratigráfico del sondeo, donde se indica la estratigrafía basada en los trabajos de campo y resultados de laboratorio. De la misma forma, se anexa el plano de corte estratigráfico de la vialidad sobre la cual se construirá el colector, es decir, sobre la Av. Chimalhuacán (SM-1, SM- 2 y SM- 3), en los cuales se aprecia la pequeña variación entre los estratos detectados en cada uno de los sondeos, tabla de registros de consolidación, curvas de compresibilidad, etcétera.

#### ***IV.4.4 ANÁLISIS GEOTÉCNICOS***

##### ***IV.4.4.1 DISCUSIÓN DE LOS TRABAJOS DE EXCAVACIÓN E HINCADO DE TUBERÍA***

El terreno en el que se ubica el proyecto corresponde a un depósito de arcillas de origen lacustre, de baja resistencia al esfuerzo cortante y alta compresibilidad, por lo que se debe de contemplar la problemática que puede presentarse durante la construcción del colector.

La construcción del colector será mediante un microtúnel e hincado de tubos de concreto armado. Para el lanzamiento de la tubería es necesaria la construcción de lumbreras a lo largo del eje del colector de proyecto. La geometría en planta de estas será rectangular y de sección variable.

Tomando en cuenta que la excavación en las lumbreras deberá alcanzar una profundidad considerable (hasta 7.50 metros en promedio) y que en el perfil estratigráfico predominan materiales de muy baja resistencia sobre todo después de 1.20 metros de profundidad, bajo esta condición se requiere colocar una estructura de contención para realizar la excavación. Por otro lado, existe la posibilidad de que se pueden llegar a presentar filtraciones de agua debido a la presencia del nivel freático, por lo cual, se debe realizar un bombeo previo.

De acuerdo con lo anterior, la estructura de contención (para las lumbreras) que ofrece mayores ventajas es la conocida como muro tablestaca de acero, la cual se colocará de manera provisional y una vez que se termine el proceso de construcción del colector, se retirarán.

Los análisis geotécnicos que fueron realizados para la construcción de los muros de tablaestaca en las lumbreras, son los siguientes:

- Revisión de la falla de fondo.
- Falla de fondo por subpresión.
- Estabilidad de taludes interiores.
- Empuje de tierras en los elementos de contención.
- Compensación de cargas.

De acuerdo al procedimiento constructivo de las tablaestacas (capítulo VI.3.2), los primeros dos puntos son revisiones que se realizan para establecer que no se presentarán fallas por esfuerzo cortante en la masa de suelo durante los trabajos de excavación, siendo el tercer punto el empuje que se producirá en las tablaestacas, esto con el fin de establecer su diseño estructural.

Una vez que se construyeran las lumbreras seguido sería realizado el hincado de la tubería mediante la estación principal de gateo, determinado ya por proyecto, el escudo que se utilizaría sería de frente cerrado, por lo tanto, se podría generar una presión “ $p_f$ ” para estabilizar el frente.

Para el proceso de hincado de la tubería se deben de realizar los siguientes análisis:



- Estabilidad del túnel.
- Empuje de tierras en el muro de reacción.
- Cálculo de Reacción en las lumbreras.
- Fricción entre tubería hincada y subsuelo.

Estos análisis nos permitirán establecer la factibilidad de utilizar la solución de instalación del colector con microescudo, además de determinar si la distancia entre lumbreras (que inicialmente se propone de 150.0 a 350.0 metros) es la adecuada, y en caso contrario, establecer distancias máximas entre estas.

A continuación se presentan los parámetros mecánicos de la estratigrafía de trabajo con los cuales se realizaron los análisis geotécnicos:

Estrato No.	Profundidad máx.	SUCS	$\gamma$ (ton/m <sup>3</sup> )	C (ton/m <sup>2</sup> )	$\varphi$ (°)
1	1.2	CH	1.3	1.5	5
2	3.4	CH	1.12	2	0
3	6.8	CH	1.17	1.5	0
4	7.4	SC	1.5	0	28
5	10.4	CH	1.12	2	0
6	15	CH	1.17	1.7	0

Tabla IV.4.4.1.1 Estratigrafía de Trabajo para los Análisis Geotécnicos

#### IV.4.4.2 REVISIÓN DE FALLA DE FONDO EN EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO Y LUMBRERAS

Es necesario hacer la revisión ante la falla de fondo, problema que se presenta en excavaciones profundas además, esto para el caso de suelos arcillosos saturados, para hacer esta revisión se utilizó la siguiente fórmula:

$$F_{Sf} = \frac{c \left( N_c + \frac{2H_p}{L} \right)}{\gamma H_e + p}$$

Dónde:

- $c$  Valor medio de la resistencia al corte no drenada en ton/m<sup>2</sup>
- $N_c$  Factor de estabilidad, el cual depende de la geometría de la excavación, adimensional
- $H_e$  Profundidad de desplante del muro, en m
- $H_p$  Longitud de la pata del muro, en m
- $L$  Longitud del tramo a excavar, en m
- $p$  Presión de sobrecarga en la superficie, en t/m<sup>2</sup>

Ecuación IV.4.4.2.1 Revisión de falla de fondo

El factor de seguridad “ $F_s$ ” a considerar está en función del tiempo que permanecerá abierta y sin carga el fondo de la excavación. Para su cálculo fue estimando que el proceso de hincado de la tubería fue de 5 días, por lo que el “ $F_s$ ” considerado fue de 1.40 (mínimo). En este análisis se consideraron los valores obtenidos en las pruebas de laboratorio, así como una sobrecarga en la superficie de 4.0 ton/m<sup>2</sup>.

Se hizo la revisión ante la falla de fondo en las lumbreras, sin embargo, de acuerdo a la geometría de la lumbrera, se estableció que para la excavación del área que ocuparon (después de colocar la estructura de contención) se haría en dos etapas.



A continuación se presenta la longitud de las tablaestacas, las cuales están en función de la profundidad de excavación “F<sub>s</sub>”, donde se aprecia que en todos los casos es mayor al mínimo recomendado:

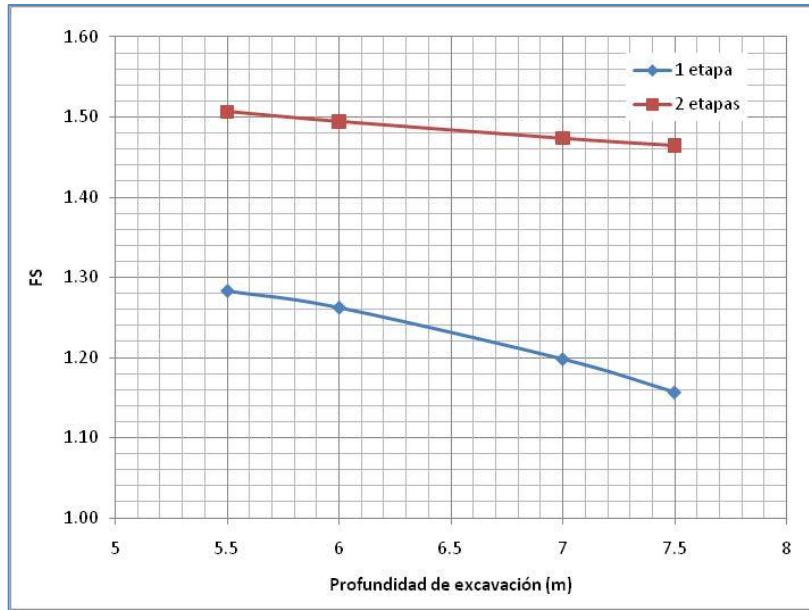
ALTERNATIVA	Avenida	Cadenamiento	Ancho (m)	NME (m)	Longitud de Tablaestaca (m)	F <sub>Sf</sub>
TUBERIA	Chimalhuacán	0+000 a 0+629	4.7	7.50 a 7.00	12	1.42

NME: Nivel máximo de excavación.

F<sub>Sf</sub>: Factor de seguridad por falla de fondo.

Tabla IV.4.4.2.2 Longitud de elementos de retención para distintas profundidades

En la gráfica IV.4.4.2.3, se presentan los resultados de este análisis donde podremos observar que para el caso de excavaciones que ocupen toda el área de la lumbrera cuando se realice en dos etapas, el factor de seguridad en la falla de fondo se reduce mientras que el “F<sub>s</sub>” aumenta (a valores mayores al mínimo establecido).



Gráfica IV.4.4.2.3 Factor de Seguridad ante Falla de Fondo en las Lumbreras

### IV.4.4.3 REVISIÓN DE FALLA DE FONDO POR SUBPRESIÓN EN EXCAVACIÓN A CIELO ABIERTO Y LUMBRERAS

Cuando existe un estrato de material permeable confinado por arcilla bajo el fondo de la excavación se revisa la falla por efecto de la subpresión ejercida en dicho estrato.

La falla se presenta cuando la subpresión en la base del estrato de arcilla es mayor a la suma del peso del prisma de suelo bajo el fondo más la fuerza cortante resistente en las caras verticales del prisma, considerando las propiedades del suelo y la geometría de la excavación; la revisión se realiza con la siguiente ecuación:



$$FS = \frac{\gamma_m h_f BL + 2c(Bh_f + Lh_p)}{\gamma_w h_w BL}$$

Dónde:

- $h_f$  Distancia entre el fondo de la excavación y el estrato de arena, en m
- $h_p$  Distancia entre el nivel de desplante del muro y el estrato de arena, en m
- $\gamma_w$  Peso volumétrico del agua, en ton/m<sup>3</sup>
- $h_w$  Altura piezométrica en el estrato de arena, en m
- $B$  Ancho de la excavación, en m
- $L$  Longitud del tramo a excavar, en m
- $\gamma_m$  Peso volumétrico saturado del prima de suelo bajo el fondo, en ton/m<sup>3</sup>
- $c$  Valor medio de la resistencia al corte no drenada, en ton/m<sup>2</sup>

*Ecuación IV.4.4.3.1 Revisión de falla de fondo por subpresión*

El factor de seguridad para subpresión debe ser mayor a 1.30. A continuación se presenta la tabla IV.4.4.3.2, en la cual se indica el factor de seguridad para distintas profundidades de excavación.

NME (m)	$h_m$ (m)	$h_f$ (m)	$h_p$ (m)	FSs
7.50 a 7.00	12	0.4	-	0.08
6.00 a 5.80	9	1.4	-	0.27
7.50 a 7.00	12	0.4	-	0.08
7.00 a 6.00	10	1.4	-	0.27
5.00 a 4.20	7	2.4	0.4	0.8

NME: Nivel máximo de excavación.

$h_m$ : Profundidad de desplante del muro tablaestaca.

FSs: Factor de seguridad por subpresión.

Las demás variables, están definidas en la ecuación IV.4.4.3.1.

*Tabla IV.4.4.3.2 Estratigrafía de Trabajo para los Análisis Geotécnicos*

En la tabla anterior, se aprecia que para excavaciones que superen los 4.00 metros de profundidad, es muy probable que se presente una falla por subpresión, por lo tanto y como ya se había comentado, fue necesario realizar un bombeo previo a los trabajos de excavación.

#### IV.4.4.4 ESTABILIDAD DE TALUDES EN EXCAVACIÓN A CIELO ABIERTO

Ya que al interior de la excavación y debido a su profundidad, fue necesario construir taludes con una inclinación tal que permita realizar los trabajos de campo, evitando que se presenten fallas en el talud.

Para esto se requiere conocer el factor de seguridad del talud de proyecto, por lo que se utilizó un programa de computadora el cual determina el círculo de falla crítico, y por tanto, el factor de seguridad mínimo.

El programa se basa en la revisión de los taludes usando el método de las dovelas de Bishop, determinado en la siguiente ecuación:



$$F_s = \frac{\sum_{n=1}^{n=p} [c \Delta L_n + (W_n \cos \alpha_n)] \tan \phi}{\sum_{n=1}^{n=p} W_n \operatorname{sen} \alpha_n}$$

Dónde:

- $c$  Cohesión del material, en ton/m<sup>2</sup>
- $\Delta L_n$  Longitud de la base de la dovela, en m
- $W_n$  Peso de la dovela, en ton/m<sup>3</sup>
- $\alpha_n$  Ángulo que forma el peso de la dovela con la normal
- $\phi$  Ángulo de fricción interna

*Ecuación IV.4.4.4.1 Estabilidad de taludes*

Los parámetros de resistencia al corte son los indicados en la siguiente tabla IV.4.4.4.2. El programa también toma en cuenta la presión hidrostática, en este caso se pudo establecer que hubo un abatimiento previo, quedando por debajo del nivel máximo de excavación, además se consideró una sobrecarga en la corona de 1.50 ton/m<sup>2</sup>, simulando la maquinaria con la cual se harán dichos trabajos.

El resultado del análisis de estabilidad es el siguiente:

Profundidad de Excavación (m)	$\alpha$ (°)	Berma	FS	Comentarios
3	45	No requiere	1.83	-
4	45	a 2.0 m	1.88	La berma es para la colocación de la maquinaria.
5	45	a 2.50 m	1.62	La berma es para la colocación de la maquinaria.
6	45	a 2.0 y 4.0 m	1.5	La colocación de la maquinaria será en la segunda berma.

$\alpha$ : Ángulo con respecto a la horizontal.

FS: Factor de seguridad.

*Tabla IV.4.4.4.2 Estratigrafía de Trabajo para los Análisis Geotécnicos*

En todos los casos, la posible falla se presenta en la base del talud, sin embargo, debido al comportamiento plástico de la arcilla la falla ocurrirá presentándose con grandes hundimientos en la base del talud. Es necesario que los cortes profundos no se encuentren expuestos por largos periodos de tiempo, ya que se puede presentar la pérdida de las propiedades mecánicas de dichos estratos. En las siguientes figuras se presentan los modelos utilizados en el cálculo de la estabilidad de taludes para profundidades de 3.0 a 6.0 m.



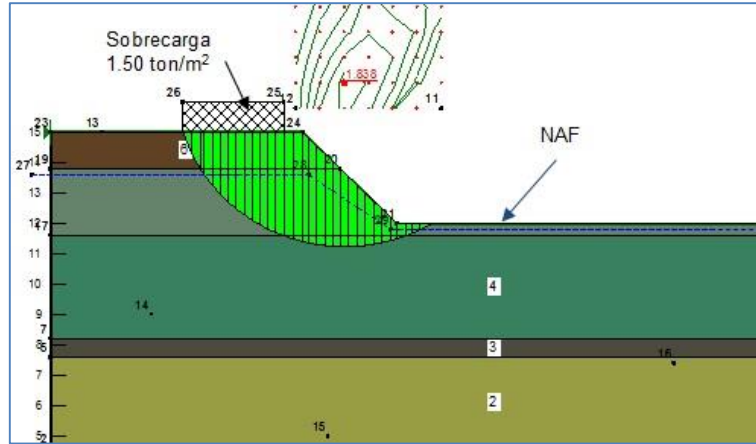


Figura IV.4.4.4.3 Excavación a 3.0 m de profundidad

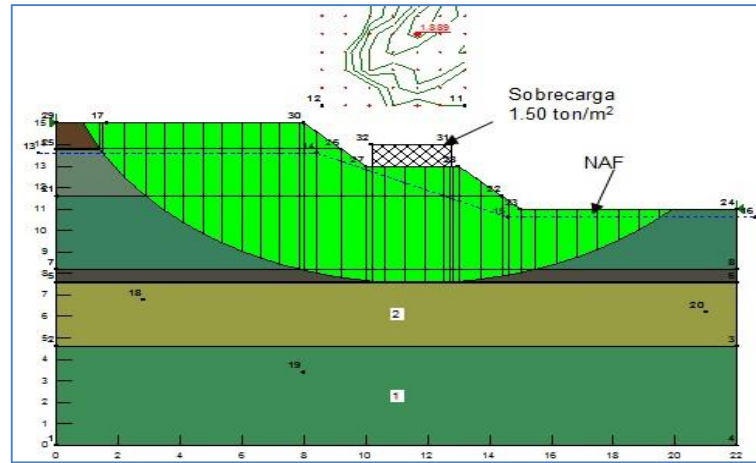


Figura IV.4.4.4.4 Excavación a 4.0 m de profundidad

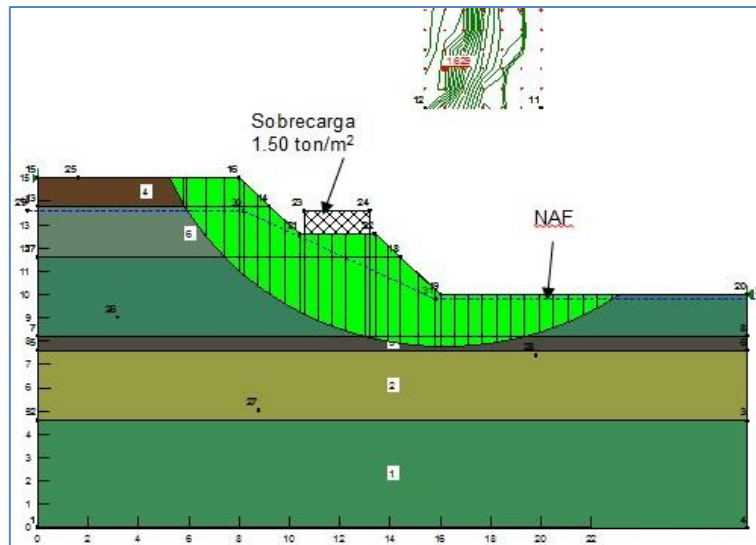


Figura IV.4.4.4.5 Excavación a 5.0 m de profundidad

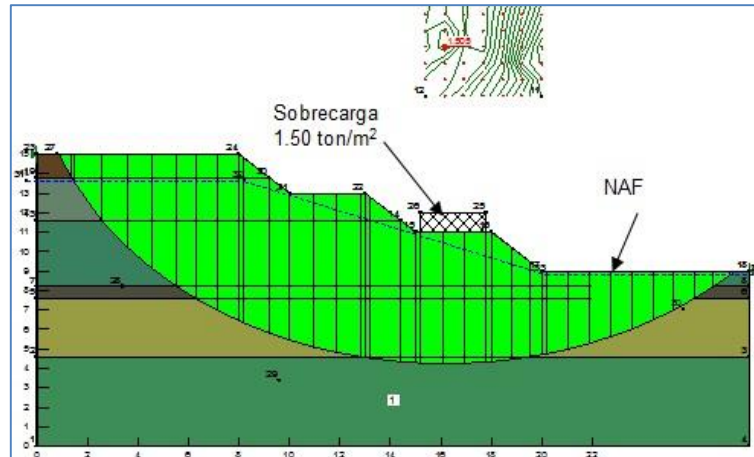


Figura IV.4.4.4.6 Excavación a 6.0 m de profundidad

#### IV.4.4.5 EMPUJE DE TIERRAS EN LA ESTRUCTURA DE CONTENCIÓN

Para el diseño de los elementos de la estructura de contención, se establecieron las condiciones bajo las cuales el suelo empujará sobre éstos, tanto en la etapa de excavación como en el apuntalamiento.

**Presiones en Estado Activo:** El diagrama de empuje en estado activo sobre los elementos de contención se calculó de acuerdo a la siguiente expresión:

$$P_a = \left( \sum \gamma' H + q \right) k_a - 2c(k_a)^{0.50} + u$$

Dónde:

- $\sum \gamma' H$  Suma de presiones efectiva del suelo, obtenido a partir del producto de los pesos volumétricos por su espesor respectivo, en ton/m<sup>2</sup>
- $q$  Sobre carga en la superficie, ton/m<sup>2</sup>
- $k_a$  Coeficiente de Tierras Activo, adimensional.
- $c$  Cohesión aparente del terreno, ton/m<sup>2</sup>
- $u$  Presión Hidrostática, ton/m<sup>2</sup>

Ecuación IV.4.4.5.1 Presión Activa

$$k_a = \tan^2 \left( 45 - \frac{\varphi}{2} \right)$$

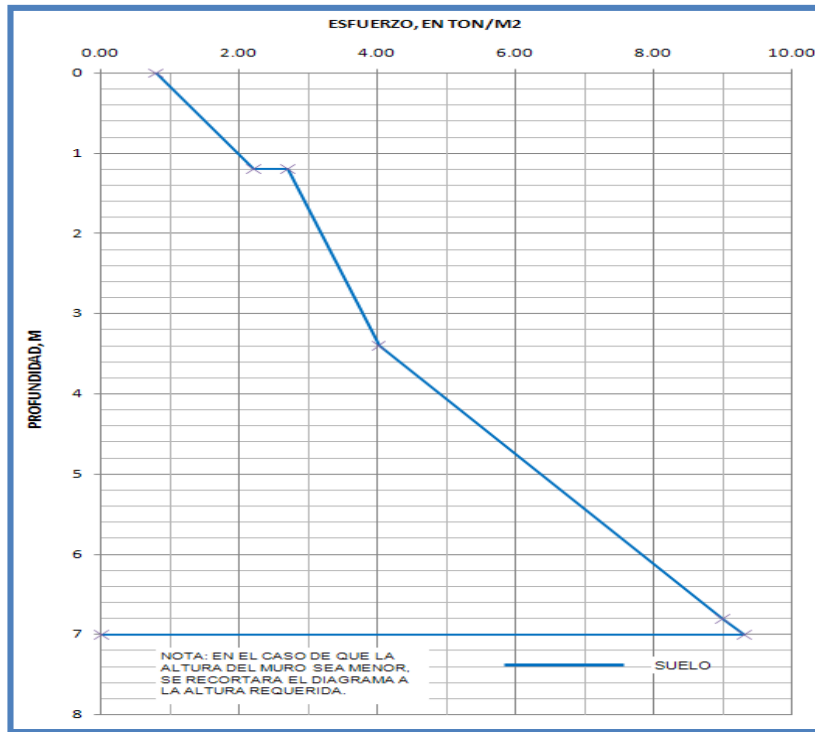
Dónde:

- $k_a$  Coeficiente de Tierras Activo, adimensional.
- $\varphi$  Angulo de fricción interna

Ecuación IV.4.4.5.2 Coeficiente de empuje activo

El empuje de suelo en condiciones activas se indica en la siguiente grafica IV.4.4.5.3, donde fueron calculados los empujes para una tablaestaca de 9.00 metros, sin embargo, en caso de que el elemento sea menor, el diagrama se podrá recortar a dicha altura; es importante mencionar que, debido a que las tablaestacas son elementos impermeables, la presión ejercida por el agua (hidrostática) será la que rija el diseño de dichos elementos.

Se realizó un nuevo diagrama con base en los resultados de laboratorio, en específico las propiedades mecánicas de los estratos identificados en la tabla IV.4.4.1.1.



Grafica IV.4.4.5.3 Empuje de Tierras en Estado Activo sobre las Tablaestacas

#### IV.4.4.6 ANÁLISIS DE COMPENSACIONES

Una vez que fue colocado el colector, se hizo el relleno de la zanja con material de banco tipo tepetate y se volvió a construir el cuerpo de pavimento sobre la vialidad, por lo que, al sustituir el suelo natural por un relleno con material de banco generará una sobrecarga en el fondo de la excavación que a largo plazo provocara asentamientos por consolidación en los estratos de arcilla, esto se reflejará como asentamientos diferenciales en la superficie lo que puede dañar y mermar la funcionalidad de la vialidad.

De la misma manera que en los análisis anteriores, se hizo el cálculo del incremento de carga neto en el fondo de la excavación para el tramo en estudio.

En la tabla IV.4.4.6.2 siguiente, se presentan los incrementos de carga neta " $\Delta q_{neta}$ "; para las alternativas con tubería se aprecia que los valores van desde 1.80 a 2.42 ton/m<sup>2</sup>. Debemos tener en cuenta que, por experiencia, se sabe que incrementos netos mayores a 1.0 ton/m<sup>2</sup> genera asentamientos del orden de 15 centímetros por lo tanto es necesario que se compense la carga y cuyos datos serán los siguientes:

Datos		
$\Delta q_{plantilla}$	0.66	ton/m <sup>2</sup>
$\Delta q_{tubo} (\text{Ø}=2.44)$	0.83	ton/m <sup>2</sup>
$\Delta q_{relleno tubo} (\text{Ø}=2.44)$	2.3	ton/m <sup>2</sup>
$\Delta q_{agua} (\text{Ø}=2.44)$	0.48	ton/m <sup>2</sup>

Tabla IV.4.4.6.1 Datos de carga



Tramo	Cadenamiento	Ancho (m)	NME(promedio) (m)	Descarga (ton/m <sup>2</sup> )	$\Delta q_{\text{relleno}}$ sobre tubo (ton/m <sup>2</sup> )	Sobrecarga (ton/m <sup>2</sup> )	$\Delta q_{\text{neta}}$ (ton/m <sup>2</sup> )
Chimalhuacán	0+000 a 0+629	4.7	7.25	9.31	6.32	11.72	<b>2.42</b>

Tabla IV.4.4.6.2 Presión Neta sobre el suelo por la construcción del colector, excavación a cielo abierto

La propuesta para reducir las presiones en el terreno será mediante la colocación de bloques de Poliestireno en el relleno (ver figura IV.4.4.6.1.5). De esta manera, las capas que conformaron el relleno de las zanjas a partir del nivel de lomo del colector o parte superior de la losa de las cajas, las alternativas de tubería y cajón, respectivamente será:

1. Relleno con tepetate hasta nivel inferior de losa.
2. Losa de concreto de 10 cm de espesor.
3. Geomembrana.
4. Bloques de Poliestireno con espesor variable (se indica más adelante).
5. Geomembrana.
6. Losa de concreto de 10 cm de espesor.
7. Cuerpo de pavimento.
8. Carpeta asfáltica.

Con este arreglo se reducirán las presiones netas al terreno y de esta manera se evitarán los asentamientos excesivos después de la construcción del colector. A continuación se presenta el resultado del nuevo cálculo de presiones en función de un espesor de bloques de Poliestireno, en este cálculo ya se contempla también la presión de las losas de concreto que delimitarán a los bloques. Dicho análisis se muestra en la tabla IV.4.4.6.3.

Tramo	Cadenamiento	Descarga (ton/m <sup>2</sup> )	Espesor de Poliestireno (m)	$\Delta q_{\text{relleno}}$ sobre tubo (ton/m <sup>2</sup> )	Sobrecarga (ton/m <sup>2</sup> )	$\Delta q_{\text{neta}}$ (ton/m <sup>2</sup> )
Chimalhuacán	0+000 a 0+629	9.31	1.5	4.04	9.44	0.14

Tabla IV.4.4.6.3 Presión Neta, compensada con Bloques de Poliestireno, sobre el suelo por la construcción del colector, excavación a cielo abierto.

#### IV.4.4.6.1 CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS

Se calcularon asentamientos por consolidación de los estratos compresibles encontrados en los trabajos de campo. La revisión del estado límite de servicio se realizó conforme a lo estipulado en las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño de Cimentaciones del 2004.

Se estimaron los asentamientos a largo plazo debido a la consolidación primaria de los estratos de arcilla encontrados. El incremento de esfuerzo a diferentes profundidades se determinó mediante la teoría de Boussinesq y con base a esto las deformaciones que sufrirán los estratos compresibles por la cimentación.

Los asentamientos por consolidación primaria se determinarán auxiliándose de las curvas de compresibilidad del material, las cuales fueron obtenidas en el laboratorio a partir de la prueba de consolidación unidimensional hechas a muestras representativas de los estratos compresibles, y empleando la siguiente expresión:

$$\Delta H = \sum_0^H \left( \frac{\Delta e}{1 + e_0} \right) \Delta z$$

Dónde:

- $\Delta H$  Deformación del Suelo expresada en cm.
- Variación en las oquedades o relación de vacíos del suelo a partir de la variación de los esfuerzos en la masa de suelo ante la carga o descarga del suelo,
- $\Delta e$  Adimensional.
- $e_0$  Relación de vacíos original del suelo ante la acción de los esfuerzos efectivos iniciales, Adimensional.
- $\Delta z$  Espesor del estrato deformable, en cm

Ecuación IV.4.4.6.1.1 Deformación de suelos

Para el cálculo de Asentamientos se definió mediante el uso del programa MOVEDIF, el cual calcula los movimientos diferenciales de una estructura mediante algún modelo, en este caso el modelo o teoría usada es la de Boussinesq. A continuación presento los resultados obtenidos para la opción de relleno con bloques de Poliestireno:

Punto	Estrato	Espesor (m)	Prof. Media (m)	Esf. Efectivo Inicial (ton/m <sup>2</sup> )	Inc. Esf. Efectivo (ton/m <sup>2</sup> )	Esf. Efectivo Final (ton/m <sup>2</sup> )	Rel. Vac. Inicial	Rel. Vac. Final	Movim. Parcial (m)	Movim. Acumul. (m)
1	1	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00	0.000	0.000	0.00000	0.00000
	2	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00	0.000	0.000	0.00000	0.00000
	3	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00	0.000	0.000	0.00000	0.00000
	4	0.15	7.33	2.90	0.08028	2.94	8.210	8.201	0.00015	0.00015
	5	3.00	8.90	3.08	0.10215	3.18	8.906	8.889	0.00528	0.00543
	6	19.60	20.20	4.93	0.06229	4.99	8.472	8.453	0.03915	0.04458
2	1	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00	0.000	0.000	0.00000	0.00000
	2	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00	0.000	0.000	0.00000	0.00000
	3	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00	0.000	0.000	0.00000	0.00000
	4	0.15	7.33	2.90	0.14000	3.00	8.210	8.194	0.00027	0.00027
	5	3.00	8.90	3.08	0.12736	3.21	8.906	8.884	0.00662	0.00689
	6	19.60	20.20	4.93	0.03166	4.96	8.472	8.462	0.01983	0.02072
3	1	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00	0.000	0.000	0.00000	0.00000
	2	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00	0.000	0.000	0.00000	0.00000
	3	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00	0.000	0.000	0.00000	0.00000
	4	0.15	7.33	2.90	0.07000	2.93	8.210	8.202	0.00013	0.00013
	5	3.00	8.90	3.08	0.06368	3.15	8.906	8.896	0.00326	0.00340
	6	19.60	20.20	4.93	0.01584	4.94	8.472	8.467	0.00990	0.01030
4	1	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00	0.000	0.000	0.00000	0.00000
	2	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00	0.000	0.000	0.00000	0.00000
	3	0.90	6.35	2.53	0.36836	2.88	0.000	0.000	0.00000	0.00000
	4	0.60	7.10	2.75	0.33725	3.09	8.223	8.183	0.00260	0.00260
	5	3.00	8.90	3.08	0.24054	3.32	8.906	8.864	0.01281	0.01541
	6	19.60	20.20	4.93	0.06329	4.99	8.472	8.453	0.03978	0.05519
5	1	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00	0.000	0.000	0.00000	0.00000
	2	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00	0.000	0.000	0.00000	0.00000
	3	0.90	6.35	2.53	0.71672	3.24	0.000	0.000	0.00000	0.00000
	4	0.60	7.10	2.75	0.67451	3.43	8.223	8.139	0.00548	0.00548
	5	3.00	8.90	3.08	0.48107	3.56	8.906	8.817	0.02595	0.03243
	6	19.60	20.20	4.93	0.12657	5.05	8.472	8.431	0.08377	0.11820

Tabla IV.4.4.6.1.2 Cálculo Desglosado del Movimiento de los Puntos por Estratos

Los análisis se muestran de manera gráfica en las figuras IV.4.4.6.1.3 y IV.4.4.6.1.4, donde en la primera figura se considera que el relleno de la zanja se realizará con tepetate, en este caso los resultados indican que los asentamientos a largo plazo serán de 20 cm (extremos de norte) y hasta 51 cm (centro de tramo Av. Chimalhuacán). En caso de que se use compensación con bloques de Poliestireno, los asentamientos se reducen de 2 a 4 cm en el tramo de la Av. Chimalhuacán.

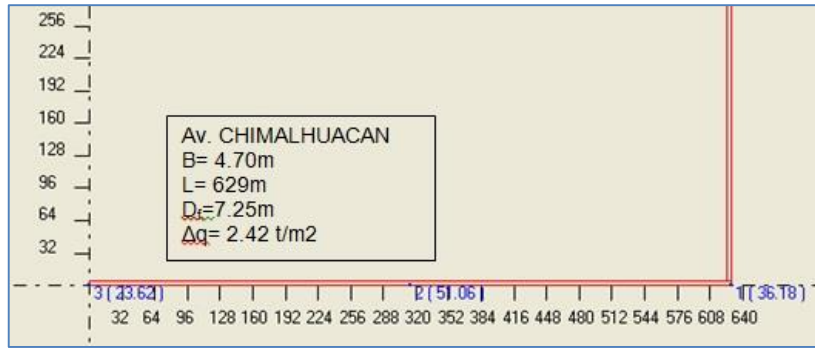


Figura IV.4.4.6.1.3 Asentamientos por Consolidación Primaria, relleno con Tepetate (asentamientos en cm)

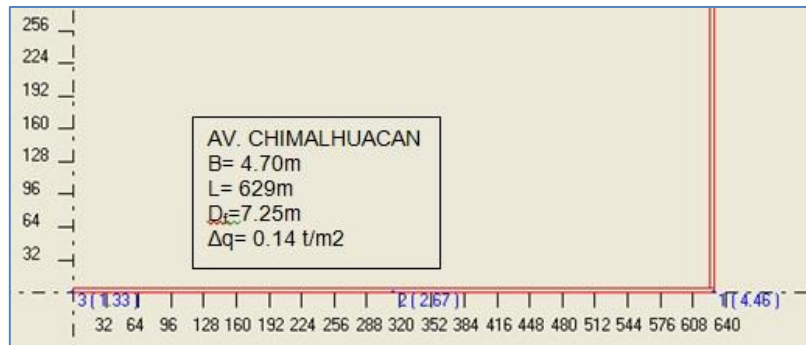


Figura IV.4.4.6.1.4 Asentamientos por Consolidación Primaria, compensado con Bloques de Poliestireno (asentamientos en cm.)

Como conclusión importante, la utilización de tepetate para el relleno de la zanja nos presentará asentamientos excesivos en la vialidad, lo que reducirá en gran medida su funcionalidad.

Para solucionar dicha problemática se deberá realizar un relleno, en el cual se incluya un espesor con bloques de Poliestireno con el fin de compensar las cargas, lo que reducirá el incremento de presión neta en el suelo. A continuación se presenta la tabla IV.4.4.6.1.6 con los espesores de Poliestireno requeridos y el esquema de representación:

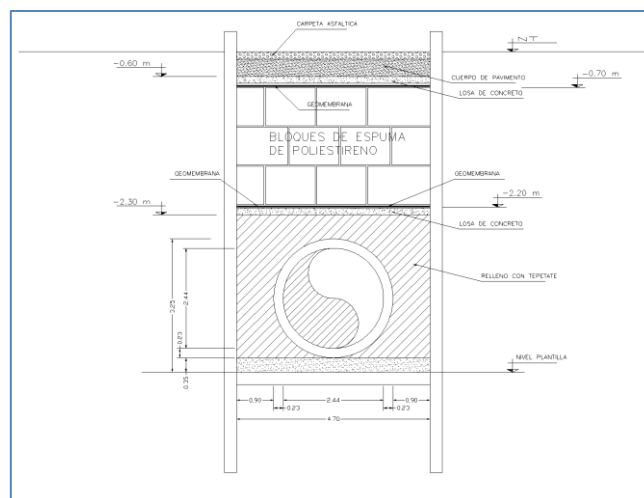


Figura IV.4.4.6.1.5 Esquema del Relleno de zanjas para la solución compensada, Relleno con Bloques de Poliestireno



Con este arreglo se reducirán las presiones netas al terreno y de esta manera se evitarán los asentamientos excesivos después de la construcción del colector. A continuación se hace un nuevo cálculo de presiones, en función de un espesor de bloques de Poliestireno, en este cálculo ya se contempla también la presión de las losas de concreto que delimitarán a los bloques. Este análisis se muestra en la siguiente tabla:

Tramo	Cadenamiento	Descarga (ton/m <sup>2</sup> )	Espesor de Poliestireno (m)	$\Delta q_{\text{relleno}}$ sobre tubo (ton/m <sup>2</sup> )	Sobrecarga (ton/m <sup>2</sup> )	$\Delta q_{\text{neta}}$ (ton/m <sup>2</sup> )
Chimalhuacán	0+000 a 0+629	9.31	1.5	4.04	9.44	0.14

Tabla IV.4.4.6.1.6 Presión Neta, compensada con Bloques de Poliestireno, sobre el suelo por la Construcción del Colector (Alternativa Excavación a cielo abierto)

#### IV.4.4.7 ESTABILIDAD DEL TÚNEL

Durante el hincado de la tubería se debe realizar una excavación para hincar la tubería de la cual se conformará el colector, por lo tanto, se debe determinar la estabilidad de dicho avance. Estableciendo que el comportamiento del suelo es puramente cohesivo (arcilla saturada) y que el escudo a usar era de frente cerrado a la presión, se usará la siguiente ecuación para determinar el factor de seguridad del frente cerrado “ $Fs_f$ ”:

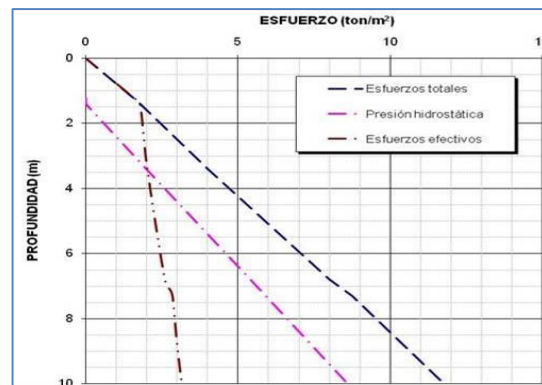
$$Fs_f = \frac{\left(4 \frac{Zd}{D} + 2.7\right)c + p_f}{\gamma \left(H + \frac{D}{3}\right) + q_s - p_f}$$

Dónde:

- $c$  Valor Medio de la Resistencia al Corte No Drenada, en ton/m<sup>2</sup>
- $Zd$  1.70D, en m
- $D$  Ancho del túnel, en m
- $H$  Profundidad desde el nivel de terreno a la clave del túnel, en m
- $q_s$  Presión de sobrecarga en la superficie, en ton/m<sup>2</sup>
- $p_f$  Presión en el frente, en ton/m<sup>2</sup>

Ecuación IV.4.4.7.1 Factor de seguridad del frente del escudo

Como primer paso y para establecer la presión en el frente, se calcularon los esfuerzos efectivos a la profundidad a la que se llevó a cabo la excavación del túnel, como se muestra en la siguiente gráfica:



Gráfica IV.4.4.7.2 Empuje de tierras en Estado Activo sobre las Tablaestacas



Por lo tanto, se propuso una presión en el frente de 2.80 ton/m<sup>2</sup> para la Av. Chimalhuacán. Con estos datos se calculó el factor de seguridad del frente para dicha avenida en base a la profundidad de excavación, y con lo que se obtuvo el siguiente “F<sub>sf</sub>” de la excavación del túnel:

Avenida	Profundidad de excavación (m)	H (m)	D (m)	Zd (m)	Pf (ton/m <sup>2</sup> )	F <sub>sf</sub>
Chimalhuacán	7.5	5.06	2.44	4.148	2.8	2.35

Tabla IV.4.4.7.3 Desglose de los Factores de Seguridad del Frente para los el colector semiprofundo

Cabe hacer notar que las variables “*c*” y “*q<sub>s</sub>*” fueron los mismos que en el análisis anterior. Por otro lado, debido al comportamiento plástico de las arcillas de las que se conforma el suelo, el factor de seguridad mínimo recomendado es de 1.60. Comparando este último valor con los calculados, se concluye que no habrá inestabilidad al excavar una longitud igual al de la pieza por hincar (2.60 metros aproximadamente).

#### IV.4.4.7.1 REVISIÓN DE LA ESTABILIDAD DEL TÚNEL

Es importante que se verifique la estabilidad del túnel en caso de que no exista presión en el frente al utilizar un escudo sin frente presurizado.

Estableciendo nuevamente que el comportamiento del suelo es puramente cohesivo (arcilla saturada) y que el escudo a usar era de frente cerrado a la presión, se utilizó la ecuación V.4.4.7.1 para determinar el factor de seguridad del frente “F<sub>sf</sub>”, pero con la modificación en los datos de presión de sobrecarga en la superficie y en el frente cerrado:

$$F_{sf} = \frac{\left(4 \frac{Zd}{D} + 2.7\right)c + p_f}{\gamma \left(H + \frac{D}{3}\right) + q_s - p_f}$$

Dónde:

*c* Valor Medio de la Resistencia al Corte No Drenada, en ton/m<sup>2</sup>

Zd 1.70D, en m

D Ancho del túnel, en m

H Profundidad desde el nivel de terreno a la clave del túnel, en m

*q<sub>s</sub>* Presión de sobrecarga en la superficie igual a **2.0 ton/m<sup>2</sup>**

*p<sub>f</sub>* Presión en el frente igual a **0.0ton/m<sup>2</sup>**

Ecuación IV.4.4.7.1 Factor de seguridad del frente del escudo

Con estos datos se calculó el factor de seguridad del frente del túnel “F<sub>sf</sub>” de la avenida Chimalhuacán, con una profundidad promedio sobre el túnel como a continuación se muestra en la siguiente tabla:

Avenida	Profundidad de excavación (m)	H (m)	D (m)	Zd (m)	F <sub>sf</sub>
Chimalhuacán	7.5	5.06	2.44	4.148	<b>1.78</b>

Tabla IV.4.4.7.1.1 Factor de Seguridad del Frente el tramo del colector





Debido al comportamiento plástico de las arcillas de las que se conforma el suelo, el factor de seguridad mínimo recomendado es de 1.60. Comparando este último valor con los calculados, se concluye que no habrá inestabilidad en el microtúnel que se excave para la instalación del colector, esto en el caso de que no exista presión en el frente. Sin embargo, el valor de “ $F_y$ ” indicado en la tabla IV.4.4.7.1.1 es cercano al mínimo recomendado por lo que es preferible que dicho trabajo se realice con un escudo que pueda generar presión en el frente, pues esto aumenta el factor de seguridad a valores mayores de 2.0 como se puede observar comparando ambas tablas (tablas IV.4.4.7.3 y IV.4.4.7.1.1).

Por este motivo, se dio la recomendación de que era importante considerar que, en caso de que fuese utilizado un escudo sin frente presurizado, las deformaciones en la superficie serían mayores comparadas a las que se presentarían con el uso de escudo con frente presurizado. En base a este estudio se determinó (y como recomendación y nota adicional) que la separación máxima entre lumbreras debió ser de 80.0 a 90.0 metros como máximo, esto para el hincado de la tubería del colector.

#### IV.4.4.8 EMPUJE DE TIERRAS EN EL MURO DE REACCIÓN

Considerando que el empuje se producirá del muro hacia el suelo, el empuje a calcular será un empuje pasivo. Se recomienda usar el ancho y altura de toda la cara en donde se construirá el muro de reacción, es decir, de 5.60 m de longitud y altura igual a 7.40 m.

**Presiones en Estado Pasivo:** El diagrama de empuje pasivo se calculó de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Pp = \left( \sum \gamma' H + q \right) k_p + 2c(k_p)^{0.5} + u$$

Dónde:

- $\Sigma \gamma' H$  Suma de presiones efectiva del suelo, obtenido a partir del producto de los pesos volumétricos por su espesor respectivo, en ton/m<sup>2</sup>
- $Q$  Sobre carga en la superficie, en ton/m<sup>2</sup>
- $k_p$  Coeficiente de tierras pasivo, adimensional
- $C$  cohesión aparente del terreno, en ton/m<sup>2</sup>
- $U$  presión hidrostática, en ton/m<sup>2</sup>

*Ecuación IV.4.4.8.1 Presión pasiva*

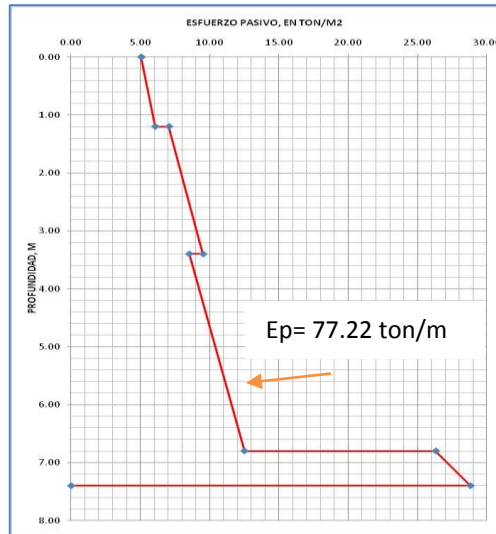
$$k_p = \tan^2 \left( 45 - \frac{\varphi}{2} \right)$$

Dónde:

- $k_p$  Coeficiente de Tierras Pasivo, adimensional.
- $\varphi$  Angulo de fricción interna

*Ecuación IV.4.4.8.2 Coeficiente de empuje pasivo*

El diagrama de empuje de tierras en estado pasivo se presenta en la siguiente gráfica, la cual comprende una altura de 7.40 m.



Grafica IV.4.4.8.3 Empuje Pasivo sobre el Muro de Reacción

#### IV.4.4.9 CAPACIDAD DE REACCIÓN DE LAS LUMBRERAS

Se prevé que la estación principal de lanzamiento, tendrá una capacidad de empuje total igual a 1200 ton, por lo que, las lumbreras de lanzado deben tener una capacidad de reacción similar a fin de contrarrestar en todo momento el empuje que se generará durante la instalación del colector. Para ello, se tendrá el cálculo siguiente:

$$E_p = 77.22 \frac{\text{ton}}{\text{m}} \times 5.60 \text{ m} = 432.43 \text{ ton}$$

*Formula IV.4.4.9.1 Empuje Pasivo*

$$F_L = 5.60 \text{ m} \times 9.80 \text{ m} \times 1.50 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} = 82.32 \text{ ton}$$

*Formula IV.4.4.9.2 Fricción de la Losa de Fondo*

$$F_T = 9.80 \text{ m} \times 12.0 \text{ m} \times 1.70 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} \times 2 = 399.84 \text{ ton}$$

*Formula IV.4.4.9.3 Fricción del Tablaestacado*

Debemos considerar en la formula IV.4.4.9.3 la fricción generada en las dos paredes longitudinales de la lumbrera. Finalmente, se calculó la reacción en las lumbreras “R<sub>L</sub>” al sumar cada una de las fuerzas mencionadas anteriormente como se muestra a continuación:

$$R_L = E_p + F_L + F_T = 432.43 + 82.32 + 399.84 \text{ ton} = 914.59 \text{ ton}$$

*Formula IV.4.4.9.4 Reacción en lumbreras*

#### IV.4.4.10 FRICCIÓN ENTRE TUBERÍA HINCADA Y SUBSUELO

Para dicho análisis se consideró el criterio de Tomilson, en el cual se calcula la fricción generada entre la tubería y el subsuelo, dicho criterio considera el hincado de la tubería en suelos arcillosos blandos y que ocasionalmente se cruzan lentes de material granular. Para este análisis se utilizó la siguiente ecuación:



$$f_s = \alpha c + qk \tan \varphi$$

Dónde:

- $f_s$  Resistencia por fricción, en ton/m<sup>2</sup>
- $\alpha$  Coeficiente de fricción o adherencia, adimensional
- $c$  Cohesión promedio de los estratos atravesados, en ton/m<sup>2</sup>
- $q$  Esfuerzo vertical efectivo, en ton/m<sup>2</sup>
- $k$  Coeficiente de empuje de tierra, en estado de reposo, adimensional
- $\varphi$  Ángulo de fricción interna, residual del suelo, en grados

*Ecuación IV.4.4.10.1 Criterio de Tomilson*

Aplicando la ecuación anterior se calculó la fricción teórica total, la cual es de 1.07 ton/m<sup>2</sup>. Adicionalmente para el lanzamiento del microescudo, fue necesaria la construcción de lumbreras las cuales de manera preliminar se propusieron a cada 200 m aproximadamente a lo largo del eje del colector; sin embargo, se hizo la revisión para determinar si era posible que se construyeran a una distancia “y” en caso de que se hubiese requerido reducir la distancia entre lumbreras, mencionando que la geometría en planta de las lumbreras propuesta en el proyecto fue rectangular (5.60 m de ancho y 9.80 m de longitud).

Cada lumbrera tendría las dimensiones mínimas para la construcción de un muro de reacción, la estación principal de lanzamiento, una pieza de la tubería por hincar, el microescudo y muro portal de salida.

Sobre la esquina en las avenidas de Chimalhuacán y Cuauhtémoc se inicia con la ventana 4 hasta la ventana 7. Se consideró que para el hincado de los tubos se requiere de un riel, una losa de piso y la plantilla de concreto simple donde se estiman espesores de 0.10, 0.50 y 0.20 metros respectivamente. De manera práctica y para llevar a cabo los análisis geotécnicos, se consideraron lumbreras con un nivel de máximo de excavación (NME) de 7.40 metros así como la consideración de que, para excavaciones de 7.50 metros o mayores, se requirió de tablaestacas de 12.00 metros de longitud.

Considerando la longitud de los tramos del colector así como su respectivo diámetro (2.44 m), se calculó la fuerza de empuje necesaria para el hincado de la tubería entre las ventanas indicadas en la tabla IV.4.4.10.2, la cual se indica a continuación:

Tramo	Distancia (m)
1 - 2	248.16
2 - 3	153.56
3 - 4	160.28

*Tabla IV.4.4.10.2 Distancia entre las lumbreras de lanzado*

Tramo	Distancia (m)	Fuerza de Empuje (ton)
1 - 2	248.16	2238.97
2 - 3	153.56	1385.46
3 - 4	160.28	1446.09

*Nota: Se considera un factor de carga, Fc de 1.1.*

*Tabla IV.4.4.10.3 Fricción Lateral entre las ventanas del colector*



Ya que la fuerza de empuje necesaria es superada por la capacidad de la estación de lanzamiento como de la resistencia que podrán generar las lumbreras, a continuación se calcula el número necesario de lumbreras en cada tramo:

Tramo	Distancia (m)	Número de lumbreras
1 - 2	248.16	2.4
2 - 3	153.56	1.5
3 - 4	160.28	1.6

Tabla IV.4.4.10.4 Número de Lumbreras Requeridas y Tramos del Colector

Se realizó una nueva propuesta del número de lumbreras a construir para el hincado de la tubería esto de acuerdo a la tabla IV.4.4.10.4, planteada ya en la figura siguiente donde se aprecian las ventanas originales (color azul) y las propuestas para llevar a cabo de manera satisfactoria los trabajos (color rojo).

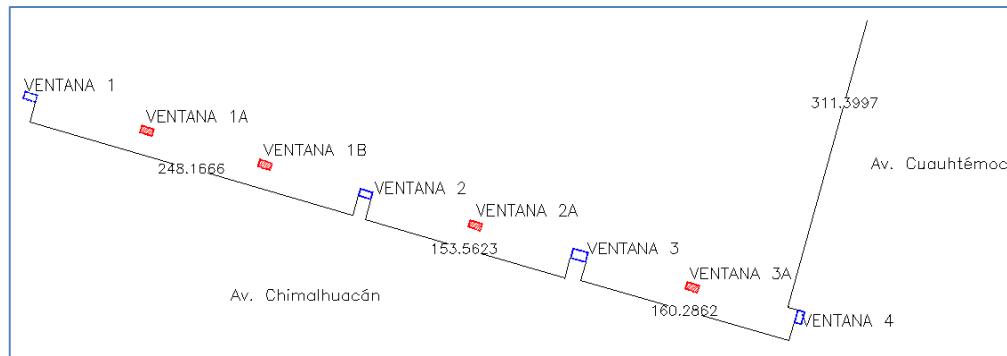


Figura IV.4.4.10.5 Propuesta de lumbreras para el hincado de tubería





---

## CAPITULO V

# VOLÚMENES Y CANTIDADES DE OBRA



## V.1 CATÁLOGO DE CONCEPTOS

Como definición de “*catálogo de conceptos*” mencionare que es un documento previo que se utilizara para presupuestar y/o cotizar un trabajo determinado a ejecutar. En este documento se compilan todos los trabajos por realizar de cualquier proyecto de construcción así como el total de materiales que se utilizaran para realizar el trabajo en cuestión y el cual incluye: clave, partida, subpartidas, concepto, unidad de medición y cantidad.

En cada uno de los conceptos se define como especificación el alcance de cada trabajo, las características físicas, dimensiones, materiales, determina la unidad de medición para efectos de pago, y la cantidad de los trabajos a realizar. Este catálogo servirá para realizar los programas de ejecución de obra. Una vez que se presupueste, podrá contar con los elementos para determinar en la parte económica el programa de inversión, fechas y periodicidad de las estimaciones para el pago de los trabajos, así como el programa de suministro de materiales y mano de obra.

Para fines didácticos, es importante conocer los conceptos de partida que fueron empleados para catalogar los trabajos que se ejecutaron en esta obra, los cuales fueron los que a continuación se presentan en el siguiente catálogo de conceptos:

**OBRA:** AMPLIACIÓN Y REHABILITACIÓN DEL COLECTOR CHIMALHUACÁN

**LUGAR:** NEZAHUALCÓYOTL ESTADO DE MÉXICO

### CATÁLOGO DE CONCEPTOS, CANTIDADES Y UNIDADES DE MEDICIÓN

CÓDIGO	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
<b>A</b>	<b>COLECTOR CHIMALHUACÁN</b>		
<b>CC1</b>	TRAZO Y NIVELACIÓN PARA DESPLANTE DE ESTRUCTURA PARA OBRA HIDRÁULICA, CON EQUIPO DE TOPOGRAFÍA, INCLUYE: MATERIALES PARA SEÑALAMIENTO.	M	314.73
<b>CC2</b>	CORTE CON SIERRA EN PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO CON PROFUNDIDAD MAYOR DE 5 CENTÍMETROS.	M	179.00
<b>CC3</b>	UTILIZACIÓN DE MALLA PREVENTIVA DE POLIPROPILENO DE 1.22 X 30 METROS, EN COLOR NARANJA, EN LOS TRABAJOS DE LA LÍNEA DE REFORZAMIENTO DE AGUA PLUVIAL. INCLUYE: INSTALACIÓN CON RECUPERACIÓN DE LA EMPRESA, MANTENIMIENTO, CUIDADOS, ACOMODOS Y REACOMODOS DURANTE EL TIEMPO QUE DURE LA OBRA, REPOSICIÓN EN CASO DE ROBOS O EXTRAVÍOS, CARGAS Y RETIROS DE LA MISMA AL ALMACÉN DEL CONTRATISTA U OTRO TRAMO, MATERIALES, MANO DE OBRA, EQUIPO, HERRAMIENTA, Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN.	M	212.00
<b>CC4</b>	SUMINISTRO, COLOCACIÓN Y RETIRO DE BOYA DE SEÑALIZACIÓN (CARAMELO) EN TRABAJOS DE REFORZAMIENTO HIDRÁULICOS, PERMANENTE LAS 24 HORAS, INCLUYE: MATERIALES, MANO DE OBRA, EQUIPO, HERRAMIENTA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN.	PZA	56.00
<b>CC6</b>	DEMOLICIÓN POR MEDIOS MECÁNICOS DE PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO, EN CUALQUIER ZONA.	M <sup>3</sup>	45.00
<b>CC7</b>	CARGA MECÁNICA DE MATERIAL SATURADO Y ACARREO EN CAMIÓN AL PRIMER KILÓMETRO, VOLUMEN MEDIDO EN BANCO (ESTADÍA DE CAMIÓN POR CARGA DE EXCAVADORA DE ALMEJA).	M <sup>3</sup>	4201.61
<b>CC8</b>	ACARREO EN CAMIÓN, DE MATERIAL SATURADO, KILÓMETROS SUBSECUENTES, ZONA URBANA.	M <sup>3</sup> /KM	84031.60



**OBRA:** AMPLIACIÓN Y REHABILITACIÓN DEL COLECTOR CHIMALHUACÁN

**LUGAR:** NEZAHUALCÓYOTL ESTADO DE MÉXICO

**CATÁLOGO DE CONCEPTOS, CANTIDADES Y UNIDADES DE MEDICIÓN**

CÓDIGO	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
CC9	CONSTRUCCIÓN DE LUMBRERA DE EMPUJE DE 9.00 X 5.00 METROS HASTA 9.00 METROS DE PROFUNDIDAD PARA EL DESPLANTE DE LA BASE PARA EL SISTEMA DE HINCADO DE TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO POR EMPUJE, INCLUYE: COLOCACIÓN Y DESMANTELAMIENTO DE ADEME METÁLICO, EXCAVACIÓN TIPO ALMEJA Y SU ACARREO FUERA DE OBRA, COLOCACIÓN Y REMOCIÓN DE MADRINA Y TROQUELES PREVIOS A LA ESTABILIZACIÓN DEL FONDO DE LA LUMBRERA, LOSA DE CONCRETO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE FONDO DE LA LUMBRERA, MURO DE REACCIÓN PARA EL EMPUJE DE LA TUBERÍA, BOMBEO DE ACHIQUE, CONCRETO F'C=350 KG/CM <sup>2</sup> , ACERO DE REFUERZO FY= 4,200 KG/CM <sup>2</sup> EN LOSA DE FONDO Y MURO DE EMPUJE, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	PZA	6.00
CC10	CONSTRUCCIÓN DE LUMBRERA DE EMPUJE DE 6.00 X 5.00 METROS HASTA 8.00 METROS DE PROFUNDIDAD PARA EL DESPLANTE DE LA BASE PARA EL SISTEMA DE HINCADO DE TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO POR EMPUJE, INCLUYE: COLOCACIÓN Y DESMANTELAMIENTO DE ADEME METÁLICO, EXCAVACIÓN TIPO ALMEJA Y SU ACARREO FUERA DE OBRA, COLOCACIÓN Y REMOCIÓN DE MADRINA Y TROQUELES PREVIOS A LA ESTABILIZACIÓN DEL FONDO DE LA LUMBRERA, LOSA DE CONCRETO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE FONDO DE LA LUMBRERA, BOMBEO DE ACHIQUE, CONCRETO KG/CM <sup>2</sup> , ACERO DE REFUERZO FY= 4,200 KG/CM <sup>2</sup> EN LOSA DE FONDO, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	PZA	2.00
CC11	CONSTRUCCIÓN DE COLECTOR CON TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO GRADO 3 CON VIOLA DE ACERO DE 2.44 METROS DE DIÁMETRO, MEDIANTE EL SISTEMA DE HINCADO DE TUBERÍA, INCLUYE: TRAZO Y NIVELACIÓN (DIRECCIÓN Y PENDIENTE), INSTALACIÓN Y DESMONTAJE DEL SISTEMA INTEGRADO POR ESCUDO ROTATORIO DE FRENTE CERRADO UNIDAD DE TRASPORTE, BASE DE DESLIZAMIENTO, EMPUJADOR DE TUBERÍA, UNIDAD DE POTENCIA, NIVEL AUTOMÁTICO CON RAYO LÁSER, EXTRACTOR DE AIRE CONTAMINADO, GENERADOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON CAPACIDAD DE 300KW, BOMBA DE INYECCIÓN DE BENTONITA, GRÚA TELESCÓPICA, BOMBEO DE ACHIQUE, UNIDAD HIDRÁULICA DE ENFRIAMIENTO, EQUIPO DE CORTE Y SOLDADURA, FABRICACIÓN E INSTALACIÓN DE ESTACIONES INTERMEDIAS DE EMPUJE, MATERIALES, MANO DE OBRA, EQUIPO, HERRAMIENTA, INCLUYE EXTRACCIÓN DE REZAGA A NIVEL DE CALLE Y EXCAVACIÓN Y PERFORACIÓN EN MATERIAL TIPO I Y II.	ML	771.92
CC13	CAJA DE CONCRETO REFORZADO PARA TUBERÍA DE 244 CENTÍMETROS, SEGÚN PROYECTO.	PZA	8.00
CC15	CHIMENEA DE MURO DE TABIQUE ROJO RECOCIDO DE 28 CENTÍMETROS DE ESPESOR, DESPLANTADA SOBRE LOSA DE ESTRUCTURA, DE 1.00 METROS DE PROFUNDIDAD, ASENTADO Y APLANADO CON MORTERO CEMENTO ARENA 1:4, INCLUYE: JORNALES DIURNOS, JORNALES MIXTOS, JORNALES NOCTURNOS, SUMINISTRO DE MATERIALES PUESTOS EN EL SITIO DE LOS TRABAJOS, ANDAMIOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN.	PZA	2.00





**OBRA:** AMPLIACIÓN Y REHABILITACIÓN DEL COLECTOR CHIMALHUACÁN

**LUGAR:** NEZAHUALCÓYOTL ESTADO DE MÉXICO

**CATÁLOGO DE CONCEPTOS, CANTIDADES Y UNIDADES DE MEDICIÓN**

CÓDIGO	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
CC16	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE SEÑAL RESTRICTIVA DE 45 X 60 CENTÍMETROS, FABRICADA CON LÁMINA GALVANIZADA CALIBRE 16, REFLEJANTE ALTA INTENSIDAD, FONDO EN VINIL, SIN POSTE.	PZA	16.00
CC17	INCREMENTO DE CHIMENEA DE MURO DE TABIQUE ROJO RECOCIDO DE 28 CENTÍMETROS DE ESPESOR, DE 0.25 METROS DE PROFUNDIDAD, ASENTADO Y APLANADO CON MORTERO CEMENTO ARENA 1:4, INCLUYE: JORNALES DIURNOS, JORNALES MIXTOS, JORNALES NOCTURNOS, SUMINISTRO DE MATERIALES PUESTOS EN EL SITIO DE LOS TRABAJOS, ANDAMIOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN.	PZA	224.00
CC18	RELLENO DE ZANJA CON MATERIAL PROVENIENTE DE BANCO (TEPETATE) COMPACTADO AL 95% PROCTOR CON RODILLO VIBRATORIO, INCLUYE ACARREO LIBRE HASTA 20 METROS. INCORPORACIÓN DE AGUA, MEDIDO COMPACTO.	M <sup>3</sup>	1431.01
CC19	LIMPIEZA GENERAL DE LA OBRA, INCLUYE MANO DE OBRA Y HERRAMIENTA NECESARIA PARA SU DESARROLLO.	M <sup>2</sup>	313.00
CC20	SUMINISTRO, FABRICACIÓN Y COLOCACIÓN DE LETRERO ESPECTACULAR DE 5.0 METROS X 3.0 METROS A BASE DE 5 CHAROLAS DE 1.0 METROS X 3.0 METROS DE LÁMINA GALVANIZADA CALIBRE 24 SOLDADAS, 4 VIGAS IPR DE 8" X 4" X 12 METROS CADA UNO, ÁNGULO DE 1" X 1/4" PARA CONTRAVENTE, 2 CANALETAS DE 2" X 4" X 6.0 METROS CALIBRE 14, INCLUYE: ROTULACIÓN (SEGÚN ESPECIFICACIÓN) MATERIALES, EQUIPO, HERRAMIENTA, MONTAJE Y MANO DE OBRA, ASÍ COMO EXCAVACIONES EN CUALQUIER TIPO DE MATERIAL, MUERTOS DE CONCRETO F'C=150 KG/CM <sup>2</sup> , PINTURA DE ESMALTE EN TODA LA ESTRUCTURA (MEDIO IMPACTO).	PZA	1.00
CC21	ELABORACIÓN E INTEGRACIÓN DE EXPEDIENTE TÉCNICO ENTREGA RECEPCIÓN EN ORIGINAL Y TRES COPIAS, EL CUAL DEBERÁ CONTAR LA SIGUIENTE DOCUMENTACIÓN: 1.- SOLICITUD DE RECEPCIÓN POR PARTE DE LA EMPRESA 2.- CROQUIS DE LOCALIZACIÓN 3.- DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS EJECUTADOS. 4.- ÁLBUM FOTOGRÁFICO (A COLOR). 5.- PLANOS DE OBRA TERMINADA (AVALADOS POR LA RESIDENCIA DE CONSTRUCCIÓN). 6.- CONCENTRADO DE ESTIMACIONES (INCLUYENDO FINIQUITO AVALADO POR LA RESIDENCIA) 7.- BALANCE DE MATERIALES (AVALADO POR LA RESIDENCIA DE CONSTRUCCIÓN). INCLUYE LA ENTREGA DE TODA LA DOCUMENTACIÓN EN IGUAL NÚMERO DE COPIAS EN RESPALDO ELECTRÓNICO.	PZA	1.00
CC22	BACHEO CON MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE EN ZONA DE LOS TRABAJOS CON UN ESPESOR DE 10 CENTÍMETROS, INCLUYE: ACARREO DE MEZCLA ASFÁLTICA, RIEGO DE LIGA, RIEGO DE IMPREGNACIÓN, EXTENDIDO Y COMPACTADO DE CONCRETO ASFÁLTICO, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	M <sup>3</sup>	61.50
E01	PERFORACIÓN DE 12" DE DIÁMETRO PARA INSTALAR SISTEMA DE BOMBEO EYECTOR, EL PRECIO INCLUYE; MATERIALES DE CONSUMO, MANO DE OBRA HERRAMIENTA DE MANO Y EQUIPO.	ML	1.00
E02	HABILITADO Y DESHABILITADO DEL SISTEMA DE BOMBEO EYECTOR, EL PRECIO INCLUYE HABILITADO Y DESHABILITADO DE LOS MATERIALES QUE CONFORMAN EL SISTEMA DE BOMBEO, MANO DE OBRA Y HERRAMIENTA DE MANO.	PZA	1.00
E03	HABILITADO DE POZO PARA BOMBEO EYECTOR, A BASE DE TUBO RANURADO DE PVC DE 4" DE DIÁMETRO, MALLA GEOTEXTIL Y FILTRO DE ARENA Y GRAVILLA; EL PRECIO INCLUYE HABILITADO DE POZO DE BOMBEO EYECTOR, INSTALACIÓN EN PERFORACIÓN Y RELLENO DEL ESPACIO ANULAR.	ML	1.00





**OBRA:** Ampliación y rehabilitación del colector Chimalhuacán

**LUGAR:** Nezahualcóyotl estado de México

**Catálogo de conceptos, cantidades y unidades de medición**

CÓDIGO	Concepto	UNIDAD	CANTIDAD
E04	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE BOMBEO EYECTOR DURANTE EL PERIODO DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS; EL PRECIO INCLUYE MANO DE OBRA, HERRAMIENTA DE MANO Y EQUIPO PARA EL BUEN FUNCIONAMIENTO.	HORA	1.00
E05	TAPONAMIENTO Y RELLENO DE POZO DE BOMBEO EYECTOR A BASE DE MORTERO CEMENTO ARENA 1:3, INCLUYE SUMINISTRO DE MATERIALES, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA DE MANO Y EQUIPO.	ML	1.00
E06	PORTAL DE ENTRADA PARA MAQUINARIA DE TÚNELEO, EL PRECIO INCLUYE: MATERIALES DE CONSUMO, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO.	PZA	1.00
E07	CAJA 01 DE CONCRETO REFORZADO PARA TUBERÍA DE 244 CENTÍMETROS; EL PRECIO INCLUYE: LOSA DE FONDO, MUROS Y LOSA TECHO A BASE DE CONCRETO PREMEZCLADO F'C=250 KG/CM <sup>2</sup> , AGREGADO TRITURADO MÁX. 3/4", IMPERMEABILIZANTE INTEGRAL FESTERGRAL, SIKAFLEX, BANDA DE PVC DE 6", SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ACERO DE REFUERZO (FY=4200 KG/CM <sup>2</sup> ), CIMBRA DE MADERA PARA ACABADOS NO APARENTES EN MUROS, EN CIMENTACIONES, LOSAS, TRABES Y DALAS, SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO PREMEZCLADO DE F'C=100 KG/CM <sup>2</sup> PARA MEDIA CAÑA Y PLANTILLA CON AGREGADO DE 19 MM 3/4" DIÁMETRO, TEZONTLE PARA DESPLANTE, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	PZA	1.00
E10	CAJA 04 DE CONCRETO REFORZADO PARA TUBERÍA DE 244 CENTÍMETROS; EL PRECIO INCLUYE: LOSA DE FONDO, MUROS Y LOSA TECHO A BASE DE CONCRETO PREMEZCLADO F'C=250 KG/CM <sup>2</sup> , AGREGADO TRITURADO MÁX. 3/4", IMPERMEABILIZANTE INTEGRAL FESTERGRAL, SIKAFLEX, BANDA DE PVC DE 6", SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ACERO DE REFUERZO (FY=4200 KG/CM <sup>2</sup> ), CIMBRA DE MADERA PARA ACABADOS NO APARENTES EN MUROS, EN CIMENTACIONES, LOSAS, TRABES Y DALAS, SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO PREMEZCLADO DE F'C=100 KG/CM <sup>2</sup> PARA MEDIA CAÑA Y PLANTILLA CON AGREGADO DE 19 MM 3/4" DIÁMETRO, TEZONTLE PARA DESPLANTE, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	PZA	1.00
E14	CONSTRUCCIÓN DE LUMBRERA 1 DE EMPUJE DE 9.20 X 6.20 METROS HASTA 8.00 METROS DE PROFUNDIDAD PARA EL DESPLANTE DE LA BASE PARA EL SISTEMA DE HINCADO DE TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO POR EMPUJE, INCLUYE: COLOCACIÓN Y DESMANTELAMIENTO DE ADEME METÁLICO, EXCAVACIÓN TIPO ALMEJA Y SU ACARREO FUERA DE OBRA, COLOCACIÓN Y REMOCIÓN DE MADRINA Y TROQUELES PREVIOS A LA ESTABILIZACIÓN DEL FONDO DE LA LUMBRERA, LOSA DE CONCRETO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE FONDO DE LA LUMBRERA, MURO DE REACCIÓN PARA EL EMPUJE DE LA TUBERÍA, BOMBEO DE ACHIQUE, CONCRETO F'C=350 KG/CM <sup>2</sup> , ACERO DE REFUERZO FY= 4,200 KG/CM <sup>2</sup> EN LOSA DE FONDO Y MURO DE EMPUJE, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	PZA	1.00
E15	CONSTRUCCIÓN DE LUMBRERA 4 DE EMPUJE DE 8.00 X 5.20 METROS HASTA 8.00 METROS DE PROFUNDIDAD PARA EL DESPLANTE DE LA BASE PARA EL SISTEMA DE HINCADO DE TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO POR EMPUJE, INCLUYE: COLOCACIÓN Y DESMANTELAMIENTO DE ADEME METÁLICO, EXCAVACIÓN TIPO ALMEJA Y SU ACARREO FUERA DE OBRA, COLOCACIÓN Y REMOCIÓN DE MADRINA Y TROQUELES PREVIOS A LA ESTABILIZACIÓN DEL FONDO DE LA LUMBRERA, LOSA DE CONCRETO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE FONDO DE LA LUMBRERA, MURO DE REACCIÓN PARA EL EMPUJE DE LA TUBERÍA, BOMBEO DE ACHIQUE, CONCRETO F'C=350 KG/CM <sup>2</sup> , ACERO DE REFUERZO FY= 4,200 KG/CM <sup>2</sup> EN LOSA DE FONDO Y MURO DE EMPUJE, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	PZA	1.00

*Figura V.1.1. Catálogo de conceptos del colector*





## V.2 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Dentro de este tema, hay que destacar que *el precio unitario* se considerara como el importe de la remuneración o pago total que debe cubrir el contratista por unidad de concepto terminado ejecutado conforme al proyecto, especificaciones y normas de calidad.

El *precio unitario* es aquel donde se descompone cada unidad de obra y los precios de cada elemento que constituye la unidad de obra para poderlos estudiar y analizar tanto desde el punto de vista de su rendimiento, desperdicio y costo. Muestra detalladamente el valor de cada unidad de obra y de los elementos que la constituyen. Es la mejor herramienta para analizar cada elemento y buscar su optimización desde el punto de vista de mejorar rendimiento y reducir costos

Los precios unitarios se integran con los costos directos correspondientes al concepto de trabajo, los costos indirectos, el costo por financiamiento, el cargo por la utilidad del contratista y los cargos adicionales que presente el concursante en su propuesta; dichos análisis deberán ser integrados conforme a lo indicado en “*análisis, calculo e integración de los precios unitarios*” del Reglamento de la Ley de Obras Publicas y Servicios Relacionados con las Mismas.

Dentro de los conceptos que integran un precio unitario, se comprenden varios como *costos directos; costos indirectos; costos por financiamiento, cargo por utilidad, cargos adicionales*, así como insumos y cargos monetarios. Es un estudio de costos, cantidades y unidades de medida, tomando en cuenta no sólo el precio de los materiales y mano de obra, sino también las circunstancias especiales en que se haya de realizar la obra. Esto obliga a penetrar en todos los detalles y a formar precios unitarios partiendo de sus componentes.

A continuación será presentado el análisis de precios unitarios de algunos conceptos determinados en el *catálogo de conceptos* y que fueron ejecutados en obra, esto con fines didácticos para el conocimiento de herramientas, equipo y personal que fue requerido en campo, siendo los siguientes:

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
Código	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	%
Partida:	A					
Análisis:	CC1		M2			
TRAZO Y NIVELACIÓN PARA DESPLANTE DE ESTRUCTURA PARA OBRA HIDRÁULICA, CON EQUIPO DE TOPOGRAFÍA, INCLUYE: MATERIALES PARA SEÑALAMIENTO.						
<b>BASICOS</b>						
BAS-TOC	TRAZO PARA DESPLANTE DE OBRAS	M2	1.000000	\$6.60	\$6.60	100.00%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>BASICOS</b>				<b>\$6.60</b>	<b>100.00%</b>
<b>Costo Directo:</b>					<b>\$6.60</b>	
<b>INDIRECTOS</b>			<b>16.06%</b>		<b>\$1.06</b>	
<b>SUMA (CD+CI)</b>					<b>\$7.66</b>	
<b>FINANCIAMIENTO</b>			<b>0.05%</b>		<b>\$0.00</b>	
<b>SUMA (CD+CI+CF)</b>					<b>\$7.66</b>	
<b>UTILIDAD BRUTA</b>			<b>11.52%</b>		<b>\$0.88</b>	
<b>CARGOS ADICIONALES</b>			<b>0.5%</b>		<b>\$0.03</b>	
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>\$8.57</b>	
(* OCHO PESOS 57/100 M.N. *)						





## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	%
Partida:	A					
Análisis:	CC2	M				
CORTE CON SIERRA EN PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO CON PROFUNDIDAD MAYOR DE 5 CM.						
<b>MATERIALES</b>						
MAT-AG	AGUA ( MANEJO)	M3	0.041177	\$35.00	\$1.44	10.08%
<b>SUBTOTAL: MATERIALES</b>					<b>\$1.44</b>	<b>10.08%</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						
CAINFRA4	CUADRILLA 4 ( 1 AYUDANTE GENERAL)	JOR	0.015016	\$364.29	\$5.47	38.31%
<b>SUBTOTAL: MANO DE OBRA</b>					<b>\$5.47</b>	<b>38.31%</b>
<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>						
EQ001	CORTADORA DE CONCRETO 18 H.P. A GASOLINA PARA DISCO DE 14"	HORA	0.050000	\$144.26	\$7.21	50.49%
%MO-1	Herramienta	%MO	0.030000	\$5.47	\$0.16	1.12%
<b>SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>					<b>\$7.37</b>	<b>51.61%</b>
<b>Costo Directo:</b>					<b>\$14.28</b>	
<b>INDIRECTOS</b>			16.06%		\$2.29	
<b>SUMA (CD+CI)</b>					<b>\$16.57</b>	
<b>FINANCIAMIENTO</b>			0.05%		\$0.01	
<b>SUMA (CD+CI+CF)</b>					<b>\$16.58</b>	
<b>UTILIDAD BRUTA</b>			11.52%		\$1.91	
<b>CARGOS ADICIONALES</b>			0.5%		\$0.07	
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>\$18.56</b>	
(* DIECIOCHO PESOS 56/100 M.N. *)						

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	%
Partida:	A					
Análisis:	CC3	M				
UTILIZACIÓN DE MALLA PREVENTIVA DE POLIPROPILENO DE 1.22 X 30 M, EN COLOR NARANJA, EN LOS TRABAJOS DE LA LÍNEA DE REFORZAMIENTO DE AGUA PLUVIAL. INCLUYE: INSTALACIÓN CON RECUPERACIÓN DE LA EMPRESA, MANTENIMIENTO, CUIDADOS, ACOMODOS Y REACOMODOS DURANTE EL TIEMPO QUE DURE LA OBRA, REPOSICIÓN EN CASO DE ROBOS O EXTRAVÍOS, CARGAS Y RETIROS DE LA MISMA AL ALMACÉN DEL CONTRATISTA O OTRO TRAMO, MATERIALES, MANO DE OBRA, EQUIPO, HERRAMIENTA, Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN.						
<b>MATERIALES</b>						
MALLA-PLAST	MALLA NARANJA 1.22 X 30 M	PZA	0.008333	\$320.00	\$2.67	38.47%
MAT-VR4	VARILLA F'Y=4,200 KG/CM2 DEL #4 (1/2" )	KG	0.049750	\$9.05	\$0.45	6.48%
<b>SUBTOTAL: MATERIALES</b>					<b>\$3.12</b>	<b>44.95%</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						
CAINFRA4	CUADRILLA 4 ( 1 AYUDANTE GENERAL)	JOR	0.010184	\$364.29	\$3.71	53.46%
<b>SUBTOTAL: MANO DE OBRA</b>					<b>\$3.71</b>	<b>53.46%</b>
<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>						
%MO-1	Herramienta	%MO	0.030000	\$3.71	\$0.11	1.59%
<b>SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>					<b>\$0.11</b>	<b>1.59%</b>
<b>Costo Directo:</b>					<b>\$6.94</b>	
<b>INDIRECTOS</b>			16.06%		\$1.11	
<b>SUMA (CD+CI)</b>					<b>\$8.05</b>	
<b>FINANCIAMIENTO</b>			0.05%		\$0.00	
<b>SUMA (CD+CI+CF)</b>					<b>\$8.05</b>	
<b>UTILIDAD BRUTA</b>			11.52%		\$0.93	
<b>CARGOS ADICIONALES</b>			0.5%		\$0.03	
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>\$9.01</b>	
(* NUEVE PESOS 01/100 M.N. *)						

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	%
Partida:	A					
Análisis:	CC8	M3/KM				
ACARREO EN CAMIÓN, DE MATERIAL SATURADO, KILÓMETROS SUBSECUENTES, ZONA URBANA.						
<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>						
EQ005	CAMIÓN VOLTEO DE 7 M3	HORA	0.015072	\$455.85	\$6.87	100.00%
<b>SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>					<b>\$6.87</b>	<b>100.00%</b>
<b>Costo Directo:</b>					<b>\$6.87</b>	
<b>INDIRECTOS</b>			16.06%		\$1.10	
<b>SUMA (CD+CI)</b>					<b>\$7.97</b>	
<b>FINANCIAMIENTO</b>			0.05%		\$0.00	
<b>SUMA (CD+CI+CF)</b>					<b>\$7.97</b>	
<b>UTILIDAD BRUTA</b>			11.52%		\$0.92	
<b>CARGOS ADICIONALES</b>			0.5%		\$0.03	
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>\$8.92</b>	
(* OCHO PESOS 92/100 M.N. *)						



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
Código	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	%
Partida:	A					
Análisis:	CC4 PZA					
SUMINISTRO, COLOCACIÓN Y RETIRO DE BOYA DE SEÑALIZACIÓN (CARAMELO) EN TRABAJOS DE REFORZAMIENTO HIDRÁULICOS, PERMANENTE LAS 24 HORAS, INCLUYE: MATERIALES, MANO DE OBRA, EQUIPO, HERRAMIENTA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN.						
<b>MATERIALES</b>						
MAT-BOYA	BOYA CON LETRERO TIPO CARAMELO	PZA	0.100000	\$1,539.00	\$153.90	83.55%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>MATERIALES</b>				<b>\$153.90</b>	<b>83.55%</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						
CAINFRA8	CUADRILLA 8 (1 OF. ESPECIALISTA + 2 AYUDANTES ESPECIALISTAS)	JOR	0.020398	\$1,442.82	\$29.43	15.98%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>MANO DE OBRA</b>				<b>\$29.43</b>	<b>15.98%</b>
<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>						
%MO-1	Herramienta	%MO	0.030000	\$29.43	\$0.88	0.48%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>				<b>\$0.88</b>	<b>0.48%</b>
<b>Costo Directo:</b>					<b>\$184.21</b>	
<b>INDIRECTOS</b>			<b>16.06%</b>		<b>\$29.58</b>	
<b>SUMA (CD+CI)</b>					<b>\$213.79</b>	
<b>FINANCIAMIENTO</b>			<b>0.05%</b>		<b>\$0.11</b>	
<b>SUMA (CD+CI+CF)</b>					<b>\$213.90</b>	
<b>UTILIDAD BRUTA</b>			<b>11.52%</b>		<b>\$24.64</b>	
<b>CARGOS ADICIONALES</b>			<b>0.5%</b>		<b>\$0.92</b>	
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>\$239.46</b>	
(* DOSCIENTOS TREINTA Y NUEVE PESOS 46/100 M.N. *)						

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
Código	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	%
Partida:	A					
Análisis:	CC6 M3					
DEMOLICIÓN POR MEDIOS MECÁNICOS DE PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO, EN CUALQUIER ZONA.						
<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>						
EQ060	EXCAVADORA CON MARTILLO HIDRAULICO 325	HORA	0.080000	\$1,124.17	\$89.93	100.00%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>				<b>\$89.93</b>	<b>100.00%</b>
<b>Costo Directo:</b>					<b>\$89.93</b>	
<b>INDIRECTOS</b>			<b>16.06%</b>		<b>\$14.44</b>	
<b>SUMA (CD+CI)</b>					<b>\$104.37</b>	
<b>FINANCIAMIENTO</b>			<b>0.05%</b>		<b>\$0.05</b>	
<b>SUMA (CD+CI+CF)</b>					<b>\$104.42</b>	
<b>UTILIDAD BRUTA</b>			<b>11.52%</b>		<b>\$12.03</b>	
<b>CARGOS ADICIONALES</b>			<b>0.5%</b>		<b>\$0.45</b>	
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>\$116.90</b>	
(* CIENTO DIECISEIS PESOS 90/100 M.N. *)						

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
Código	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	%
Partida:	A					
Análisis:	CC7 M3					
CARGA MECÁNICA DE MATERIAL SSATURADO Y ACARREO EN CAMIÓN AL PRIMER KILÓMETRO, VOLUMEN MEDIDO EN BANCO. (ESTADIA DE CAMIÓN POR CARGA DE EXCAVADORA DE ALMEJA)						
<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>						
EQ005	CAMIÓN VOLTEO DE 7 M3	HORA	0.071429	\$455.85	\$32.56	67.40%
EQ061	EXCAVADORA CAT 325DL	HORA	0.015607	\$1,009.17	\$15.75	32.60%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>				<b>\$48.31</b>	<b>100.00%</b>
<b>Costo Directo:</b>					<b>\$48.31</b>	
<b>INDIRECTOS</b>			<b>16.06%</b>		<b>\$7.76</b>	
<b>SUMA (CD+CI)</b>					<b>\$56.07</b>	
<b>FINANCIAMIENTO</b>			<b>0.05%</b>		<b>\$0.03</b>	
<b>SUMA (CD+CI+CF)</b>					<b>\$56.10</b>	
<b>UTILIDAD BRUTA</b>			<b>11.52%</b>		<b>\$6.46</b>	
<b>CARGOS ADICIONALES</b>			<b>0.5%</b>		<b>\$0.24</b>	
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>\$62.80</b>	
(* SESENTA Y DOS PESOS 80/100 M.N. *)						



## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	%
Partida: A						
Análisis: CC9 PZA						
CONSTRUCCIÓN DE LUMBRERA DE EMPUJE DE 9.00 X 5.00 M. HASTA 9.00 M. DE PROFUNDIDAD PARA EL DESPLANTE DE LA BASE PARA EL SISTEMA DE HINCADO DE TUBERIA DE CONCRETO REFORZADO POR EMPUJE, INCLUYE: COLOCACIÓN Y DESMANTELAMIENTO DE ADEME METALICO, EXCAVACIÓN TIPO ALMEJA Y SU ACARREO FUERA DE OBRA, COLOCACIÓN Y REMOCIÓN DE MADRINA Y TROQUELES PREVIOS A LA ESTABILIZACIÓN DEL FONDO DE LA LUMBRERA, LOSA DE CONCRETO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE FONDO DE LA LUMBRERA, MURO DE REACCIÓN PARA EL EMPUJE DE LA TUBERIA, BOMBEO DE ACHIQUE, CONCRETO F'C=350 KG/CM2, ACERO DE REFUERZO F'Y= 4,200 KG/CM2 EN LOSA DE FONDO Y MURO DE EMPUJE, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.						
<b>MATERIALES</b>						
MAT-350IRS	CONCRETO PREMEZCLADO F'C=350 KG/CM2, RESISTENTE A LOS SULFATOS CON IMPERMEABILIZANTE INTEGRAL	M3	20.229000	\$1,342.74	\$27,162.29	3.83%
<b>SUBTOTAL: MATERIALES</b>					<b>\$27,162.29</b>	<b>3.83%</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						
CAINFRA5	CUADRILLA 5 (2 AYUDANTES GENERALES)	JOR	4.000000	\$728.57	\$2,914.28	0.41%
CAINFRA24	CUADRILLA 24 (1 OF. SOLDADOR + 1 AYUDANTE)	JOR	4.000000	\$981.44	\$3,925.76	0.55%
CAINFRA2	CUADRILLA 2 (1 OFICIAL ALBAÑIL + 1 AYUDANTE)	JOR	3.000000	\$855.83	\$2,567.49	0.36%
<b>SUBTOTAL: MANO DE OBRA</b>					<b>\$9,407.53</b>	<b>1.32%</b>
<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>						
%MO-1	Herramienta	%MO	0.030000	\$9,407.53	\$282.23	0.04%
<b>SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>					<b>\$282.23</b>	<b>0.04%</b>
<b>BASICOS</b>						
23	BOMBEO PARA DESAGÜE EN ZANJAS O CAJONES CON BOMBA DE 152 MM (6") DE DIÁMETRO	HORA	140.000000	\$228.98	\$32,057.20	4.51%
BAS-TEAZ-19	TABLA ESTACA METALICA	KG/USO	26,111.158719	\$14.05	\$366,861.78	51.66%
BAS-ARCIM	ACERO DE REFUERZO EN CIMENTACIÓN	KG	1,800.000000	\$16.77	\$30,186.00	4.25%
BAS-CEC	CIMBRA EN ESTRUCTURAS ACABADO COMÚN 19mm	M2	67.500000	\$299.35	\$20,206.13	2.85%
BAS-CCIM	COLOCACION DE CONCRETO EN CIMENTACION	M3	20.229000	\$897.35	\$18,152.49	2.56%
18	MADRINAS DE VIGETA IPR PARA ADEME DE TABLAESTACADO METÁLICO, VIGAS IPR DE DISTINTAS MEDIDAS, ATIEZADORES DE PERFIL "LI" Y ATIEZADORES CON PLACA DE ACERO A-36 EL PRECIO UNITARIO INCLUYE: EQUIPO, MATERIALES, MANO DE OBRA, SOLDADURA, DESPERDICIOS, ACARREOS HASTA EL LUGAR DE SU UTILIZACIÓN EN LA OBRA, ALMACENAMIENTO, RECUPERACIÓN Y DESMANTELAMIENTO Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN. (ADEME RECUPERABLE)	KG/USO	5,571.070000	\$14.31	\$79,722.01	11.23%
BAS-DCAM	DEMOLICIÓN DE CONCRETO ARMADO MANUAL	M3	8.500000	\$382.51	\$3,251.34	0.46%
8	EXCAVACIÓN POR MEDIOS MECÁNICOS, ZONA "B" CON AGUA, CLASE II, DE 0.00 A 6.50 M DE PROFUNDIDAD. (EXCAVACIÓN CON CON ALMEJA, POR LA DIFICULTAD DE LA ZONA DE EXTRACCIÓN, YA QUE SE ENCUENTRA ADEMADA ESTA)	M3	329.000000	\$194.50	\$63,990.50	9.01%
10	CARGA MECANICA DE MATERIAL SSATURADO Y ACARREO EN CAMIÓN AL PRIMER KILOMETRO, VOLUMEN MEDIDO EN BANCO. (ESTADIA DE CAMIÓN POR CARGA DE EXCAVADORA DE ALMEJA)	M3	329.000000	\$48.31	\$15,893.99	2.24%
11	ACARREO EN CAMIÓN, DE MATERIAL SATURADO, KILOMETROS SUBSECUENTES, ZONA URBANA.	M3/KM	6,251.000000	\$6.87	\$42,944.37	6.05%
<b>SUBTOTAL: BASICOS</b>					<b>\$673,265.81</b>	<b>94.82%</b>
<b>Costo Directo:</b>					<b>\$710,117.86</b>	
<b>INDIRECTOS</b>			16.06%	<b>\$114,044.93</b>		
<b>SUMA (CD+CI)</b>				<b>\$824,162.79</b>		
<b>FINANCIAMIENTO</b>			0.05%	<b>\$412.08</b>		
<b>SUMA (CD+CI+CF)</b>				<b>\$824,574.87</b>		
<b>UTILIDAD BRUTA</b>			11.52%	<b>\$94,991.03</b>		
<b>CARGOS ADICIONALES</b>			0.5%	<b>\$3,550.59</b>		
<b>PRECIO UNITARIO</b>				<b>\$923,116.49</b>		
(* NOVECIENTOS VEINTITRES MIL CIENTO DIECISEIS PESOS 49/100 M.N. *)						



## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	%
Partida: A						
Análisis: CC10 PZA						
CONSTRUCCIÓN DE LUMBRERA DE EMPUJE DE 6.00 X 5.00 M. HASTA 8.00 M. DE PROFUNDIDAD PARA EL DESPLANTE DE LA BASE PARA EL SISTEMA DE HINCADO DE TUBERIA DE CONCRETO REFORZADO POR EMPUJE, INCLUYE: COLOCACIÓN Y DESMANTELAMIENTO DE ADEME METALICO, EXCAVACIÓN TIPO ALMEJA Y SU ACARREO FUERA DE OBRA, COLOCACIÓN Y REMOCIÓN DE MADRINA Y TROQUELES PREVIOS A LA ESTABILIZACIÓN DEL FONDO DE LA LUMBRERA, LOSA DE CONCRETO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE FONDO DE LA LUMBRERA, BOMBEO DE ACHIQUE, CONCRETO F'C=350 KG/CM2, ACERO DE REFUERZO F'Y= 4,200 KG/CM2 EN LOSA DE FONDO, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.						
<b>MATERIALES</b>						
MAT-350IRS	CONCRETO PREMEZCLADO F'C=350 KG/CM2, RESISTENTE A LOS SULFATOS CON IMPERMEABILIZANTE INTEGRAL	M3	10.190000	\$1,342.74	\$13,682.52	2.39%
<b>SUBTOTAL: MATERIALES</b>					<b>\$13,682.52</b>	<b>2.39%</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						
CAINFRA5	CUADRILLA 5 (2 AYUDANTES GENERALES)	JOR	3.443560	\$728.57	\$2,508.87	0.44%
CAINFRA24	CUADRILLA 24 (1 OF. SOLDADOR + 1 AYUDANTE)	JOR	2.800000	\$981.44	\$2,748.03	0.48%
CAINFRA2	CUADRILLA 2 (1 OFICIAL ALBAÑIL + 1 AYUDANTE)	JOR	2.800000	\$855.83	\$2,396.32	0.42%
<b>SUBTOTAL: MANO DE OBRA</b>					<b>\$7,653.22</b>	<b>1.34%</b>
<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>						
%MO-1	Herramienta	%MO	0.030000	\$7,653.22	\$229.60	0.04%
%MO-S	EQUIPO DE SEGURIDAD	%MO	0.020000	\$7,653.22	\$153.06	0.03%
<b>SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>					<b>\$382.66</b>	<b>0.07%</b>
<b>BASICOS</b>						
23	BOMBEO PARA DESAGÜE EN ZANJAS O CAJONES CON BOMBA DE 152 MM (6") DE DIÁMETRO	HORA	100.000000	\$228.98	\$22,898.00	4.00%
BAS-TEAZ-19	TABLA ESTACA METALICA	KG/USO	22,415.938790	\$14.05	\$314,943.94	55.06%
BAS-ARCIM	ACERO DE REFUERZO EN CIMENTACIÓN	KG	624.000000	\$16.77	\$10,464.48	1.83%
BAS-CEC	CIMBRA EN ESTRUCTURAS ACABADO COMÚN 19mm	M2	57.375000	\$299.35	\$17,175.21	3.00%
BAS-CCIM	COLOCACION DE CONCRETO EN CIMENTACION	M3	10.190000	\$897.35	\$9,144.00	1.60%
18	MADRINAS DE VIGETA IPR PARA ADEME DE TABLAESTACADO METÁLICO, VIGAS IPR DE DISTINTAS MEDIDAS, ATIEZADORES DE PERFIL "L" Y ATIEZADORES CON PLACA DE ACERO A-36 EL PRECIO UNITARIO INCLUYE: EQUIPO, MATERIALES, MANO DE OBRA, SOLDADURA, DESPERDICIOS, ACARREOS HASTA EL LUGAR DE SU UTILIZACIÓN EN LA OBRA, ALMACENAMIENTO, RECUPERACIÓN Y DESMANTELAMIENTO Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN. (ADEME RECUPERABLE)	KG/USO	5,249.660000	\$14.31	\$75,122.63	13.13%
8	EXCAVACIÓN POR MEDIOS MECÁNICOS, ZONA "B" CON AGUA, CLASE II, DE 0.00 A 6.50 M DE PROFUNDIDAD. (EXCAVACIÓN CON CON ALMEJA, POR LA DIFICULTAD DE LA ZONA DE EXTRACCIÓN, YA QUE SE ENCUENTRA ADEMADA ESTA)	M3	265.406300	\$194.50	\$51,621.53	9.02%
10	CARGA MECANICA DE MATERIAL SSATURADO Y ACARREO EN CAMIÓN AL PRIMER KILÓMETRO, VOLUMEN MEDIDO EN BANCO. (ESTADIA DE CAMIÓN POR CARGA DE EXCAVADORA DE ALMEJA)	M3	265.000000	\$48.31	\$12,802.15	2.24%
11	ACARREO EN CAMIÓN, DE MATERIAL SATURADO, KILÓMETROS SUBSECUENTES, ZONA URBANA.	M3/KM	5,255.000000	\$6.87	\$36,101.85	6.31%
<b>SUBTOTAL: BASICOS</b>					<b>\$550,273.79</b>	<b>96.19%</b>
<b>Costo Directo:</b>					<b>\$571,992.19</b>	
<b>INDIRECTOS</b>			16.06%		\$91,861.95	
<b>SUMA (CD+CI)</b>					\$663,854.14	
<b>FINANCIAMIENTO</b>			0.05%		\$331.93	
<b>SUMA (CD+CI+CF)</b>					\$664,186.07	
<b>UTILIDAD BRUTA</b>			11.52%		\$76,514.24	
<b>CARGOS ADICIONALES</b>			0.5%		\$2,859.96	
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>\$743,560.27</b>	
(* SETECIENTOS CUARENTA Y TRES MIL QUINIENTOS SESENTA PESOS 27/100 M.N. *)						





## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

1 de 2

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	%
--------	----------	--------	----------	-------	---------	---

Partida: A

Análisis: CC11

ML

CONSTRUCCIÓN DE COLECTOR CON TUBERIA DE CONCRETO REFORZADO GRADO 3 CON VIOLA DE ACERO DE 244 M DE Ø. MEDIANTE EL SISTEMA DE HINCADO DE TUBERIA. INCLUYE: TRAZO (DIRECCIÓN Y PENDIENTE), INSTALACION Y DESMONTAJE DEL SISTEMA INTEGRADO POR ESCUDO ROTATORIO DE FRENTE CERRADO UNIDAD DE TRASPORTE, BASE DE DELIZAMIENTO, EMPUJADOR DE TUBERIA, UNIDAD DE POTENCIA, NIVEL AUTOMATICO CON RAYO LASER, EXTRACTOR DE AIRE CONTAMINADO, GENERADOR DE ENERGIA ELECTRICA CON CAPASIDAD DE 300 KW, BOMBA DE INYECCION DE BENTONITA, GRUA TELESCOPICA, BOMBEO DE ACHIQUE, UNIDAD HIDRAULICA DE ENFRIAMIENTO, EQUIPO DE CORTE Y SOLDADURA, FABRICACION E INSTALACION DE ESTACIONES INTERMEDIAS DE EMPUJE, MATERIALES, MANO DE OBRA, EQUIPO, HERRAMIENTA, INCLUYE EXTRACCION DE REZAGA A NIVEL DE CALLE Y EXCAVACION Y PERFORACION EN MATERIAL TIPO I Y II.

## MATERIALES

MAT-AEIE	ANILLO PARA ESTACION INTERMEDIA DE EMPUJE	PZA	0.221970	\$15,400.00	\$3,418.34	9.87%
SOLD-7018	SOLDADURA 7018	KG	7.000000	\$32.00	\$224.00	0.65%
MAT-T5/8	TUERCA DE 5/8"	PZA	0.047000	\$2.50	\$0.12	0.00%
MAT-RL5/8CR	REDONDO DE 5/8" CON ROSCA	ML	0.010000	\$27.80	\$0.28	0.00%
MAT-CA18	CABLE DE ACERO CAL. 18	ML	1.510000	\$1.80	\$2.72	0.01%
MAT-S0.25	SUJETADOR DE 0.25"	PZA	2.400000	\$18.00	\$43.20	0.12%
MAT-BENT	BENTONITA	KG	78.000000	\$2.00	\$156.00	0.45%
MAT-CGS	CEMENTO NORMAL GRIS TIPO 1 EN SACOS	TON	0.018000	\$1,637.93	\$29.48	0.09%
MAT-AG	AGUA ( MANEJO)	M3	0.350000	\$35.00	\$12.25	0.04%
MAT-NG1-16	NIPLE GALVANIZADO DE 1"x16"	PZA	0.125000	\$87.00	\$10.88	0.03%
MAT-CPG1	COPEL GALVANIZADO DE 1"	PZA	0.125000	\$79.00	\$9.88	0.03%
MAT-TG1	TAPÓN GALVANIZADO DE 1"	PZA	0.125000	\$10.00	\$1.25	0.00%
MAT-CRS1	CEMENTO RAPID SET	KG	0.480000	\$350.00	\$168.00	0.49%
MAT-CCUR14	CABLE USO RUDO CALIBRE 14	ML	0.066667	\$17.00	\$1.13	0.00%
MAT-F40W	FOCO DE 40 WATS	PZA	0.333333	\$6.00	\$2.00	0.01%
MAT-CEPH1	CLAVIJA Y ENCHUFE CON PROTECCCIÓN A LA HUMEDAD	PZA	1.000000	\$34.00	\$34.00	0.10%
MAT-TPVC8	TUBO DE PVC DE 8"	ML	0.066667	\$50.00	\$3.33	0.01%
MAT-MADTR19	TRIPLAY DE PINO DE 19 mm 1 CARA	HOJA	0.800000	\$360.00	\$288.00	0.83%
MAT-R5000	RESISTOL 5000	LT	0.400000	\$62.00	\$24.80	0.07%
MAT-BS1	BANDA PARA SIERRA CINTA	PZA	0.030000	\$189.00	\$5.67	0.02%
MAT-AH1	ACEITE HIDRAULICO	LT	3.500000	\$60.34	\$211.19	0.61%
MAT-TCR244JHV	TUBO DE CONCRETO REFORZADO GRADO 3 CON JUNAT HERMETICA DE 244 CMS. DE DIAMETRO CON VIOLA DE ACERO	ML	1.020000	\$8,271.64	\$8,437.07	24.37%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>MATERIALES</b>				<b>\$13,083.59</b>	<b>37.80%</b>

## MANO DE OBRA

CAINFRA4	CUADRILLA 4 ( 1 AYUDANTE GENERAL)	JOR	0.714286	\$364.29	\$260.21	0.75%
CAINFRA1	CUADRILLA 1 (1 TOPOGRAFO + 2 CADENEROS)	JOR	0.153846	\$1,480.58	\$227.78	0.66%
CAINFRA7	CUADRILLA 7 (1 OF. CARPINTERO OBRA NEGRA + 1 AYUDANTE)	JOR	0.250000	\$951.28	\$237.82	0.69%
CAINFRA24	CUADRILLA 24 (1 OF. SOLDADOR + 1 AYUDANTE)	JOR	0.250000	\$981.44	\$245.36	0.71%
CAINFRA8	CUADRILLA 8 (1 OF. ESPECIALISTA + 2 AYUDANTES ESPECIALISTAS)	JOR	0.385155	\$1,442.82	\$555.71	1.61%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>MANO DE OBRA</b>				<b>\$1,526.88</b>	<b>4.42%</b>

## EQUIPO Y HERRAMIENTA

%MO-1	Herramienta	%MO	0.030000	\$1,526.88	\$45.81	0.13%
EQ075	LASER AGL GRADELIGHT ( SITEMA AUTOMATICO DE ALINEACION Y NIVELACION A BASE DE RAYO LASER AUTOMATICO )	HORA	1.500000	\$166.35	\$249.53	0.72%
EQ067	DETECTOR DE GASES INSTRUMENTO PARA LA DETECCION DEL NIVEL MINIMO DE EXPLOSIVIDAD( LEL) MONOXIDO DE CARBONO Y NIVEL MINIMO DE OXIGENO , PARA GARANTIZAR AL PERSONAL DE OPERACION EN EL ESCUDO AIRE ACEPTABLEMENTE LIMPIO PARA EL DESEMPEÑO CORRECTO DE SU ACTIVIDAD MARCA: INDUSTRIAL CIENTIFIC	HORA	1.500000	\$68.46	\$102.69	0.30%
EQ068	ESCUDO 115 DE FRENTE CERRADO	HORA	1.500000	\$2,154.65	\$3,231.98	9.34%
EQ089	UNIDAD DE POTENCIA MARCA AKKERMANN MODELO 200-100E, SERIE PP21200-04 DE 369 HP DE POTENCIA , INCLUIDO SUMINISTRO DE PRESIÓN HIDRAULICO DE 9000 PSI PARA ACCIONAMIENTO DE SISTEMA DE EMPUJE , INCLUYE CONSOLA DE OPERACIÓN MODELO MCB SERIE 21500F00, MANGUERAS DE ARRANQUE 4 LINEAS DE ALIMENTACIÓN DE ENERGIA HIDRAULICA DE 1.5" DE DIAM. , 3 CABLES DE ALIMENTACIÓN AL FRENTE DEL LA EXCAVACION PARA 380 MTS , ENERGIA ELECTRICA DE 30 MTS DE LONGITUD EN 4 HILOS CAL.4/0 PARA USO RUDO	HORA	1.500000	\$1,720.79	\$2,581.19	7.46%
EQ081	SISTEMA DE INTERCOMUNICACION ALAMBICO EN EL INTERIOR DEL TUNEL ENTRE LOS OPERARIOS DEL SISTEMA DE TUNELEO	HORA	2.260000	\$81.85	\$184.98	0.53%
EQ085	SISTEMA DE ESTACIONES INTERMEDIAS	HORA	1.500000	\$308.27	\$462.41	1.34%
EQ082	SISTEMA DE LUBRICACION INCLUYE	HORA	1.500000	\$667.14	\$1,000.71	2.89%



## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

2 de 2

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	%
	BOMBA DE BENTONITA 2250E, CABLE DE SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA , TUBO PARA INYECCIÓN DE BENTONITA DE 2" X 2.10 M X230M . MANGUERA DE 2" X50 , 23 VALVULAS DE 2" X 1" CON VALVULA DE GLOBO , VALVULA DE 2" P/BENTONITA , MANGUERA DE 2" X 4" PARA EIE FLEX MANGUERA DE 1" PARA CONEX. A TUBERIA DE CONCRETO Y TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA 4M3 CAPACIDAD NO. DE SERIE BP18000-09					
EQ083	SISTEMA DE REGAZA ( ACARREO ) , MODELO 1448C SERIE NO. HH8590-12, MARCA. AKKERMAN , INCLUYE. UNIDAD DEACRREO , VIAS DE ARRANQUE , ESTIBADOR PARA LAS VIAS, TOLVA DE ACARREO , VIAS DESLIZANTES PARA UNA LONGITUD DE HASTA 120M	HORA	2.260000	\$574.36	\$1,298.05	3.75%
EQ084	SISTEMA DE VENTILACIÓN TURBINA CON MOTOR DE 15 HP TRIFASICO , CABLE DE SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA , TUBERIA DE 3" DE PVC EN TRAMOS DE 2.50M CON COPLE , DUCTO FLEXIBLE DE ALIMENTACIÓN DE 3" X25I DEFLECTOR DE AIRE EN EL ESCUDO	HORA	1.645640	\$467.18	\$768.81	2.22%
EQ070	GENERADOR XQ350 MARCA CATERPILLAR SER. 4JKK00641	HORA	2.260000	\$1,703.22	\$3,849.28	11.12%
EQ066	CORTADORA PARA ANILLOS ASERRADORA DE BANCO PARA CORTES RADIALES DE 5 HP , PARA LA FABRICACIÓN DE SEGMENTOS DE MADERA PARA EL ACOJINAMIENTO DE LA TUBERIA EN LA APLICACIÓN DE LA FUERZA DE EMPUJE , MARCA AKKERMAN NO. DE SERIE WS8500-15	HORA	2.260000	\$188.62	\$426.28	1.23%
EQ074	GRUA 60 TON MARCA GROVE, RT760 , SERIE 72636 , TIPO TODO TERRENO CON MALACATE AUXILIAR	HORA	2.260000	\$1,478.90	\$3,342.31	9.65%
EQ044	TALADRO HILTY	HORA	2.260000	\$9.76	\$22.06	0.06%
EQ078	SISTEMA DE EMPUJE INCLUYE: 4 CILINDROS TELESCOPICOS, STAND PARA LASER DE 1600 TON. DE EMPUJE MAXIMO Y 800 TON DE EMPUJE MINIMO CORREDOR , PLACA DE APOYO Y SOSTENIMIENTO DE CILINDROS, ANILLO DE EMPUJE MOD. 720 SERIE 12108-01 Y BAHIA DE MANIOBRAS	HORA	2.260000	\$807.80	\$1,825.63	5.27%
EQ062	GRUA LINK BELT LS-180 D	HORA	0.097833	\$1,022.15	\$100.00	0.29%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>				<b>\$19,491.72</b>	<b>56.30%</b>
	<b>BASICOS</b>					
23	BOMBEO PARA DESAGÜE EN ZANJAS O CAJONES CON BOMBA DE 152 MM (6") DE DIÁMETRO	HORA	2.260000	\$228.98	\$517.49	1.49%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>BASICOS</b>				<b>\$517.49</b>	<b>1.49%</b>
<b>Costo Directo:</b>					<b>\$34,619.68</b>	
<b>INDIRECTOS</b>			<b>16.06%</b>		<b>\$5,559.92</b>	
<b>SUMA (CD+CI)</b>					<b>\$40,179.60</b>	
<b>FINANCIAMIENTO</b>			<b>0.05%</b>		<b>\$20.09</b>	
<b>SUMA (CD+CI+CF)</b>					<b>\$40,199.69</b>	
<b>UTILIDAD BRUTA</b>			<b>11.52%</b>		<b>\$4,631.00</b>	
<b>CARGOS ADICIONALES</b>			<b>0.5%</b>		<b>\$173.10</b>	
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>\$45,003.79</b>	
	(* CUARENTA Y CINCO MIL TRES PESOS 79/100 M.N. *)					





## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	%
Partida:	A					
Análisis:	CC15	PZA				
CHIMENEA DE MURO SDE TABIQUE ROJO RECOCIDO DE 28 CM DE ESPESOR, DESPLANTADA SOBRE LOSA DE ESTRUCTURA, DE 1.00 M DE PROFUNDIDAD, ASENTADO Y APLANADO CON MORTERO CEMENTO ARENA 1:4, INCLUYE: JORNALOS DIURNOS, JORNALOS MIXTOS, JORNALOS NOCTURNOS, SUMINISTRO DE MATERIALES PUESTOS EN EL SITIO DE LOS TRABAJOS, ANDAMIOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.						
<b>MATERIALES</b>						
MAT-BRC1	Brocal y tapa de FoFo tipo pesado	PZA	1.000000	\$2,100.00	\$2,100.00	44.75%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>MATERIALES</b>				<b>\$2,100.00</b>	<b>44.75%</b>
<b>BASICOS</b>						
BAS-PV1M	POZO DE VISITA DE 1M DE ALTURA, CON DIAMETO INTERIOR SUPERIOR DE 60 CM Y DIAMETRO INTERIOR INFERIOR DE 1.20 M. SIN DESPLANTE	PZA	1.000000	\$2,592.50	\$2,592.50	55.25%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>BASICOS</b>				<b>\$2,592.50</b>	<b>55.25%</b>
<b>Costo Directo:</b>					<b>\$4,692.50</b>	
<b>INDIRECTOS</b>		16.06%			\$753.62	
<b>SUMA (CD+CI)</b>					<b>\$5,446.12</b>	
<b>FINANCIAMIENTO</b>		0.05%			\$2.72	
<b>SUMA (CD+CI+CF)</b>					<b>\$5,448.84</b>	
<b>UTILIDAD BRUTA</b>		11.52%			\$627.71	
<b>CARGOS ADICIONALES</b>		0.5%			\$23.46	
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>\$6,100.01</b>	
(* SEIS MIL CIEEN PESOS 01/100 M.N. *)						

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	%
Partida:	A					
Análisis:	CC16	PZA				
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE SEÑAL RESTRICTIVA DE 45X60 CM, FABRICADA CON LÁMINA GALVANIZADA CALIBRE 16, REFLEJANTE ALTA INTENSIDAD, FONDO EN VINIL, SIN POSTE.						
<b>MATERIALES</b>						
SEÑ-REST45	SEÑAL RESTRICTIVA DE 45 X 60 CM	PZA	1.000000	\$610.00	\$610.00	70.50%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>MATERIALES</b>				<b>\$610.00</b>	<b>70.50%</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						
CAINFRA8	CUADRILLA 8 (1 OF. ESPECIALISTA + 2 AYUDANTES ESPECIALISTAS)	JOR	0.169903	\$1,442.82	\$245.14	28.33%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>MANO DE OBRA</b>				<b>\$245.14</b>	<b>28.33%</b>
<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>						
%MO-1	Herramienta	%MO	0.030000	\$245.14	\$7.35	0.85%
EQ007	CAMIONETA DE 3 1/2 TON REDILLAS	HORA	0.010000	\$269.87	\$2.70	0.31%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>				<b>\$10.05</b>	<b>1.16%</b>
<b>Costo Directo:</b>					<b>\$865.19</b>	
<b>INDIRECTOS</b>		16.06%			\$138.95	
<b>SUMA (CD+CI)</b>					<b>\$1,004.14</b>	
<b>FINANCIAMIENTO</b>		0.05%			\$0.50	
<b>SUMA (CD+CI+CF)</b>					<b>\$1,004.64</b>	
<b>UTILIDAD BRUTA</b>		11.52%			\$115.73	
<b>CARGOS ADICIONALES</b>		0.5%			\$4.33	
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>\$1,124.70</b>	
(* UN MIL CIENTO VEINTICUATRO PESOS 70/100 M.N. *)						

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	%
Partida:	A					
Análisis:	CC17	PZA				
INCREMENTO DE CHIMENEA DE MURO DE TABIQUE ROJO RECOCIDO DE 28 CM DE ESPESOR, DE 0.25 M DE PROFUNDIDAD, ASENTADO Y APLANADO CON MORTERO CEMENTO ARENA 1:4, INCLUYE: JORNALOS DIURNOS, JORNALOS MIXTOS, JORNALOS NOCTURNOS, SUMINISTRO DE MATERIALES PUESTOS EN EL SITIO DE LOS TRABAJOS, ANDAMIOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.						
<b>BASICOS</b>						
BAS-IPV25	INCREMENTO DE 25 CM PARA POZO DE VISITA	PZA	1.000000	\$477.07	\$477.07	100.00%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>BASICOS</b>				<b>\$477.07</b>	<b>100.00%</b>
<b>Costo Directo:</b>					<b>\$477.07</b>	
<b>INDIRECTOS</b>		16.06%			\$76.62	
<b>SUMA (CD+CI)</b>					<b>\$553.69</b>	
<b>FINANCIAMIENTO</b>		0.05%			\$0.28	
<b>SUMA (CD+CI+CF)</b>					<b>\$553.97</b>	
<b>UTILIDAD BRUTA</b>		11.52%			\$63.82	
<b>CARGOS ADICIONALES</b>		0.5%			\$2.39	
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>\$620.18</b>	
(* SEISCIENTOS VEINTE PESOS 18/100 M.N. *)						



## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	%
Partida:	A					
Análisis:	CC18	M3				
RELLENO DE ZANJA CON MATERIAL PROVENIENTE DE BANCO (TEPETATE) COMPACTADO AL 95% PROCTOR CON RODILLO VIBRATORIO. INCLUYE ACARREO LIBRE HASTA 20 M. INCORPORACIÓN DE AGUA, MEDIDO COMPACTO.						
<b>MATERIALES</b>						
MAT-AG	AGUA ( MANEJO)	M3	0.125000	\$35.00	\$4.38	1.78%
MAT-TEP	TEPETATE	M3	1.300000	\$80.00	\$104.00	42.35%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>MATERIALES</b>				<b>\$108.38</b>	<b>44.13%</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						
CAINFRA5	CUADRILLA 5 (2 AYUDANTES GENERALES)	JOR	0.099277	\$728.57	\$72.33	29.45%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>MANO DE OBRA</b>				<b>\$72.33</b>	<b>29.45%</b>
<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>						
EQ006	CAMIÓN PIPA	HORA	0.007840	\$389.39	\$3.05	1.24%
%MO-1	Herramienta	%MO	0.030000	\$72.33	\$2.17	0.88%
EQ002	APIZONADOR DE IMPACTO TIPO BAILARINA MCA	HORA	0.888889	\$67.09	\$59.64	24.29%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>				<b>\$64.86</b>	<b>26.41%</b>
<b>Costo Directo:</b>					<b>\$245.57</b>	
<b>INDIRECTOS</b>		<b>16.06%</b>			<b>\$39.44</b>	
<b>SUMA (CD+CI)</b>					<b>\$285.01</b>	
<b>FINANCIAMIENTO</b>		<b>0.05%</b>			<b>\$0.14</b>	
<b>SUMA (CD+CI+CF)</b>					<b>\$285.15</b>	
<b>UTILIDAD BRUTA</b>		<b>11.52%</b>			<b>\$32.85</b>	
<b>CARGOS ADICIONALES</b>		<b>0.5%</b>			<b>\$1.23</b>	
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>\$319.23</b>	
(* TRESCIENTOS DIECINUEVE PESOS 23/100 M.N. *)						

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	%
Partida:	A					
Análisis:	CC19	M2				
LIMPIEZA GENERAL DE LA OBRA, INCLUYE MANO DE OBRA Y HERRAMIENTA NECESARIA PARA SU DESARROLLO						
<b>MATERIALES</b>						
MAT-EC	ESCOBA TIPO CEPILLO	PZA	0.002222	\$26.40	\$0.06	0.97%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>MATERIALES</b>				<b>\$0.06</b>	<b>0.97%</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						
CAINFRA4	CUADRILLA 4 ( 1 AYUDANTE GENERAL)	JOR	0.004090	\$364.29	\$1.49	24.03%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>MANO DE OBRA</b>				<b>\$1.49</b>	<b>24.03%</b>
<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>						
%MO-1	Herramienta	%MO	0.030000	\$1.49	\$0.04	0.65%
EQ023	BARREDORA AUTOPROPULSORA	HORA	0.005618	\$279.68	\$1.57	25.32%
EQ005	CAMIÓN VOLTEO DE 7 M3	HORA	0.006667	\$455.85	\$3.04	49.03%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>				<b>\$4.65</b>	<b>75.00%</b>
<b>Costo Directo:</b>					<b>\$6.20</b>	
<b>INDIRECTOS</b>		<b>16.06%</b>			<b>\$1.00</b>	
<b>SUMA (CD+CI)</b>					<b>\$7.20</b>	
<b>FINANCIAMIENTO</b>		<b>0.05%</b>			<b>\$0.00</b>	
<b>SUMA (CD+CI+CF)</b>					<b>\$7.20</b>	
<b>UTILIDAD BRUTA</b>		<b>11.52%</b>			<b>\$0.83</b>	
<b>CARGOS ADICIONALES</b>		<b>0.5%</b>			<b>\$0.03</b>	
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>\$8.06</b>	
(* OCHO PESOS 06/100 M.N. *)						

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	%
Partida: A						
Análisis: CC21			PZA			
ELABORACIÓN E INTEGRACIÓN DE EXPEDIENTE TÉCNICO ENTREGA RECEPCIÓN EN ORIGINAL Y TRES COPIAS, EL CUAL DEBERÁ CONTAR LA SIGUIENTE DOCUMENTACIÓN : 1.- SOLICITUD DE RECEPCIÓN POR PARTE DE LA EMPRESA 2.- CROQUIS DE LOCALIZACIÓN 3.- DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS EJECUTADOS. 4.- ALBUM FOTOGRÁFICO (A COLOR). 5.- PLANOS DE OBRA TERMINADA (AVALADOS POR LA RESIDENCIA DE CONSTRUCCIÓN). 6.- CONCENTRADO DE ESTIMACIONES (INCLUYENDO FINIQUITO AVALADO POR LA RESIDENCIA) 7.- BALANCE DE MATERIALES (AVALADO POR LA RESIDENCIA DE CONSTRUCCIÓN). INCLUYE LA ENTREGA DE TODA LA DOCUMENTACIÓN EN IGUAL NUMERO DE COPIAS EN RESPALDO ELECTRONICO.						
<b>MATERIALES</b>						
MAT-ETER	EXPEDIENTE TECNICO DE ENTREGA RECEPCIÓN	LOTE	1.000000	\$6,000.00	\$6,000.00	100.00%
<b>SUBTOTAL: MATERIALES</b>					<b>\$6,000.00</b>	<b>100.00%</b>
<b>Costo Directo:</b>					<b>\$6,000.00</b>	
<b>INDIRECTOS</b>			16.06%		\$963.60	
<b>SUMA (CD+CI)</b>					\$6,963.60	
<b>FINANCIAMIENTO</b>			0.05%		\$3.48	
<b>SUMA (CD+CI+CF)</b>					\$6,967.08	
<b>UTILIDAD BRUTA</b>			11.52%		\$802.61	
<b>CARGOS ADICIONALES</b>			0.5%		\$30.00	
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>\$7,799.69</b>	
(* SIETE MIL SETECIENTOS NOVENTA Y NUEVE PESOS 69/100 M.N. *)						

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	%
Partida: A						
Análisis: CC20			PZA			
SUMINISTRO, FABRICACIÓN Y COLOCACIÓN DE LETRERO ESPECTACULAR DE 5.0 M X 3.0 M A BASE DE 5 CHAROLAS DE 1.0 M X 3.0 M DE LÁMINA GALVANIZADA CALIBRE 24 SOLDADAS, 4 VIGAS IPR DE 8" X 4" X 12 M CADA UNO, ÁNGULO DE 1" X 1/4" PARA CONTRAVENTE, 2 CANALETAS DE 2" X 4" X 6.0 M CALIBRE 14, INCLUYE: ROTULACIÓN (SEGÚN ESPECIFICACIÓN) MATERIALES, EQUIPO, HERRAMIENTA, MONTAJE Y MANO DE OBRA, ASI COMO EXCAVACIONES EN CUALQUIER TIPO DE MATERIAL, MUERTOS DE CONCRETO F'C=150 KG/CM², PINTURA DE ESMALTE EN TODA LA ESTRUCTURA (MEDIO IMPACTO).						
<b>MATERIALES</b>						
MAT-LICGV	SUMINISTRO, FABRICACIÓN Y COLOCACIÓN DE LETRERO ESPECTACULAR DE 5.0 M X 3.0 M A BASE DE 5 CHAROLAS DE 1.0 M X 3.0 M DE LÁMINA GALVANIZADA CALIBRE 24 SOLDADAS, 4 VIGAS IPR DE 8" X 4" X 12 M CADA UNO, ÁNGULO DE 1" X 1/4" PARA CONTRAVENTE, 2 CANALETAS DE 2" X 4" X 6.0 M CALIBRE 14, INCLUYE: ROTULACIÓN SEGÚN ESPECIFICACIÓN, PINTURA DE ESMALTE EN TODA LA ESTRUCTURA (MEDIO IMPACTO).	PZA	1.000000	\$4,650.00	\$4,650.00	92.74%
<b>SUBTOTAL: MATERIALES</b>					<b>\$4,650.00</b>	<b>92.74%</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						
CAINFRA4	CUADRILLA 4 ( 1 AYUDANTE GENERAL)	JOR	0.040000	\$364.29	\$14.57	0.29%
CAINFRA2	CUADRILLA 2 (1 OFICIAL ALBAÑIL + 1 AYUDANTE)	JOR	0.125000	\$855.83	\$106.98	2.13%
CAINFRA8	CUADRILLA 8 (1 OF. ESPECIALISTA + 2 AYUDANTES ESPECIALISTAS)	JOR	0.129067	\$1,442.82	\$186.22	3.71%
<b>SUBTOTAL: MANO DE OBRA</b>					<b>\$307.77</b>	<b>6.13%</b>
<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>						
%MO-1	Herramienta	%MO	0.030000	\$307.77	\$9.23	0.18%
<b>SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>					<b>\$9.23</b>	<b>0.18%</b>
<b>BASICOS</b>						
CHO-150	CONCRETO HECHO EN OBRA F'C=150 KG/CM2, RESISTENCIA NORMAL, AGREGADO MAXIMO 3/4"	M3	0.042000	\$948.31	\$39.83	0.79%
BAS-C1KMD	CARGA Y ACARREO A 1ER KM DE MATERIAL PRODUCTO DE LAS DEMOLICIONES	M3	0.042000	\$62.63	\$2.63	0.05%
BAS-KMS	ACARREO KOLOMETRS SUBCUENTE AL PRIMERO DE MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVIONES Y LIMPIEZAS	M3/KM	0.588000	\$7.60	\$4.47	0.09%
<b>SUBTOTAL: BASICOS</b>					<b>\$46.93</b>	<b>0.93%</b>
<b>Costo Directo:</b>					<b>\$5,013.93</b>	
<b>INDIRECTOS</b>			16.06%		\$805.24	
<b>SUMA (CD+CI)</b>					\$5,819.17	
<b>FINANCIAMIENTO</b>			0.05%		\$2.91	
<b>SUMA (CD+CI+CF)</b>					\$5,822.08	
<b>UTILIDAD BRUTA</b>			11.52%		\$670.70	
<b>CARGOS ADICIONALES</b>			0.5%		\$25.07	
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>\$6,517.85</b>	
(* SEIS MIL QUINIENTOS DIECISIETE PESOS 85/100 M.N. *)						



## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	%
Partida:	A					
Análisis:	CC22		M3			
BACHEO CON MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE EN ZONA DE LOS TRABAJOS CON UN ESPESOR DE 10 CM. INCLUYE: ACARREO DE MEZCLA ASFALTICA, RIEGO DE LIGA, RIEGO DE IMPREGNACION, EXTENDIDO Y COMPACTADO DE CONCRETO ASFALTICO, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.						
<b>MATERIALES</b>						
MAT-ACASF1	ACARREO DE MEZCLA ASFALTICA AL SITIO DE LOS TRABAJOS	TN-KM	18.181818	\$3.50	\$63.64	2.80%
MAT-CASF-MOD	CONCRETO ASFALTICO ECHO EN PLANTA EN CALIENTE CON CEMENTO ASFALTICO AC-20, TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO 3/4"	TON	2.200000	\$857.00	\$1,885.40	83.00%
<b>SUBTOTAL: MATERIALES</b>					<b>\$1,949.04</b>	<b>85.80%</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						
CAINFRA8	CUADRILLA 8 (1 OF. ESPECIALISTA + 2 AYUDANTES ESPECIALISTAS)	JOR	0.113873	\$1,442.82	\$164.30	7.23%
<b>SUBTOTAL: MANO DE OBRA</b>					<b>\$164.30</b>	<b>7.23%</b>
<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>						
EQ061	EXCAVADORA CAT 325DL	HORA	0.080134	\$1,009.17	\$80.87	3.56%
EQ063	COMPACTADOR DE NEUMATICOS DYNAPAC CP132 100 HP 4 TON	HORA	0.141561	\$301.58	\$42.69	1.88%
EQ005	CAMIÓN VOLTEO DE 7 M3	HORA	0.071910	\$455.85	\$32.78	1.44%
<b>SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>					<b>\$156.34</b>	<b>6.88%</b>
<b>BASICOS</b>						
RIEGO-LIGA	RIEGO DE LIGA CON EMULSIÓN ASFALTICA	LT	0.150000	\$8.82	\$1.32	0.06%
RIEGO-IMPREG	RIEGO DE IMPREGNACIÓN CON EMULSIÓN ASFALTICA	LT	0.080000	\$7.82	\$0.63	0.03%
<b>SUBTOTAL: BASICOS</b>					<b>\$1.95</b>	<b>0.09%</b>
<b>Costo Directo:</b>					<b>\$2,271.63</b>	
<b>INDIRECTOS</b>			<b>16.06%</b>		<b>\$364.82</b>	
<b>SUMA (CD+CI)</b>					<b>\$2,636.45</b>	
<b>FINANCIAMIENTO</b>			<b>0.05%</b>		<b>\$1.32</b>	
<b>SUMA (CD+CI+CF)</b>					<b>\$2,637.77</b>	
<b>UTILIDAD BRUTA</b>			<b>11.52%</b>		<b>\$303.87</b>	
<b>CARGOS ADICIONALES</b>			<b>0.5%</b>		<b>\$11.36</b>	
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>\$2,953.00</b>	
(* DOS MIL NOVECIENTOS CINCUENTA Y TRES PESOS 00/100 M.N. *)						

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	%
Partida:	A					
Análisis:	E01		ML			
PERFORACION DE 12" DE DIAMETRO PARA INSTALAR SISTEMA DE BOMBEO EYECTOR, EL PRECIO INCLUYE; MATERIALES DE CONSUMO, MANO DE OBRA HERRAMIENTA DE MANO Y EQUIPO						
<b>MATERIALES</b>						
MAT-BARR-PERF	BARRA DE PERFORACION DE 12"	ML	0.006039	\$2,596.49	\$15.68	3.62%
MAT-BROC-ALETAS	BROCA DE ALETAS	PZA	0.003289	\$6,792.00	\$22.34	5.16%
MAT-CABLE IW8	CABLE IW 8	ML	0.382720	\$6.25	\$2.39	0.55%
MAT-INT-60	INTERRUPTOR DE FUSIBLES DE 60 AMP	PZA/USO	0.001839	\$300.15	\$0.55	0.13%
MAT-MANG AP1	MANGUERA AP 1"	ML	0.114977	\$202.64	\$23.30	5.38%
MAT-MANG-SUCC	MANGUERA DE SUCCION	ML	0.000378	\$212.85	\$0.08	0.02%
MAT-AG	AGUA ( MANEJO)	M3	0.057500	\$35.00	\$2.01	0.46%
<b>SUBTOTAL: MATERIALES</b>					<b>\$66.35</b>	<b>15.32%</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						
CAINFRA8	CUADRILLA 8 (1 OF. ESPECIALISTA + 2 AYUDANTES ESPECIALISTAS)	JOR	0.033996	\$1,442.82	\$49.05	11.33%
<b>SUBTOTAL: MANO DE OBRA</b>					<b>\$49.05</b>	<b>11.33%</b>
<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>						
%MO-1	Herramienta	%MO	0.030000	\$49.05	\$1.47	0.34%
EQ108	GENERADOR MARCA MQ. POWER CORP; MOD DCA85SSK, SER 362458	HORA	0.363640	\$172.08	\$62.58	14.46%
EQ109	PERFORADORA LONG - YEAR	HORA	0.363640	\$504.02	\$183.28	42.35%
EQ-110	BOMBA MOYNO 3L6	HORA	0.363640	\$52.46	\$19.08	4.41%
<b>SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>					<b>\$266.41</b>	<b>61.56%</b>
<b>BASICOS</b>						
BAS-MOV-INT	MOVIMIENTOS INTERNOS Y EXTERNOS DE EQ	Y ML	1.000000	\$51.01	\$51.01	11.79%
<b>SUBTOTAL: BASICOS</b>					<b>\$51.01</b>	<b>11.79%</b>
<b>Costo Directo:</b>					<b>\$432.82</b>	
<b>INDIRECTOS</b>			<b>16.06%</b>		<b>\$69.51</b>	
<b>SUMA (CD+CI)</b>					<b>\$502.33</b>	
<b>FINANCIAMIENTO</b>			<b>0.05%</b>		<b>\$0.25</b>	
<b>SUMA (CD+CI+CF)</b>					<b>\$502.58</b>	
<b>UTILIDAD BRUTA</b>			<b>11.52%</b>		<b>\$57.90</b>	
<b>CARGOS ADICIONALES</b>			<b>0.5%</b>		<b>\$2.16</b>	
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>\$562.64</b>	
(* QUINIENTOS SESENTA Y DOS PESOS 64/100 M.N. *)						





## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	%
Partida:	A					
Análisis:	E02 SISTEMA					
SISTEMA DE HABILITADO Y SISTEMA DE DESHABILITADO DE BOMBEO EYECTOR, EL PRECIO INCLUYE; EL HABILITADO Y DESHABILITADO PARA CADA DE LOS MATERIALES QUE CONFORMAN EL SISTEMA DE BOMBEO, MANO DE OBRA Y HERRAMIENTA DE MANO						
<b>MATERIALES</b>						
MAT-ARRNC-TER	ARRANCADOR TERMOMAGNETICO DE 10 AMP A 440 VCA	PZA	0.100000	\$4,100.10	\$410.01	4.22%
MAT-ARC18	ALAMBRE RECOCIDO CALIBRE 18.	KG	7.500000	\$12.06	\$90.45	0.93%
MAT-CAB-THW12	CABLE THW No. 12	ML	12.000000	\$4.62	\$55.44	0.57%
MAT-CODO-GALV 1	CODO GALVANIZADO DE 1"	PZA	1.000000	\$9.22	\$9.22	0.09%
MAT-CODO-GALV 1 1/4	CODO GALVANIZADO DE 1 1/4"	PZA	1.000000	\$14.66	\$14.66	0.15%
MAT-COPLE-GALV 1 1/4	COPE GALVANIZADO DE 1 1/4"	PZA	1.000000	\$16.85	\$16.85	0.17%
MAT-COPLE-GALV 2	COPE GALVANIZADO DE 2"	PZA	1.000000	\$28.85	\$28.85	0.30%
MAT-NIPLE-GALV 1"	NIPLE GALVANIZADO DE 1"	PZA	1.000000	\$7.75	\$7.75	0.08%
MAT-NIPLE-GALV 1 1/4	NIPLE GALVANIZADO DE 1 1/4"	PZA	1.000000	\$9.85	\$9.85	0.10%
MAT-PUNTA-EYECT	PUNTAS EYECTORAS	PZA	2.000000	\$363.15	\$726.30	7.48%
MAT-FUSIBLES	FUSIBLES	PZA	0.200000	\$13.15	\$2.63	0.03%
MAT-INT-FUSIBLES	INTERRUPTOR DE FUSIBLES	PZA	0.200000	\$300.15	\$60.03	0.62%
MAT-MANG 1 1/4	MANGUERA DE 1 1/4"	ML	12.000000	\$105.25	\$1,263.00	13.00%
MAT-MANG 1	MANGUERA DE 1"	ML	12.000000	\$73.50	\$882.00	9.08%
MAT-MANG 2	MANGUERA DE 2"	ML	6.000000	\$145.00	\$870.00	8.95%
MAT-TAB-CNTL	TABLERO DE CONTROL	PZA	1.000000	\$169.75	\$169.75	1.75%
MAT-PICH 1 1/4	VALVULA PICHANCHA DE 1 1/4"	PZA	1.000000	\$59.50	\$59.50	0.61%
MAT-TUB-GALV 1	TUBO GALVANIZADO DE 1"	ML	4.800000	\$21.88	\$105.02	1.08%
MAT-TUB-GALV 1 1/4	TUBO GALVANIZADO DE 1 1/4"	ML	4.800000	\$26.90	\$129.12	1.33%
MAT-VALV 1 1/4	VALVULA DE ESFERA DE 1 1/4"	PZA	0.600000	\$90.85	\$54.51	0.56%
MAT-VALV 1	VALVULA DE ESFERA DE 1"	PZA	0.600000	\$76.57	\$45.94	0.47%
MAT-VALV 2	VALVULA DE ESFERA DE 2"	PZA	0.600000	\$131.76	\$79.06	0.81%
MAT-TANQUE AGUA	TANQUE DE AGUA CON CAPACIDAD DE 5M3	PZA	0.010000	\$6,640.00	\$66.40	0.68%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>MATERIALES</b>				<b>\$5,156.34</b>	<b>53.06%</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						
CAINFRA8	CUADRILLA 8 (1 OF. ESPECIALISTA + 2 AYUDANTES ESPECIALISTAS)	JOR	2.200000	\$1,442.82	\$3,174.20	32.67%
CAINFRA5	CUADRILLA 5 (2 AYUDANTES GENERALES)	JOR	1.000000	\$728.57	\$728.57	7.50%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>MANO DE OBRA</b>				<b>\$3,902.77</b>	<b>40.17%</b>
<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>						
%MO-1	Herramienta	%MO	0.030000	\$3,902.77	\$117.08	1.21%
EQ007	CAMIONETA DE 3 1/2 TON REDILLAS	HORA	2.000000	\$269.87	\$539.74	5.56%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>				<b>\$656.82</b>	<b>6.77%</b>
<b>Costo Directo:</b>					<b>\$9,715.93</b>	
<b>INDIRECTOS</b>			<b>16.06%</b>		<b>\$1,560.38</b>	
<b>SUMA (CD+CI)</b>					<b>\$11,276.31</b>	
<b>FINANCIAMIENTO</b>			<b>0.05%</b>		<b>\$5.64</b>	
<b>SUMA (CD+CI+CF)</b>					<b>\$11,281.95</b>	
<b>UTILIDAD BRUTA</b>			<b>11.52%</b>		<b>\$1,299.68</b>	
<b>CARGOS ADICIONALES</b>			<b>0.5%</b>		<b>\$48.58</b>	
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>\$12,630.21</b>	
(* DOCE MIL SEISCIENTOS TREINTA PESOS 21/100 M.N. *)						



## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	%
Partida:	A					
Análisis:	E03	ML				
HABILITADO DE POZO PARA BOMBEO EYECTOR, A BASE DE TUBO RANURADO DE PVC DE 4" DE DIAMETRO, MNALLA GEOTEXTIL Y FILTRO DE ARENA Y GRAVILLA; EL PRECIO INCLUYE HABILITADO DE POZO DE BOMBEO EYECTOR, INSTALACION EN PERFORACION Y RELLENO DEL ESPACIO ANULAR						
<b>MATERIALES</b>						
MAT-COP PVC 4	COPLE DE PVC DE 4"	PZA	1.000000	\$70.00	\$70.00	17.21%
MAT-DISC-DEBASTE	DISCO DE DEBASTE	PZA	0.040000	\$42.50	\$1.70	0.42%
MAT-GR	GRAVA	M3	0.648600	\$143.67	\$93.18	22.91%
MAT-GTX280	MALLA GEOTEXTIL DE 280 GR/M2	ML	1.100000	\$7.00	\$7.70	1.89%
MAT-PEG-PVC	PEGAMENTO PARA PVC 1 LITRO	LITRO	0.100000	\$98.00	\$9.80	2.41%
MAT-TAPON-PVC 4	TAPON DE PVC DE 4"	PZA	1.000000	\$70.00	\$70.00	17.21%
MAT-TUBOPVC-RAN 4	TUBO DE PVC RANURADO DE 4"	ML	1.050000	\$105.00	\$110.25	27.11%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>MATERIALES</b>				<b>\$362.63</b>	<b>89.16%</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						
CAINFRA8	CUADRILLA 8 (1 OF. ESPECIALISTA + 2 AYUDANTES ESPECIALISTAS)	JOR	0.025499	\$1,442.82	\$36.79	9.05%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>MANO DE OBRA</b>				<b>\$36.79</b>	<b>9.05%</b>
<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>						
%MO-1	Herramienta	%MO	0.030000	\$36.79	\$1.10	0.27%
EQ007	CAMIONETA DE 3 1/2 TON REDILLAS	HORA	0.022730	\$269.87	\$6.13	1.51%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>				<b>\$7.23</b>	<b>1.78%</b>
<b>Costo Directo:</b>					<b>\$406.65</b>	
<b>INDIRECTOS</b>			<b>16.06%</b>		<b>\$65.31</b>	
<b>SUMA (CD+CI)</b>					<b>\$471.96</b>	
<b>FINANCIAMIENTO</b>			<b>0.05%</b>		<b>\$0.24</b>	
<b>SUMA (CD+CI+CF)</b>					<b>\$472.20</b>	
<b>UTILIDAD BRUTA</b>			<b>11.52%</b>		<b>\$54.40</b>	
<b>CARGOS ADICIONALES</b>			<b>0.5%</b>		<b>\$2.03</b>	
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>\$528.63</b>	
(* QUINIENTOS VEINTIOCHO PESOS 63/100 M.N. *)						

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	%
Partida:	A					
Análisis:	E04	HORA				
OPERACION Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE BOMBEO EYECTOR DURANTE EL PERIODO DE EJECUCION DE LOS TRABAJOS; EL PRECIO INCLUYE MANO DE OBRA, HERRAMIENTA DE MANO Y EQUIPO PARA EL BUEN FUNCIONAMIENT						
<b>MANO DE OBRA</b>						
CAINFRA12	CUADRILLA 12 (1 OF. ELECTICISTA Y 1 AYTE. ELECTRICISTA)	JOR	0.127501	\$885.40	\$112.89	26.11%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>MANO DE OBRA</b>				<b>\$112.89</b>	<b>26.11%</b>
<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>						
%MO-1	Herramienta	%MO	0.030000	\$112.89	\$3.39	0.78%
EQ111	BOMBA HORIZONTAL DE 1" Y 1 1/4"	HORA	4.000000	\$22.99	\$91.96	21.27%
EQ112	COMPRESOR MARCA GARDEN DENVER MODELO 375 MOTOR DIESEL CAP 105 HP	HORA	0.200000	\$260.26	\$52.05	12.04%
EQ108	GENERADOR MARCA MQ. POWER CORP; MOD DCA85SSK, SER 362458	HORA	1.000000	\$172.08	\$172.08	39.80%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>				<b>\$319.48</b>	<b>73.89%</b>
<b>Costo Directo:</b>					<b>\$432.37</b>	
<b>INDIRECTOS</b>			<b>16.06%</b>		<b>\$69.44</b>	
<b>SUMA (CD+CI)</b>					<b>\$501.81</b>	
<b>FINANCIAMIENTO</b>			<b>0.05%</b>		<b>\$0.25</b>	
<b>SUMA (CD+CI+CF)</b>					<b>\$502.06</b>	
<b>UTILIDAD BRUTA</b>			<b>11.52%</b>		<b>\$57.84</b>	
<b>CARGOS ADICIONALES</b>			<b>0.5%</b>		<b>\$2.16</b>	
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>\$562.06</b>	
(* QUINIENTOS SESENTA Y DOS PESOS 06/100 M.N. *)						





## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	%
Partida:	A					
Análisis:	E06		PZA			
PORTAL DE ENTRADA PARA MAQUINARIA DE TUNELEO, EL PRECIO INCLUYE: MATERIALES DE CONSUMO, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO						
<b>MATERIALES</b>						
MAT-PLACA AC 1/4	PLACA DE ACERO DE 1/4" DE ESPESOR	KG	70.220000	\$10.92	\$766.80	0.69%
MAT-PLACA AC 1	PLACA DE ACERO DE 1" DE ESPESOR	KG	1,482.520000	\$10.92	\$16,189.12	14.64%
MAT-ANILL-NEOP	ANILLO DE NEOPRENO PARA 2.90 M DE DIAM	PZA	1.000000	\$20,703.75	\$20,703.75	18.72%
MAT-ESPARR	SEGMENTOS DE ESPARRAGO DE 0.15 M DE LON	PZA	65.000000	\$12.30	\$799.50	0.72%
SOLD-7018	SOLDADURA 7018	KG	11.000000	\$32.00	\$352.00	0.32%
MAT-T5/8	TUERCA DE 5/8"	PZA	65.000000	\$2.50	\$162.50	0.15%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>MATERIALES</b>				<b>\$38,973.67</b>	<b>35.24%</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						
CAINFRA24	CUADRILLA 24 (1 OF. SOLDADOR + 1 AYUDANTE)	JOR	3.000000	\$981.44	\$2,944.32	2.66%
CAINFRA1	CUADRILLA 1 (1 TOPOGRAFO + 2 CADENEROS)	JOR	0.333333	\$1,480.58	\$493.53	0.45%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>MANO DE OBRA</b>				<b>\$3,437.85</b>	<b>3.11%</b>
<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>						
EQ021	SOLDADORA DE ARCO ELECTRICO A GASOLINA DE 71 HP	HORA	8.000000	\$127.60	\$1,020.80	0.92%
EQ009	EQUIPO DE CORTE OXI-ACETILENO	HORA	4.000000	\$276.25	\$1,105.00	1.00%
EQ073	GRUA 45 TON MARCA GROVE : MOD. RT745, SERIE NO. 71997 , TIPO TODO TERRENO CON MALACATE AUXILIAR	HORA	4.000000	\$1,346.91	\$5,387.64	4.87%
EQ113	NIVEL PARA MEDICION MCA. STL MOD DS2410	HORA	8.000000	\$5.36	\$42.88	0.04%
EQ030	ESTACIÓN TOTAL	HORA	0.733333	\$14.95	\$10.96	0.01%
EQ113	NIVEL PARA MEDICION MCA. STL MOD DS2410	HORA	2.800000	\$5.36	\$15.01	0.01%
EQ071	GRILLETE DE ACCIONAMIENTO REMOTO	HORA	0.888889	\$138.62	\$123.22	0.11%
EQ072	GRUA 25 TON TODO TERRENO KATO	HORA	5.200000	\$762.77	\$3,966.40	3.59%
EQ076	MARTINETE VIBRO-HINCA/EXTRACTOR	HORA	1.107979	\$1,296.55	\$1,436.55	1.30%
%MO-1	Herramienta	%MO	0.030000	\$3,437.85	\$103.14	0.09%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>				<b>\$13,211.60</b>	<b>11.94%</b>
<b>BASICOS</b>						
BAS-TEAZ-19	TABLA ESTACA METALICA	KG/USO	3,571.340000	\$14.05	\$50,177.33	45.37%
BAS-SUELO CEM	SUELO CEMENTO PARA RELLENO DE	M3	10.370000	\$462.24	\$4,793.43	4.33%
CAINFRA5	CUADRILLA 5 (2 AYUDANTES GENERALES)	JOR	1.000000	\$728.57	\$728.57	7.50%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>MANO DE OBRA</b>				<b>\$3,902.77</b>	<b>40.17%</b>
<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>						
%MO-1	Herramienta	%MO	0.030000	\$3,902.77	\$117.08	1.21%
EQ007	CAMIONETA DE 3 1/2 TON REDILLAS	HORA	2.000000	\$269.87	\$539.74	5.56%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>				<b>\$656.82</b>	<b>6.77%</b>
<b>Costo Directo:</b>					<b>\$9,715.93</b>	
<b>INDIRECTOS</b>		<b>16.06%</b>			<b>\$1,560.38</b>	
<b>SUMA (CD+CI)</b>					<b>\$11,276.31</b>	
<b>FINANCIAMIENTO</b>		<b>0.05%</b>			<b>\$5.64</b>	
<b>SUMA (CD+CI+CF)</b>					<b>\$11,281.95</b>	
<b>UTILIDAD BRUTA</b>		<b>11.52%</b>			<b>\$1,299.68</b>	
<b>CARGOS ADICIONALES</b>		<b>0.5%</b>			<b>\$48.58</b>	
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>\$12,630.21</b>	
(* DOCE MIL SEISCIENTOS TREINTA PESOS 21/100 M.N. *)						



## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	%
--------	----------	--------	----------	-------	---------	---

Partida: A

Análisis: E07 PZA

CAJA 01 DE CONCRETO REFORZADO PARA TUBERIA DE 244 CM; EL PRECIO INCLUYE: LOSA DE FONDO, MUROS Y LOSA TECHO A BASE DE CONCRETO PREMEZCLADO F'C=250KG/CM2, AGREGADO TRITURADO MAX 3/4", IMPERMEABILIZANTE INTEGRAL FESTERGRAL, SIKAFLEX, BANDA DE PVC DE 6", SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACERO DE REFUERZO (F'Y=4200 KG/CM2), CIMBRA DE MADERA PARA ACABADOS NO APARENTES EN MUROS, EN CIMENTACIONES, LOSAS, TRABES Y DALAS, SUMINISTRO Y COLOCACION DE CONCRETO PREMEZCALADO DE F'C=100 KG/CM2 PARA MEDIA CAÑA Y PLANTILLA CON AGREGADO DE 19 MM 3/4" DIAM., TEZONTLE PARA DESPLANTE, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.

## MATERIALES

MAT-IMPER.INT	IMPERMEABILIZANTE INTEGRAL	KG	2,785.720000	\$13.58	\$37,830.08	4.31%
MAT-EM30-20	ESCALON MARINO DE FOFO DE 30x20 CM	PZA	11.000000	\$39.00	\$429.00	0.05%
MAT-531	CONCRETO PREMEZCLADO F'C=250KG/CM2, RESISTENCIA NORNAL A 28 DÍAS, BOMBEABLE, ELAVORADO EN PLANTA Y TRNASPORTADO AL SITIO DE LOS TRABAJOS EN CAMIÓN REVOLVEDORA	M3	114.360000	\$1,200.00	\$137,232.00	15.64%
CP76	REVENIMIENTO DE 12+2 PARA BOMBEABLES	M3	231.340000	\$114.43	\$26,472.24	3.02%
CP60	BOMBEO C/BOMBA EST.DE 00 A 15 M. VERTICAL	M3	231.340000	\$120.00	\$27,760.80	3.16%
CP01	CONCRETO PREMEZCLADO F'C=100KG/CM2, RESISTENCIA NORNAL A 28 DÍAS, BOMBEABLE, ELAVORADO EN PLANTA Y TRANSPORTADO AL SITIO DE LOS TRABAJOS EN CAMIÓN REVOLVEDORA	M3	32.360000	\$930.00	\$30,094.80	3.43%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>MATERIALES</b>				<b>\$259,818.92</b>	<b>29.61%</b>

## EQUIPO Y HERRAMIENTA

EQ072	GRUA 25 TON TODO TERRENO KATO	HORA	8.000000	\$762.77	\$6,102.16	0.70%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>				<b>\$6,102.16</b>	<b>0.70%</b>

## BASICOS

BAS-CEC	CIMBRA EN ESTRUCTURAS ACABADO COMÚN 19mm	M2	341.100000	\$299.35	\$102,108.29	11.64%
BAS-CCIM	COLOCACION DE CONCRETO EN CIMENTACION	M3	146.720000	\$897.35	\$131,659.19	15.01%
BAS-ARCIM	ACERO DE REFUERZO EN CIMENTACIÓN	KG	21,152.880000	\$16.77	\$354,733.80	40.44%
BAS-CBO12	BANDA OJILLADA DE 12"	ML	32.970000	\$242.41	\$7,992.26	0.91%
BAS-PLANT-CONC 5	PLANTILLA DE CONCRETO F'C=100 KG/CM2 DE 5 CM DE ESPESOR	M2	77.950000	\$118.70	\$9,252.67	1.05%
BAS-TEZONTLE	COLOCACION DE TEZONTLE EN CIMENTACION	M3	18.080000	\$308.53	\$5,578.22	0.64%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>BASICOS</b>				<b>\$611,324.43</b>	<b>69.69%</b>

<b>Costo Directo:</b>					<b>\$877,245.51</b>	
<b>INDIRECTOS</b>		<b>16.06%</b>			<b>\$140,885.63</b>	
<b>SUMA (CD+CI)</b>					<b>\$1,018,131.14</b>	
<b>FINANCIAMIENTO</b>		<b>0.05%</b>			<b>\$509.07</b>	
<b>SUMA (CD+CI+CF)</b>					<b>\$1,018,640.21</b>	
<b>UTILIDAD BRUTA</b>		<b>11.52%</b>			<b>\$117,347.35</b>	
<b>CARGOS ADICIONALES</b>		<b>0.5%</b>			<b>\$4,386.23</b>	
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>\$1,140,373.79</b>	

(\* UN MILLON CIENTO CUARENTA MIL TRESCIENTOS SETENTA Y TRES PESOS 79/100 M.N. \*)



## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	%
Partida:	A					
Análisis:	E14	PZA				
CONSTRUCCIÓN DE LUMBRERA 1 DE EMPUJE DE 9.20 X 6.20 M. HASTA 8.00 M. DE PROFUNDIDAD PARA EL DESPLANTE DE LA BASE PARA EL SISTEMA DE HINCADO DE TUBERIA DE CONCRETO REFORZADO POR EMPUJE. INCLUYE: COLOCACIÓN Y DESMANTELAMIENTO DE ADEME METÁLICO, EXCAVACIÓN TIPO ALMEJA, COLOCACIÓN Y REMOCIÓN DE MADRINA Y TROQUELES PREVIOS A LA ESTABILIZACIÓN DEL FONDO DE LA LUMBRERA, LOSA DE CONCRETO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE FONDO DE LA LUMBRERA, MURO DE REACCIÓN PARA EL EMPUJE DE LA TUBERIA, BOMBEO DE ACHIQUE, CONCRETO F'C=350 KG/CM2 Y F'C=250 KG/CM2, ACERO DE REFUERZO F'Y= 4,200 KG/CM2 # 5 EN LOSA DE FONDO Y MURO DE EMPUJE, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.						
<b>MATERIALES</b>						
MAT-350IIRS	CONCRETO PREMEZCLADO F'C=350 KG/CM2, RESISTENTE A LOS SULFATOS CON IMPERMEABILIZANTE INTEGRAL	M3	9.520000	\$1,342.74	\$12,782.88	0.92%
MAT-531	CONCRETO PREMEZCLADO F'C=250KG/CM2, RESISTENCIA NORNAL A 28 DÍAS, BOMBEABLE, ELAVORADO EN PLANTA Y TRNASPORTADO AL SITIO DE LOS TRABAJOS EN CAMIÓN REVOLVEDORA	M3	26.720000	\$1,200.00	\$32,064.00	2.32%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>MATERIALES</b>				<b>\$44,846.88</b>	<b>3.24%</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						
CAINFRA5	CUADRILLA 5 (2 AYUDANTES GENERALES)	JOR	3.200000	\$728.57	\$2,331.42	0.17%
CAINFRA24	CUADRILLA 24 (1 OF. SOLDADOR + 1 AYUDANTE)	JOR	2.000000	\$981.44	\$1,962.88	0.14%
CAINFRA2	CUADRILLA 2 (1 OFICIAL ALBAÑIL + 1 AYUDANTE)	JOR	2.000000	\$855.83	\$1,711.66	0.12%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>MANO DE OBRA</b>				<b>\$6,005.96</b>	<b>0.43%</b>
<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>						
%MO-1	Herramienta	%MO	0.030000	\$6,005.96	\$180.18	0.01%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>				<b>\$180.18</b>	<b>0.01%</b>
<b>BASICOS</b>						
23	BOMBEO PARA DESAGÜE EN ZANJAS O CAJONES CON BOMBA DE 152 MM (6") DE DIAMETRO	HORA	256.000000	\$228.98	\$58,618.88	4.24%
BAS-TEAZ-19	TABLA ESTACA METALICA	KG/USO	53,012.810000	\$14.05	\$744,829.98	53.82%
BAS-ARCIM	ACERO DE REFUERZO EN CIMENTACIÓN	KG	1,920.770000	\$16.77	\$32,211.31	2.33%
BAS-CEC	CIMBRA EN ESTRUCTURAS ACABADO COMÚN 19mm	M2	24.300000	\$299.35	\$7,274.21	0.53%
BAS-CCIM	COLOCACION DE CONCRETO EN CIMENTACION	M3	34.580000	\$897.35	\$31,030.36	2.24%
18	MADRINAS DE VIGETA IPR PARA ADEME DE TABLAESTACADO METÁLICO, VIGAS IPR DE DISTINTAS MEDIDAS, ATIEZADORES DE PERFIL "L" Y ATIEZADORES CON PLACA DE ACERO A-36 EL PRECIO UNITARIO INCLUYE: EQUIPO, MATERIALES, MANO DE OBRA, SOLDADURA, DESPERDICIOS, ACARREOS HASTA EL LUGAR DE SU UTILIZACIÓN EN LA OBRA, ALMACENAMIENTO, RECUPERACIÓN Y DESMANTELAMIENTO Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN. (ADEME RECUPERABLE)	KG/USO	17,096.570000	\$14.31	\$244,651.92	17.68%
BAS-DCAM	DEMOLICIÓN DE CONCRETO ARMADO MANUAL	M3	36.240000	\$382.51	\$13,862.16	1.00%
8	EXCAVACIÓN POR MEDIOS MECÁNICOS, ZONA "B" CON AGUA, CLASE II, DE 0.00 A 6.50 M DE PROFUNDIDAD. (EXCAVACIÓN CON CON ALMEJA, POR LA DIFICULTAD DE LA ZONA DE EXTRACCIÓN, YA QUE SE ENCUENTRA ADEMADA ESTA)	M3	536.820000	\$194.50	\$104,411.49	7.54%
10	CARGA MECÁNICA DE MATERIAL SSATURADO Y ACARREO EN CAMIÓN AL PRIMER KILÓMETRO, VOLUMEN MEDIDO EN BANCO. (ESTADIA DE CAMIÓN POR CARGA DE EXCAVADORA DE ALMEJA)	M3	536.820000	\$48.31	\$25,933.77	1.87%
11	ACARREO EN CAMIÓN, DE MATERIAL SATURADO, KILÓMETROS SUBSECUENTES, ZONA URBANA.	M3/KM	10,199.580000	\$6.87	\$70,071.11	5.06%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>BASICOS</b>				<b>\$1,332,895.19</b>	<b>96.31%</b>
<b>Costo Directo:</b>					<b>\$1,383,928.21</b>	
<b>INDIRECTOS</b>		<b>16.06%</b>			<b>\$222,258.87</b>	
<b>SUMA (CD+CI)</b>					<b>\$1,606,187.08</b>	
<b>FINANCIAMIENTO</b>		<b>0.05%</b>			<b>\$803.09</b>	
<b>SUMA (CD+CI+CF)</b>					<b>\$1,606,990.17</b>	
<b>UTILIDAD BRUTA</b>		<b>11.52%</b>			<b>\$185,125.27</b>	
<b>CARGOS ADICIONALES</b>		<b>0.5%</b>			<b>\$6,919.64</b>	
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>\$1,799,035.08</b>	
(* UN MILLON SETECIENTOS NOVENTA Y NUEVE MIL TREINTA Y CINCO PESOS 08/100 M.N. *)						





## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	%
Partida:	A					
Análisis:	E15	PZA				
CONSTRUCCIÓN DE LUMBRERA 4 DE EMPUJE DE 8.00 X 5.20 M. HASTA 8.00 M. DE PROFUNDIDAD PARA EL DESPLANTE DE LA BASE PARA EL SISTEMA DE HINCADO DE TUBERIA DE CONCRETO REFORZADO POR EMPUJE. INCLUYE: COLOCACIÓN Y DESMANTELAMIENTO DE ADEME METALICO, EXCAVACIÓN TIPO ALMEJA, COLOCACIÓN Y REMOCIÓN DE MADRINA Y TROQUELES PREVIOS A LA ESTABILIZACIÓN DEL FONDO DE LA LUMBRERA, LOSA DE CONCRETO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE FONDO DE LA LUMBRERA, MURO DE REACCIÓN PARA EL EMPUJE DE LA TUBERIA, BOMBEO DE ACHIQUE, CONCRETO F'C=350 KG/CM2 Y F'C=250 KG/CM2, ACERO DE REFUERZO F'Y= 4,200 KG/CM2 # 5 EN LOSA DE FONDO Y MURO DE EMPUJE, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.						
<b>MATERIALES</b>						
MAT-350IIRS	CONCRETO PREMEZCLADO F'C=350 KG/CM2, RESISTENTE A LOS SULFATOS CON IMPERMEABILIZANTE INTEGRAL	M3	6.840000	\$1,342.74	\$9,184.34	0.68%
MAT-531	CONCRETO PREMEZCLADO F'C=250KG/CM2, RESISTENCIA NORMAL A 28 DÍAS, BOMBEABLE, ELABORADO EN PLANTA Y TRNASPORTADO AL SITIO DE LOS TRABAJOS EN CAMIÓN REVOLVEDORA	M3	23.640000	\$1,200.00	\$28,368.00	2.10%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>MATERIALES</b>				<b>\$37,552.34</b>	<b>2.78%</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						
CAINFRA5	CUADRILLA 5 (2 AYUDANTES GENERALES)	JOR	2.842300	\$728.57	\$2,070.81	0.15%
CAINFRA24	CUADRILLA 24 (1 OF. SOLDADOR + 1 AYUDANTE)	JOR	2.000000	\$981.44	\$1,962.88	0.15%
CAINFRA2	CUADRILLA 2 (1 OFICIAL ALBAÑIL + 1 AYUDANTE)	JOR	2.000000	\$855.83	\$1,711.66	0.13%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>MANO DE OBRA</b>				<b>\$5,745.35</b>	<b>0.43%</b>
<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>						
%MO-1	Herramienta	%MO	0.030000	\$5,745.35	\$172.36	0.01%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>				<b>\$172.36</b>	<b>0.01%</b>
<b>BASICOS</b>						
23	BOMBEO PARA DESAGÜE EN ZANJAS O CAJONES CON BOMBA DE 152 MM (6") DE DIAMETRO	HORA	256.000000	\$228.98	\$58,618.88	4.34%
BAS-TEAZ-19	TABLA ESTACA METALICA	KG/USO	49,478.630000	\$14.05	\$695,174.75	51.52%
BAS-ARCIM	ACERO DE REFUERZO EN CIMENTACIÓN	KG	2,352.030000	\$16.77	\$39,443.54	2.92%
BAS-CEC	CIMBRA EN ESTRUCTURAS ACABADO COMÚN 19mm	M2	11.860000	\$299.35	\$3,550.29	0.26%
BAS-CCIM	COLOCACION DE CONCRETO EN CIMENTACION	M3	30.480000	\$897.35	\$27,351.23	2.03%
18	MADRINAS DE VIGETA IPR PARA ADEME DE TABLAESTACADO METÁLICO, VIGAS IPR DE DISTINTAS MEDIDAS, ATIEZADORES DE PERFIL "L" Y ATIEZADORES CON PLACA DE ACERO A-36 EL PRECIO UNITARIO INCLUYE: EQUIPO, MATERIALES, MANO DE OBRA, SOLDADURA, DESPERDICIOS, ACARREOS HASTA EL LUGAR DE SU UTILIZACIÓN EN LA OBRA, ALMACENAMIENTO, RECUPERACIÓN Y DESMANTELAMIENTO Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN. (ADEME RECUPERABLE)	KG/USO	22,991.390000	\$14.31	\$329,006.79	24.38%
BAS-DCAM	DEMOLICIÓN DE CONCRETO ARMADO MANUAL	M3	6.630000	\$382.51	\$2,536.04	0.19%
8	EXCAVACIÓN POR MEDIOS MECÁNICOS, ZONA "B" CON AGUA, CLASE II, DE 0.00 A 6.50 M DE PROFUNDIDAD. (EXCAVACIÓN CON CON ALMEJA, POR LA DIFICULTAD DE LA ZONA DE EXTRACCIÓN, YA QUE SE ENCUENTRA ADEMADA ESTA)	M3	402.300000	\$194.50	\$78,247.35	5.80%
10	CARGA MECANICA DE MATERIAL SSATURADO Y ACARREO EN CAMIÓN AL PRIMER KILOMETRO, VOLUMEN MEDIDO EN BANCO. (ESTADIA DE CAMIÓN POR CARGA DE EXCAVADORA DE ALMEJA)	M3	402.300000	\$48.31	\$19,435.11	1.44%
11	ACARREO EN CAMIÓN DE MATERIAL SATURADO, KILOMETROS SUBSECUENTES, ZONA URBANA.	M3/KM	7,643.700000	\$6.87	\$52,512.22	3.89%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>BASICOS</b>				<b>\$1,305,876.20</b>	<b>96.77%</b>
<b>Costo Directo:</b>					<b>\$1,349,346.25</b>	
<b>INDIRECTOS</b>		<b>16.06%</b>			<b>\$216,705.01</b>	
<b>SUMA (CD+CI)</b>					<b>\$1,566,051.26</b>	
<b>FINANCIAMIENTO</b>		<b>0.05%</b>			<b>\$783.03</b>	
<b>SUMA (CD+CI+CF)</b>					<b>\$1,566,834.29</b>	
<b>UTILIDAD BRUTA</b>		<b>11.52%</b>			<b>\$180,499.31</b>	
<b>CARGOS ADICIONALES</b>		<b>0.5%</b>			<b>\$6,746.73</b>	
<b>PRECIO UNITARIO</b>					<b>\$1,754,080.33</b>	
(* UN MILLON SETECIENTOS CINCUENTA Y CUATRO MIL OCHENTA PESOS 33/100 M.N. *)						



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
Código	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	%
Partida: A						
Análisis: E05 ML						
TAPONAMIENTO Y RELLENO DE POZO DE BOMBEO EYECTOR A BASE DE MORTERO CEMENTO ARENA 1:3, INCLUYE SUMINISTRO DE MATERIALES, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA DE MANO Y EQUIPO						
<b>MATERIALES</b>						
MAT-AG	AGUA ( MANEJO)	M3	0.016857	\$35.00	\$0.59	1.72%
MAT-AR	ARENA	M3	0.019920	\$143.67	\$2.86	8.34%
MAT-CEM-PUZOLANICO	CEMENTO PUZOLANICO	KG	5.800000	\$1.84	\$10.67	31.11%
<b>SUBTOTAL: MATERIALES</b>					<b>\$14.12</b>	<b>41.17%</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						
CAINFRA5	CUADRILLA 5 (2 AYUDANTES GENERALES)	JOR	0.020500	\$728.57	\$14.94	43.56%
<b>SUBTOTAL: MANO DE OBRA</b>					<b>\$14.94</b>	<b>43.56%</b>
<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>						
%MO-1	Herramienta	%MO	0.030000	\$14.94	\$0.45	1.31%
EQ007	CAMIONETA DE 3 1/2 TON REDILLAS	HORA	0.008500	\$269.87	\$2.29	6.68%
EQ020	REVOLVEDORA MIPSA-KOHLER R-10 8 H.P. 1 SACO MOD. R-10 CON MOTOR MCA. HONDA DE 8 H.P. A GASOLINA	HORA	0.040000	\$62.61	\$2.50	7.29%
<b>SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>					<b>\$5.24</b>	<b>15.28%</b>
<b>Costo Directo:</b>					<b>\$34.30</b>	
<b>INDIRECTOS</b>		<b>16.06%</b>		<b>\$5.51</b>		
<b>SUMA (CD+CI)</b>				<b>\$39.81</b>		
<b>FINANCIAMIENTO</b>		<b>0.05%</b>		<b>\$0.02</b>		
<b>SUMA (CD+CI+CF)</b>				<b>\$39.83</b>		
<b>UTILIDAD BRUTA</b>		<b>11.52%</b>		<b>\$4.59</b>		
<b>CARGOS ADICIONALES</b>		<b>0.5%</b>		<b>\$0.17</b>		
<b>PRECIO UNITARIO</b>				<b>\$44.59</b>		
(* CUARENTA Y CUATRO PESOS 59/100 M.N. *)						

Imágenes V.2.1 Precios unitarios del colector Chimalhuacán

### V.3 PRESUPUESTO DE OBRA

Se entiende por presupuesto de una obra la determinación previa del costo estimado necesario para realizarla, Se basa en la previsión del total de los costos involucrados en la **obra de construcción** incrementados con el margen de beneficio que se tenga previsto

La finalidad de un presupuesto de obra son las mediciones y tiene como finalidad dar una idea aproximada y lo más real posible del importe de la ejecución del proyecto. Para conocerlo, es necesaria la determinación previa de los “precios unitarios” derivados del análisis de costos que representa cada concepto catalogado y el cual se verá afectado por las cantidades de obra a ejecutar, resultando así, la integración de los *precios unitarios* al *catálogo de conceptos*, teniendo para la exposición de este caso práctico el siguiente:

**OBRA:** AMPLIACIÓN Y REHABILITACIÓN DEL COLECTOR CHIMALHUACÁN  
**LUGAR:** NEZAHUALCÓYOTL ESTADO DE MÉXICO

**Duración:** 150 días naturales

#### PRESUPUESTO DE OBRA, CANTIDADES Y UNIDADES DE MEDICIÓN

CÓDIGO	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P. Unitario (letra)	P. Unitario	Importe
A	<b>COLECTOR CHIMALHUACÁN</b>					
CC1	TRAZO Y NIVELACIÓN PARA DESPLANTE DE ESTRUCTURA PARA OBRA HIDRÁULICA, CON EQUIPO DE TOPOGRAFÍA, INCLUYE: MATERIALES PARA SEÑALAMIENTO.	M	314.73	(* OCHO PESOS 57/100 M.N. *)	\$8.57	\$2,697.26
CC2	CORTE CON SIERRA EN PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO CON PROFUNDIDAD MAYOR DE 5 CENTÍMETROS	M	179.00	(* DIECIOCHO PESOS 56/100 M.N. *)	\$18.56	\$3,322.24





**OBRA:** AMPLIACIÓN Y REHABILITACIÓN DEL  
COLECTOR CHIMALHUACÁN  
**LUGAR:** NEZAHUALCÓYOTL ESTADO DE MÉXICO

**Duración:** 150 días naturales

**PRESUPUESTO DE OBRA, CANTIDADES Y UNIDADES DE MEDICIÓN**

CÓDIGO	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P. Unitario (letra)	P. Unitario	Importe
CC3	UTILIZACIÓN DE MALLA PREVENTIVA DE POLIPROPILENO DE 1.22 X 30 METROS, EN COLOR NARANJA, EN LOS TRABAJOS DE LA LÍNEA DE REFORZAMIENTO DE AGUA PLUVIAL. INCLUYE: INSTALACIÓN CON RECUPERACIÓN DE LA EMPRESA, MANTENIMIENTO, CUIDADOS, ACOMODOS Y REACOMODOS DURANTE EL TIEMPO QUE DURE LA OBRA, REPOSICIÓN EN CASO DE ROBOS O EXTRAVÍOS, CARGAS Y RETIROS DE LA MISMA AL ALMACÉN DEL CONTRATISTA U OTRO TRAMO, MATERIALES, MANO DE OBRA, EQUIPO, HERRAMIENTA, Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN.	M	212.00	(* NUEVE PESOS 01/100 M.N. *)	\$9.01	\$1,910.12
CC4	SUMINISTRO, COLOCACIÓN Y RETIRO DE BOYA DE SEÑALIZACIÓN (CAREMELO) EN TRABAJOS DE REFORZAMIENTO HIDRÁULICOS, PERMANENTE LAS 24 HORAS, INCLUYE: MATERIALES, MANO DE OBRA, EQUIPO, HERRAMIENTA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN.	PZA	56.00	(* DOSCIENTOS TREINTA Y NUEVE PESOS 46/100 M.N. *)	\$239.46	\$13,409.76
CC6	DEMOLICIÓN POR MEDIOS MECÁNICOS DE PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO, EN CUALQUIER ZONA.	M <sup>3</sup>	45.00	(* CIENTO DIECISEIS PESOS 90/100 M.N. *)	\$116.90	\$5,260.50
CC7	CARGA MECÁNICA DE MATERIAL SATURADO Y ACARREO EN CAMIÓN AL PRIMER KILÓMETRO, VOLUMEN MEDIDO EN BANCO (ESTADÍA DE CAMIÓN POR CARGA DE EXCAVADORA DE ALMEJA).	M <sup>3</sup>	####	(* SESENTA Y DOS PESOS 80/100 M.N. *)	\$62.80	\$263,860.87
CC8	ACARREO EN CAMIÓN, DE MATERIAL SATURADO, KILÓMETROS SUBSECUENTES, ZONA URBANA.	M <sup>3</sup> /KM	####	(* OCHO PESOS 92/100 M.N. *)	\$8.92	\$749,561.87
CC9	CONSTRUCCIÓN DE LUMBRERA DE EMPUJE DE 9.00 X 5.00 METROS HASTA 9.00 METROS DE PROFUNDIDAD PARA EL DESPLANTE DE LA BASE PARA EL SISTEMA DE HINCADO DE TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO POR EMPUJE, INCLUYE: COLOCACIÓN Y DESMANTELAMIENTO DE ADEME METÁLICO, EXCAVACIÓN TIPO ALMEJA Y SU ACARREO FUERA DE OBRA, COLOCACIÓN Y REMOCIÓN DE MADRINA Y TROQUELES PREVIOS A LA ESTABILIZACIÓN DEL FONDO DE LA LUMBRERA, LOSA DE CONCRETO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE FONDO DE LA LUMBRERA, MURO DE REACCIÓN PARA EL EMPUJE DE LA TUBERÍA, BOMBEO DE ACHIQUE, CONCRETO F'C=350 KG/CM <sup>2</sup> , ACERO DE REFUERZO FY= 4,200 KG/CM <sup>2</sup> EN LOSA DE FONDO Y MURO DE EMPUJE, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	PZA	6.00	(* NOVECIENTOS VEINTISEIS MIL SEISCIENTOS SETENTA Y DOS PESOS 98/100 M.N. *)	\$926,672.98	\$5,560,037.88







**OBRA:** AMPLIACIÓN Y REHABILITACIÓN DEL  
COLECTOR CHIMALHUACÁN  
**LUGAR:** NEZAHUALCÓYOTL ESTADO DE MÉXICO

**Duración:** 150 días naturales

**PRESUPUESTO DE OBRA, CANTIDADES Y UNIDADES DE MEDICIÓN**

CÓDIGO	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P. Unitario (letra)	P. Unitario	Importe
CC10	CONSTRUCCIÓN DE LUMBRERA DE EMPUJE DE 6.00 X 5.00 METROS HASTA 8.00 METROS DE PROFUNDIDAD PARA EL DESPLANTE DE LA BASE PARA EL SISTEMA DE HINCADO DE TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO POR EMPUJE, INCLUYE: COLOCACIÓN Y DESMANTELAMIENTO DE ADEME METÁLICO, EXCAVACIÓN TIPO ALMEJA Y SU ACARREO FUERA DE OBRA, COLOCACIÓN Y REMOCIÓN DE MADRINA Y TROQUELES PREVIOS A LA ESTABILIZACIÓN DEL FONDO DE LA LUMBRERA, LOSA DE CONCRETO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE FONDO DE LA LUMBRERA, BOMBEO DE ACHIQUE, CONCRETO KG/CM <sup>2</sup> , ACERO DE REFUERZO FY= 4,200 KG/CM <sup>2</sup> EN LOSA DE FONDO, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	PZA	2.00	(* SETECIENTOS CINCUENTA MIL OCHOCIENTOS SESENTA Y OCHO PESOS 79/100 M.N. *)	\$750,868.79	\$1,501,737.58
CC11	CONSTRUCCIÓN DE COLECTOR CON TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO GRADO 3 CON VIOLA DE ACERO DE 2.44 METROS DE DIAMETRO, MEDIANTE EL SISTEMA DE HINCADO DE TUBERÍA, INCLUYE: TRAZO Y NIVELACIÓN (DIRECCIÓN Y PENDIENTE), INSTALACIÓN Y DESMONTAJE DEL SISTEMA INTEGRADO POR ESCUDO ROTATORIO DE FRENTE CERRADO UNIDAD DE TRASPORTE, BASE DE DESLIZAMIENTO, EMPUJADOR DE TUBERÍA, UNIDAD DE POTENCIA, NIVEL AUTOMÁTICO CON RAYO LÁSER, EXTRACTOR DE AIRE CONTAMINADO, GENERADOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON CAPACIDAD DE 300 KW, BOMBA DE INYECCIÓN DE BENTONITA, GRÚA TELESCÓPICA, BOMBEO DE ACHIQUE, UNIDAD HIDRÁULICA DE ENFRIAMIENTO, EQUIPO DE CORTE Y SOLDADURA, FABRICACIÓN E INSTALACIÓN DE ESTACIONES INTERMEDIAS DE EMPUJE, MATERIALES, MANO DE OBRA, EQUIPO, HERRAMIENTA, INCLUYE EXTRACCIÓN DE REZAGA A NIVEL DE CALLE Y EXCAVACIÓN Y PERFORACIÓN EN MATERIAL TIPO I Y II.	ML	771.92	(* CUARENTA Y CINCO MIL TRES PESOS 79/100 M.N. *)	\$45,003.79	#####
CC13	CAJA DE CONCRETO REFORZADO PARA TUBERÍA DE 244 CENTÍMETROS, SEGÚN PROYECTO.	PZA	8.00	(* DOSCIENTOS VEINTICUATRO MIL SETENTA PESOS 56/100 M.N. *)	\$224,070.56	\$1,792,564.48
CC15	CHIMENEA DE MURO DE TABIQUE ROJO RECOCIDO DE 28 CENTÍMETROS DE ESPESOR, DESPLANTADA SOBRE LOSA DE ESTRUCTURA, DE 1.00 METROS DE PROFUNDIDAD, ASENTADO Y APLANADO CON MORTERO CEMENTO ARENA 1:4, INCLUYE: JORNALES DIURNOS, JORNALES MIXTOS, JORNALES NOCTURNOS, SUMINISTRO DE MATERIALES PUESTOS EN EL SITIO DE LOS TRABAJOS, ANDAMIOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN.	PZA	2.00	(* SEIS MIL CIEN PESOS 01/100 M.N. *)	\$6,100.01	\$12,200.02





**OBRA:** AMPLIACIÓN Y REHABILITACIÓN DEL  
COLECTOR CHIMALHUACÁN  
**LUGAR:** NEZAHUALCÓYOTL ESTADO DE MÉXICO

**Duración:** 150 días naturales

**PRESUPUESTO DE OBRA, CANTIDADES Y UNIDADES DE MEDICIÓN**

CÓDIGO	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P. Unitario (letra)	P. Unitario	Importe
CC16	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE SEÑAL RESTRICTIVA DE 45 X 60 CENTÍMETROS, FABRICADA CON LÁMINA GALVANIZADA CALIBRE 16, REFLEJANTE ALTA INTENSIDAD, FONDO EN VINIL, SIN POSTE.	PZA	16.00	(* UN MIL CIENTO VEINTICUATRO PESOS 70/100 M.N. *)	\$1,124.70	\$17,995.20
CC17	INCREMENTO DE CHIMENEA DE MURO DE TABIQUE ROJO RECOCIDO DE 28 CM DE ESPESOR, DE 0.25 METROS DE PROFUNDIDAD, ASENTADO Y APLANADO CON MORTERO CEMENTO ARENA 1:4, INCLUYE: JORNALES DIURNOS, JORNALES MIXTOS, JORNALES NOCTURNOS, SUMINISTRO DE MATERIALES PUESTOS EN EL SITIO DE LOS TRABAJOS, ANDAMIOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN.	PZA	#####	(* SEISCIENTOS VEINTE PESOS 18/100 M.N. *)	\$620.18	\$138,920.32
CC18	RELLENO DE ZANJA CON MATERIAL PROVENIENTE DE BANCO (TEPETATE) COMPACTADO AL 95% PROCTOR CON RODILLO VIBRATORIO, INCLUYE ACARREO LIBRE HASTA 20 METROS INCORPORACIÓN DE AGUA, MEDIDO COMPACTO.	M <sup>3</sup>	1431.01	(* TRESCIENTOS DIECINUEVE PESOS 23/100 M.N. *)	\$319.23	\$456,821.32
CC19	LIMPIEZA GENERAL DE LA OBRA, INCLUYE MANO DE OBRA Y HERRAMIENTA NECESARIA PARA SU DESARROLLO.	M <sup>2</sup>	313.00	(* OCHO PESOS 06/100 M.N. *)	\$8.06	\$2,522.78
CC20	SUMINISTRO, FABRICACIÓN Y COLOCACIÓN DE LETRERO ESPECTACULAR DE 5.0 X 3.0 METROS A BASE DE 5 CHAROLAS DE 1.0 X 3.0 METROS DE LÁMINA GALVANIZADA CALIBRE 24 SOLDADAS, 4 VIGAS IPR DE 8" X 4" X 12 METROS CADA UNO, ÁNGULO DE 1" X 1/4" PARA CONTRAVENTE, 2 CANALETAS DE 2" X 4" X 6.0 METROS CALIBRE 14, INCLUYE: ROTULACIÓN (SEGÚN ESPECIFICACIÓN) MATERIALES, EQUIPO, HERRAMIENTA, MONTAJE Y MANO DE OBRA, ASÍ COMO EXCAVACIONES EN CUALQUIER TIPO DE MATERIAL, MUERTOS DE CONCRETO F'c=150 KG/CM <sup>2</sup> , PINTURA DE ESMALTE EN TODA LA ESTRUCTURA (MEDIO IMPACTO).	PZA	1.00	(* SEIS MIL QUINIENTOS DIECISIETE PESOS 85/100 M.N. *)	\$6,517.85	\$6,517.85
CC21	ELABORACIÓN E INTEGRACIÓN DE EXPEDIENTE TÉCNICO ENTREGA RECEPCIÓN EN ORIGINAL Y TRES COPIAS, EL CUAL DEBERÁ CONTAR LA SIGUIENTE DOCUMENTACIÓN: 1.- SOLICITUD DE RECEPCIÓN POR PARTE DE LA EMPRESA 2.- CROQUIS DE LOCALIZACIÓN 3.- DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS EJECUTADOS. 4.- ÁLBUM FOTOGRÁFICO (A COLOR). 5.- PLANOS DE OBRA TERMINADA (AVALADOS POR LA RESIDENCIA DE CONSTRUCCIÓN). 6.- CONCENTRADO DE ESTIMACIONES (INCLUYENDO FINIQUITO AVALADO POR LA RESIDENCIA) 7.- BALANCE DE MATERIALES (AVALADO POR LA RESIDENCIA DE CONSTRUCCIÓN), INCLUYE LA ENTREGA DE TODA LA DOCUMENTACIÓN EN IGUAL NÚMERO DE COPIAS EN RESPALDO ELECTRÓNICO.	PZA	1.00	(* SIETE MIL SETECIENTOS NOVENTA Y NUEVE PESOS 69/100 M.N. *)	\$7,799.69	\$7,799.69





**OBRA:** AMPLIACIÓN Y REHABILITACIÓN DEL COLECTOR  
CHIMALHUACÁN

**Duración:** 150 días naturales

**LUGAR:** NEZAHUALCÓYOTL ESTADO DE MÉXICO

**PRESUPUESTO DE OBRA, CANTIDADES Y UNIDADES DE MEDICIÓN**

CÓDIGO	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P. Unitario (letra)	P. Unitario	Importe
CC22	BACHEO CON MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE EN ZONA DE LOS TRABAJOS CON UN ESPESOR DE 10 CENTÍMETROS, INCLUYE: ACARREO DE MEZCLA ASFÁLTICA, RIEGO DE LIGA, RIEGO DE IMPREGNACIÓN, EXTENDIDO Y COMPACTADO DE CONCRETO ASFÁLTICO, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	M <sup>3</sup>	61.50	(* DOS MIL NOVECIENTOS CINCUENTA Y TRES PESOS 00/100 M.N. *)	\$2,953.00	\$181,609.50
E01	PERFORACIÓN DE 12" DE DIÁMETRO PARA INSTALAR SISTEMA DE BOMBEO EYECTOR, EL PRECIO INCLUYE; MATERIALES DE CONSUMO, MANO DE OBRA HERRAMIENTA DE MANO Y EQUIPO.	ML	1.00	(* QUINIENTOS SESENTA Y DOS PESOS 64/100 M.N. *)	\$562.64	\$562.64
E02	HABILITADO Y DESHABILITADO DEL SISTEMA DE BOMBEO EYECTOR, EL PRECIO INCLUYE HABILITADO Y DESHABILITADO DE LOS MATERIALES QUE CONFORMAN EL SISTEMA DE BOMBEO, MANO DE OBRA Y HERRAMIENTA DE MANO.	PZA	1.00	(* DOCE MIL SEISCIENTOS TREINTA PESOS 21/100 M.N. *)	\$12,630.21	\$12,630.21
E03	HABILITADO DE POZO PARA BOMBEO EYECTOR, A BASE DE TUBO RANURADO DE PVC DE 4" DE DIÁMETRO, MALLA GEOTEXTIL Y FILTRO DE ARENA Y GRAVILLA; EL PRECIO INCLUYE HABILITADO DE POZO DE BOMBEO EYECTOR, INSTALACIÓN EN PERFORACIÓN Y RELLENO DEL ESPACIO ANULAR.	ML	1.00	(* QUINIENTOS VEINTIOCHO PESOS 63/100 M.N. *)	\$528.63	\$528.63
E04	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE BOMBEO EYECTOR DURANTE EL PERIODO DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS; EL PRECIO INCLUYE MANO DE OBRA, HERRAMIENTA DE MANO Y EQUIPO PARA EL BUEN FUNCIONAMIENTO.	HORA	1.00	(* QUINIENTOS SESENTA Y UN PESOS 77/100 M.N. *)	\$561.77	\$561.77
E05	TAPONAMIENTO Y RELLENO DE POZO DE BOMBEO EYECTOR A BASE DE MORTERO CEMENTO ARENA 1:3, INCLUYE SUMINISTRO DE MATERIALES, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA DE MANO Y EQUIPO.	ML	1.00	(* CUARENTA Y CUATRO PESOS 59/100 M.N. *)	\$44.59	\$44.59
E06	PORTAL DE ENTRADA PARA MAQUINARIA DE TÚNELEO, EL PRECIO INCLUYE: MATERIALES DE CONSUMO, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO.	PZA	1.00	(* CIENTO CUARENTA Y TRES MIL SETECIENTOS SESENTA Y SEIS PESOS 33/100 M.N. *)	\$143,766.33	\$143,766.33
E07	CAJA 01 DE CONCRETO REFORZADO PARA TUBERÍA DE 244 CENTÍMETROS; EL PRECIO INCLUYE: LOSA DE FONDO, MUROS Y LOSA TECHO A BASE DE CONCRETO PREMEZCLADO F'C=250 KG/CM <sup>2</sup> , AGREGADO TRITURADO MÁX. 3/4", IMPERMEABILIZANTE INTEGRAL FESTERGRAL, SIKAFLEX, BANDA DE PVC DE 6", SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ACERO DE REFUERZO (FY=4200 KG/CM <sup>2</sup> ), CIMBRA DE MADERA PARA ACABADOS NO APARENTES EN MUROS, EN CIMENTACIONES, LOSAS, TRABES Y DALAS, SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO PREMEZCLADO DE F'C=100 KG/CM <sup>2</sup> PARA MEDIA CAÑA Y PLANTILLA CON AGREGADO DE 19 MILIMETROS 3/4" DIÁMETRO, TEZONTLE PARA DESPLANTE, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	PZA	1.00	(* UN MILLON DOSCIENTOS VEINTISEIS MIL SETENTA Y UN PESOS 78/100 M.N. *)	\$1,226,071.78	\$1,226,071.78





**OBRA:** AMPLIACIÓN Y REHABILITACIÓN DEL  
COLECTOR CHIMALHUACÁN  
**LUGAR:** NEZAHUALCÓYOTL ESTADO DE MÉXICO

**Duración:** 150 días naturales

**PRESUPUESTO DE OBRA, CANTIDADES Y UNIDADES DE MEDICIÓN**

CÓDIGO	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P. Unitario (letra)	P. Unitario	Importe
E10	CAJA 04 DE CONCRETO REFORZADO PARA TUBERÍA DE 244 CENTIMETROS; EL PRECIO INCLUYE: LOSA DE FONDO, MUROS Y LOSA TECHO A BASE DE CONCRETO PREMEZCLADO F'C=250 KG/CM <sup>2</sup> , AGREGADO TRITURADO MÁX. 3/4", IMPERMEABILIZANTE INTEGRAL FESTERGRAL, SIKAFLEX, BANDA DE PVC DE 6", SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ACERO DE REFUERZO (FY=4200 KG/CM <sup>2</sup> ), CIMBRA DE MADERA PARA ACABADOS NO APARENTES EN MUROS, EN CIMENTACIONES, LOSAS, TRABES Y DALAS, SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO PREMEZCLADO DE F'C=100 KG/CM <sup>2</sup> PARA MEDIA CAÑA Y PLANTILLA CON AGREGADO DE 19 MILIMETOS 3/4" DIAMETRO, TEZONTLE PARA DESPLANTE, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	PZA	1.00	(* SETECIENTOS TRECE MIL DOSCIENTOS SETENTA Y CINCO PESOS 93/100 M.N. *)	\$713,275.93	\$713,275.93
E14	CONSTRUCCIÓN DE LUMBRERA 1 DE EMPUJE DE 9.20 X 6.20 METROS HASTA 8.00 METROS DE PROFUNDIDAD PARA EL DESPLANTE DE LA BASE PARA EL SISTEMA DE HINCADO DE TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO POR EMPUJE, INCLUYE: COLOCACIÓN Y DESMANTELAMIENTO DE ADEME METÁLICO, EXCAVACIÓN TIPO ALMEJA Y SU ACARREO FUERA DE OBRA, COLOCACIÓN Y REMOCIÓN DE MADRINA Y TROQUELES PREVIOS A LA ESTABILIZACIÓN DEL FONDO DE LA LUMBRERA, LOSA DE CONCRETO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE FONDO DE LA LUMBRERA, MURO DE REACCIÓN PARA EL EMPUJE DE LA TUBERÍA, BOMBEO DE ACHIQUE, CONCRETO F'C=350 KG/CM <sup>2</sup> , ACERO DE REFUERZO FY= 4,200 KG/CM <sup>2</sup> EN LOSA DE FONDO Y MURO DE EMPUJE, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	PZA	1.00	(* UN MILLON OCHOCIENTOS DOS MIL SETECIENTOS OCHENTA Y SIETE PESOS 50/100 M.N. *)	\$1,802,787.50	\$1,802,787.50
E15	CONSTRUCCIÓN DE LUMBRERA 4 DE EMPUJE DE 8.00 X 5.20 METROS HASTA 8.00 METROS DE PROFUNDIDAD PARA EL DESPLANTE DE LA BASE PARA EL SISTEMA DE HINCADO DE TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO POR EMPUJE, INCLUYE: COLOCACIÓN Y DESMANTELAMIENTO DE ADEME METÁLICO, EXCAVACIÓN TIPO ALMEJA Y SU ACARREO FUERA DE OBRA, COLOCACIÓN Y REMOCIÓN DE MADRINA Y TROQUELES PREVIOS A LA ESTABILIZACIÓN DEL FONDO DE LA LUMBRERA, LOSA DE CONCRETO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE FONDO DE LA LUMBRERA, MURO DE REACCIÓN PARA EL EMPUJE DE LA TUBERÍA, BOMBEO DE ACHIQUE, CONCRETO F'C=350 KG/CM <sup>2</sup> , ACERO DE REFUERZO FY= 4,200 KG/CM <sup>2</sup> EN LOSA DE FONDO Y MURO DE EMPUJE, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	PZA	1.00	(* DOS MILLONES CIENTO TRES MIL SEISCIENTOS VEINTISIETE PESOS 91/100 M.N. *)	\$2,103,627.91	\$2,103,627.91

Tabla V.3.1 Presupuesto de obra para Colector Chimalhuacán





El cual nos dio el importe total mostrado en la siguiente tabla:

<b>Total:</b>	<b>\$51,462,119.46</b>
<b>Total del Presupuesto sin IVA:</b>	<b>\$51,462,119.46</b>
<b>I.V.A 16.00 %</b>	<b>\$8,233,939.11</b>
<b>Total del Presupuesto:</b>	<b>\$59,696,058.57</b>
<b>Total del Presupuesto con letra con IVA:</b>	(* CINCUENTA Y NUEVE MILLONES SEISCIENTOS NOVENTA Y SEIS MIL CINCUENTA Y OCHO PESOS 57/100 M.N. *)

*Tabla V.3.2 Total del presupuesto de obra para Colector Chimalhuacán*

#### V.4 PROGRAMA GENERAL DE PROYECTO

En base a los temas expuestos anteriormente en este capítulo, después de realizado el presupuesto de obra se procedió a realizar el programa de obra general el cual describió la programación de todas las actividades que se llevaron a cabo durante el proceso de construcción de la misma. Se calculó la *ruta crítica* de los periodos de ejecución en base a la fecha de inicio y termino de la obra así como la descripción del trabajo, porcentajes de avance, presupuesto y el calendario en el que se trabajaría.

Este programa de obra es presentado en el Anexo 4, ya que con él se dio inicio a la obra y rigió la misma durante el periodo contractual, siendo recalculado cuando dicho periodo venció por diversas problemáticas y alcanzado por un nuevo periodo de convenio.

#### V.5 CONCENTRADO DE VOLÚMENES Y EJERCICIO TOTAL

Esta obra tuvo un contrato de 150 días, los cuales por motivos de cobro y temporales se vieron afectados y fue necesaria una ampliación a un periodo de ejecución extemporáneo y diferimiento de los trabajos, dividiéndose así en dos periodos de cobro: un periodo contractual y uno de convenio. Por esta razón, en cuestión de estimación de obra por cobrar, el estado financiero se dividió en diez estimaciones de importe contractual y seis estimaciones de importe de convenio, amparando así el cierre de obra con el avance físico total al %100 y habiendo ejercido un total de \$71'257,454.48 como se muestra en la tabla V.5.1.

Debido a que las consideraciones que se hicieron para la elaboración del catálogo de conceptos fueron limitadas, se debió ejecutar un nuevo ejercicio donde se incluyeran conceptos, que para este caso en particular, fueron extraordinarios ya que no fueron considerados desde el principio. Estos conceptos como los generales formaron parte de conceptos ejercidos y fueron estimados por convenio quedando los importes mencionados en la tabla V.5.2.

Por lo tanto, una vez conocidos los datos en cuestión revisados en el anterior anexo, el concentrado de estimaciones fue el siguiente:



**ESTADO CONTABLE IMPORTE CONTRACTUAL:**

MONTO CONTRATADO	ESTIMACIONES TRAMITADAS	TOTAL EJERCIDO	SALDO SOBRANTE CON RESPECTO AL CONTRATO	AVANCE FISICO DE LA OBRA	AVANCE FINANCIERO DE LA OBRA
\$52'620,000.00	10 (Diez estimaciones)	\$52'620,000.00	\$0.00	100%	100%

**ESTADO CONTABLE IMPORTE CONVENIO:**

MONTO CONVENIO	ESTIMACIONES TRAMITADAS	TOTAL EJERCIDO	SALDO SOBRANTE CON RESPECTO AL CONVENIO	AVANCE FISICO DE LA OBRA	AVANCE FINANCIERO DE LA OBRA
\$19'301,838.77	6 (Seis estimaciones)	\$18'637,454.49	\$664,384.28	100%	96.56%

**ESTADO CONTABLE GENERAL:**

MONTO TOTAL	ESTIMACIONES TRAMITADAS	TOTAL EJERCIDO	SALDO SOBRANTE CON RESPECTO AL TOTAL	AVANCE FISICO DE LA OBRA	AVANCE FINANCIERO DE LA OBRA
\$71'921,838.77	16 (Diez y seis estimaciones)	\$71'257,454.48	\$581,186.71	100%	99.08%

Tabla V.5.1 Tabla general de concentrados

**ESTADO FINANCIERO IMPORTE CONTRACTUAL.**

No. Estimación	Importe Generado C/IVA	Importe Neto C/Deducciones	Fecha Ingreso	Fecha Aprobación	Fecha Cobranza
#01	\$ 2,800,697.11	\$ 1,948,416.00	26-nov-10	30-nov-10	21-feb-11
#02	\$ 14,413,569.55	\$ 10,027,371.23	26-nov-10	30-nov-10	21-feb-11
#03	\$ 2,569,116.53	\$ 1,787,307.79	07-ene-11	11-ene-11	28-feb-11
#04	\$ 8,450,992.58	\$ 5,879,268.11	07-ene-11	11-ene-11	28-feb-11
#05	\$ 9,697,585.12	\$ 6,746,509.64	06-ene-11	11-ene-11	28-feb-11
#06	\$ 898,357.06	\$ 624,977.71	26-ene-11	27-ene-11	16-jun-11
#07	\$ 1,978,291.65	\$ 1,376,277.04	17-feb-11	18-feb-11	20-abr-11
#08	\$ 1,647,019.30	\$ 1,145,814.28	18-mar-11	22-mar-11	02-may-11
#09	\$ 3,434,089.53	\$ 2,389,060.57	13-may-11	17-may-11	29-jun-11
#10	\$ 6,730,281.57	\$ 4,682,187.27	13-may-11	17-may-11	29-jun-11
Estimado	\$ 52,620,000.00	\$ 36,607,189.64			

**ESTADO FINANCIERO IMPORTE CONVENIO.**

No. Estimación	Importe Generado C/IVA	Importe Neto C/Deducciones	Fecha Ingreso	Fecha Aprobación	Fecha Cobranza
#01	\$ 2,077,669.97	\$ 2,068,714.49	20-may-11	24-may-11	01-jul-11
#02	\$ 830,859.13	\$ 827,277.84	20-may-11	24-may-11	01-jul-11
#03	\$ 14,148,825.60	\$ 14,087,839.28	20-may-11	24-may-11	01-jul-11
#04	\$ 255,058.72	\$ 253,959.33	03-jun-11	08-jun-11	08-jul-11
#05	\$ 779,988.81	\$ 776,626.79	03-jun-11	08-jun-11	08-jul-11
#06	\$ 545,052.25	\$ 545,704.32	21-jul-11	22-jul-11	
Estimado	\$ 18,637,454.48	\$ 18,560,122.05			
Por Estimar	\$ 664,384.29	\$ -			
CREDITO A FAVOR	\$ 18,637,454.48	\$ 18,560,122.05			

Tabla V.5.2 Tabla general de concentrados de estimaciones





---

---

## CAPITULO VI

# PROCESOS CONSTRUCTIVOS



## VI.1 INTRODUCCIÓN A LA CONSTRUCCIÓN DE COLECTOR CHIMALHUACÁN

Este capítulo está dedicado a dar a conocer los procesos constructivos que fueron necesarios para iniciar, generar el avance programado y finalizar la ejecución de esta obra: “el colector Chimalhuacán”.

Fue ejecutada con el apoyo de diversas dependencias operativas del sistema de aguas del Estado de México, así como del intercambio de información con la obra paralela del “distribuidor Chimalhuacán – Calle 7”.

Como ya ha sido mencionado en capítulos anteriores, el terreno en el que se ubica el proyecto corresponde a un depósito de arcillas de origen lacustre, de baja resistencia al esfuerzo cortante y alta compresibilidad, por lo que se debió contemplar la problemática que pudo presentarse durante la construcción del colector.

La construcción de este colector se realizó mediante un microtúnel e hincado de tubos de concreto armado, siendo necesario para el lanzamiento de tubería, la construcción de lumbreras de geometría rectangular a lo largo del eje del colector.

Tomando en cuenta que la excavación en las lumbreras debió alcanzar una profundidad considerable (de hasta 7.50 metros en promedio) y que en el perfil estratigráfico predominan materiales de muy baja resistencia sobre todo después de 1.20 metros de profundidad, se requirió colocar una estructura de contención para realizar la excavación. Por otro lado, existió la posibilidad de contener filtraciones de agua dentro de las excavaciones así como efectos de subpresión debido a la presencia del nivel freático, motivo por el cual se debió ejecutar un bombeo de achique previo y durante todo el tiempo que se mantuviera la excavación.

De acuerdo con lo anterior, la estructura de contención para las lumbreras que ofreció mayores ventajas fue la conocida como muro-tablaestaca de acero y que fue colocada de manera provisional, siendo retirada toda vez que terminaron los procesos de construcción del colector.

De acuerdo al procedimiento constructivo de las tablaestacas, los primeros dos puntos importantes fueron las revisiones que se realizaron para establecer que no se presentaran fallas por esfuerzo cortante en la masa de suelo durante los trabajos de excavación; y el tercer punto fue establecer el empuje que se produciría en las tablaestacas, esto con el fin de establecer su diseño estructural.

Una vez que se construían las lumbreras, se realizaba el hincado de la tubería mediante la estación principal de gateo y con el escudo de frente cerrado. Posterior a estos trabajos se construían las cajas de concreto armado y cuando estas cumplían el tiempo de fraguado, se procedía al cierre de lumbreras con material de banco y así, finalizar la construcción con los trabajos de asfaltado.

La construcción de este colector dio inicio el día 04 de Octubre del año 2010 y fue necesario contar con la mano de obra, maquinaria y herramienta descrita en la tabla VI.1.1. Con esta fecha, arranca la obra con la ejecución de trazo y nivelación topográfica para la delimitación del área de excavación de la lumbrera “C-4” y de las obras inducidas interferentes a los procesos constructivos de este colector, para dar inicio así, con los trabajos que en general fueron ejecutados para su construcción.

Para la construcción de esta obra fue necesario ejecutar diferentes procesos constructivos consecutivos unos a otros para la realización programada de dichos trabajos, los cuales serán descritos puntualmente para fines de orientación en el estudio y diseño de estas redes de conducción de aguas residuales y microtuneleo, así como generar una visión más detallada de los trabajos que conlleva una obra de esta envergadura.

A continuación, se detallaran los pasos para la concreción de las tareas que llevaron a cabo la realización del túnel y que formaron el procedimiento general y el cual podría diferir en función de las variables propias de las instalaciones pero en general, los pasos fueron los siguientes:



- Obtención de datos iniciales de apoyo.
- Planeamiento de estrategias y tiempos de ejecución.
- Apertura de lumbreras o ventanas de intervención.
- Realización de los trabajos de túneleo o tunneling.
- Construcción de las cajas de disparo y deflectoras.
- Reconexión a línea existente.
- Cierre de lumbreras o ventanas de intervención y cielos abiertos.

MANO DE OBRA		MAQUINARIA Y HERRAMIENTA	
CONCEPTO	CANTIDAD	CONCEPTO	CANTIDAD
GERENTE DE CONSTRUCCIÓN	1	GRÚA CAP. 60 TON	3
SUPERINTENDENTE	1	EXCAVADORA MOD. 320	1
RESIDENTE DE OBRA	4	RETROEXCAVADORA	1
CONTADOR	1	ESCUDO DE FRENTE CERRADO PARA HINCAR TUBERÍA DE 2.44 M DE DIÁMETRO	1
JEFE DE FRENTE	2	CAMIONES VOLTEO DE 16 M3	10
OFICIAL FIERRERO	6	CAMIONETA PICK UP	2
AYUDANTE FIERRERO	3	EQUIPO DE OXICORTE	3
OFICIAL SOLDADOR	2	PLANTA DE SOLDAR	3
MANIOBRISTA	2	BOBCAT	2
OPERADOR MAQUINARIA	8		
OP. EQUIPO DE BOMBEO	2		
AYUDANTE EN GENERAL	41		
OFICIAL	5		

Tabla VI.1.1 Mano de obra, maquinaria y equipo.

### VI.1.1 OBTENCIÓN DE DATOS INICIALES DE APOYO

Inicialmente se debió contar con los datos de apoyo, que favorecerán al logro de los resultados y guiarán con mayor precisión a las tareas de instalación. Estos son entre otros, el tipo y espesor de pavimento, las profundidades de trabajo, el tipo de suelo circundante, la ubicación aproximada de los servicios existentes, la altura del nivel freático, etc. A mayor cantidad de datos, mayor será la precisión de los resultados y más asertivas podrán ser las intervenciones posteriores. En esta etapa se tomarán las mediciones y se realizarán los levantamientos topográficos para el posterior trabajo específico.

El objetivo primordial de estas tareas se centra en la reducción de los riesgos inherentes al trabajo de tunelería dirigida, los cuales involucran:

- Posibilidad de contacto con instalaciones eléctricas subterráneas, lo que podría causar riesgo de shock eléctrico.
- Posibilidad de rotura de infraestructura subterránea, con riesgos variados, desde pérdidas de gas hasta colapso de líneas telefónicas.
- Riesgo de encuentro de infraestructura natural o civil que produzca daños o que impida la ejecución de los trabajos de construcción.

La detección de las utilidades existentes supone un mayor y más completo conocimiento previo de las áreas afectadas. La fortaleza de este servicio radica en prever con anticipación cuáles serán los problemas de interferencias que pudieran llegar a detectarse en las zonas críticas para de esta manera poder considerarlos dentro de las tareas de perforación. Adicionalmente puede también obtenerse o validarse información intrínseca acerca del terreno, que también redundaría en la confección de procedimientos más adecuados a esta tarea específica.



## **VI.1.2 PLANEAMIENTO DE ESTRATEGIAS Y TIEMPOS DE TRABAJO**

Con los datos obtenidos en el paso anterior se diseñaron las condiciones de trabajo en lo referente a los equipos y metodologías específicas a utilizar en el proceso de tunneling, la ubicación de las ventanas de intervención, los cuidados a tener durante la intervención, etc.; pero especial atención lleva el diseño del trazo. Para esto deben considerarse los siguientes aspectos relevantes:

- Características del terreno.
- Distancia entre entrada y salida.
- Cotas de profundidad a la entrada, salida y máxima.
- Características del tubo a instalar (diámetros, material, fluidos transportados, etc.).
- Disponibilidad de fluidos.
- Tipo de maquina utilizada.
- Ubicación de la infraestructura subterránea.

Considerando estas condiciones, se diseña el trazo que en definitiva determinará las condiciones finales del túnel en cuanto a su constitución física. Una vez realizada esta ingeniería previa, se estará en condiciones de determinar la ubicación de las ventanas de intervención de entrada y salida, además de tener la posibilidad de realizar una estimación de tiempos necesarios para ejecutar las operaciones.

## **VI.1.3 APERTURA DE LUMBRERAS O VENTANAS DE INTERVENCIÓN**

Una vez diseñada la estrategia y determinadas las condiciones a través del paso anterior, se procede a la apertura de ventanas de intervención o lumbreras para la colocación del equipamiento necesario y específico a las tareas de túneleo, tomando en cuenta la dirección de disparo y lanzamiento de tubería entre una y otra.

Se deben preparar dos lumbreras, una al inicio del túnel y la otra al final cuyas dimensiones y profundidad se evalúan de acuerdo al proyecto (estas medidas dependen del diámetro, la profundidad y el tipo de tubería).

## **VI.1.4 REALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS DE TÚNELEO**

Las tareas específicas serán llevadas a cabo una vez que se encuentre la zona de trabajo en condiciones óptimas para ello. Se deberá prever la realización de las tareas que lleven a esto, tales como el abatimiento del N.A.F., entibaciones y seguridades en subsuelo, reencauzamiento de flujos (by-pass), movimiento de equipos, etc.

Este proceso consta de tres etapas claramente determinadas:

- a) Conformación del trazo del túnel piloto.
- b) Colocación de equipo.
- c) Instalación del tubo final.

Durante el proceso de perforación del túnel piloto, este se va controlando y dirigiendo gracias al láser que es recibido en el centro de la cabeza del escudo y mantiene el trazo, pendiente, profundidad, inclinación y posición en que se encuentra la cabeza de perforación, siendo esto fundamental para lograr la navegación y la terminación del túnel piloto.



### ***VI.1.5 CONSTRUCCIÓN DE LAS CAJAS DE DISPARO Y DEFLECTORAS***

Posterior al hincado de la tubería se procede a realizar el armado de las cajas disparo-guía y deflectoras. Del tipo de caja dependerá su armado ya que pueden ser armadas con el tubo de llegada a paño de muro el cual es coronado o puede contener la tubería que ha sido hincada con antelación.

Cualquiera que sea el caso, el proceso de construcción es similar a diferencia de que, cuando la caja contiene la tubería, esta deberá revestirla provisionalmente hasta que se lleve a cabo la demolición de la tubería interna para así dejar la tubería a media caña; pero en ambos casos, la función principal de estas es además de controlar los asentamientos del colector, dar mantenimiento al mismo.

### ***VI.1.6 RECONEXIÓN A LÍNEA EXISTENTE***

Una vez instalada la nueva tubería y teniendo la infraestructura lista para entrar en operación, debe procederse a la conexión de la nueva tubería con la línea principal anterior a la de proyecto. Esto se realiza ejecutando el desvío y cambio de dirección del flujo por medio de la media caña y taponamiento de la línea anterior, desviando así el flujo del agua a la nueva línea.

Particularmente en este caso, no se procedió a ejecutar dicho taponamiento debido al gran flujo y volumen de agua residual que por este colector es encausado, motivo por el cual se determinó reutilizar el colector antiguo como un colector de almacenamiento y dejarlo en operación secundaria.

### ***VI.1.7 CIERRE DE LUMBRERAS O VENTANAS DE INTERVENCIÓN Y CIELOS ABIERTOS***

Una vez realizadas las conexiones finales, se dispuso a ejecutar los cierres con material de banco, se llevaron a cabo los trabajos de nivelación y el posterior reencarpetamiento así como la limpieza y terminaciones requeridas por el trabajo a lo largo de todo el frente.

## **VI.2 CONTROL TOPOGRÁFICO**

Para conocer las características físicas de la zona que permitieron definir el área de proyecto, fue necesario realizar un levantamiento topográfico que contuvo el trazo y la nivelación de las poligonales de apoyo, así como planimetría y altimetría respecto a la infraestructura existente de drenaje, agua potable, agua tratada, gas natural, comunicaciones, etcétera.

Para definir las posibles interferencias con el colector de diseño, fue necesario sondear las cajas de válvulas de agua potable y los pozos de visita de las redes de drenaje existentes en la zona de proyecto.

Para observar el comportamiento del microtúnel una vez que dieron inicio a los trabajos de construcción, fueron colocados a lo largo del eje del colector puntos de control o referencias superficiales, las cuales se nivelaron con respecto a un banco de nivel profundo antes de iniciar con los trabajos de excavación y posteriormente, dos veces por semana durante este proceso. Con los resultados se hicieron gráficas de los movimientos y asentamientos con respecto al tiempo en obra y las excavaciones ejecutadas, para así, estar en condiciones de verificar el comportamiento de los hundimientos o de ser necesario, realizar el ajuste conveniente al procedimiento constructivo que estuviese generando algún problema considerable.

Antes de la construcción se revisaron las concordancias de cotas y niveles de los planos de obra con los planos correspondientes y debieron ser verificados posteriormente en obra, ya que todos los niveles fueron dibujados con referencia en los planos hidráulicos del área.

Ya que la distancia entre lumbreras era entre 80 a 90 metros, se recomendó colocar referencias superficiales a cada 25.0 metros sobre el eje del colector como se muestra de manera esquemática en la figura VI.2.1, mientras que en la figura VI.2.2 se presenta el detalle constructivo de dichos elementos.

El banco de nivel profundo se construyó en un punto cercano al cruce de la Av. Chimalhuacán y Cuauhtémoc (ver figura VI.2.1), aunque no con la especificación necesaria ya que este elemento debió desplantarse en la capa dura penetrando 30 centímetros en ella como muestra en el detalle de dicho elemento en la figura VI.2.2, debido a que el alcance de los trabajos de campo de este estudio no permitió ubicar dicha profundidad ya que se previó que dicha capa se encontraba de entre 30 a 40 metros de profundidad a partir del nivel de terreno; por lo cual, además de este banco, fueron utilizados dos bancos existentes auxiliares existentes en el área.

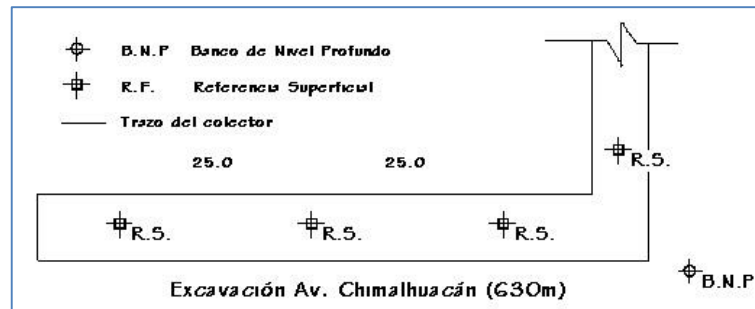


Figura VI.2.1 Planta esquemática del arreglo de bancos de nivel superficiales y profundos.

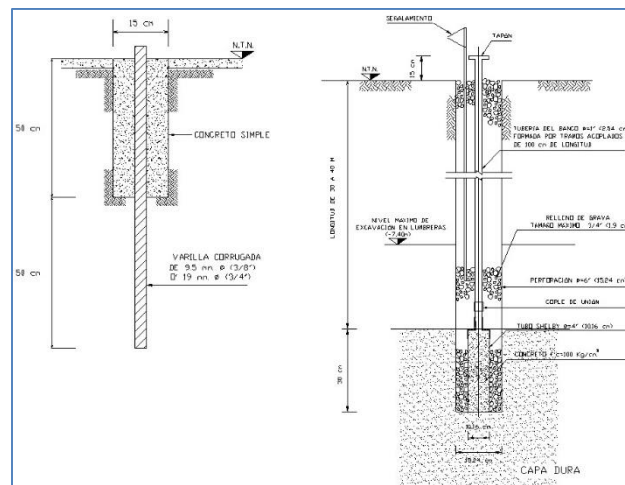


Figura VI.2.2 Detalle constructivo de las referencias superficiales R.S. (izquierda) y del banco de nivel profundo B.N.P. (derecha).

### VI.3 LUMBRERAS O VENTANAS DE INTERVENCIÓN

En el proceso de excavación y construcción de lumbreras se realizó a cielo abierto, con una estructura de contención temporal (ademe), constituida por tablaestacas de acero machimbradas e hincadas en el terreno, y colocando viguetas de acero funcionando como troqueles.





### VI.3.1 BOMBEO EYECTOR PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LUMBRERAS

Para iniciar el procedimiento de excavación y construcción de la lumbrera y con el fin de evitar el empuje de la subpresión debida a los lentes de arena que se ubican en la zona por excavar, fue necesario que previamente se efectuara el abatimiento del nivel freático y aliviar la presión piezométrica en las lentes contenidas, el cual requirió la instalación de un sistema de bombeo por gravedad, constituido por pozos de puntas eyectoras. El bombeo se realizó antes y durante el proceso de excavación con el fin de controlar las filtraciones, reducir las expansiones, aumentar el factor de seguridad de los taludes y mantener la excavación estanca.

El sistema de bombeo se integró por los pozos que en su interior llevaban las puntas eyectoras, la bomba centrífuga, el cárcamo y las conexiones de mangueras y tubos derivadores. A continuación se indican los pasos que deben seguirse para la ejecución e instalación del sistema de bombeo con pozos y puntas eyectoras:

- Perforación
- Colocación del ademe
- Colocación del filtro
- Colocación de bombas eyectoras.

En base a estos pasos, los pozos de bombeo se instalaron al interior de la excavación, separados a una distancia de 8.00 metros en el sentido longitudinal y de 4.0 metros de manera transversal como se indica en la figura VI.3.1.2; teniendo de profundidad de perforación 11 metros a partir del nivel del terreno actual.

Para la perforación de los pozos se puede utilizar broca de aletas o escalonada, pero en nuestro caso fue empleado un tubo de acero con bisel hincado con martillo hidráulico de 12 metros de largo. Los pozos tuvieron un diámetro de 30 centímetros, debiéndose tener en cuenta que durante la perforación de estos se utilizó exclusivamente agua a presión, ya que por ningún motivo se debe utilizar lodo para hacer la perforación de los pozos.

Para tener las perforaciones en condiciones necesarias para instalar el equipo de bombeo dentro de ellas, estas debieron estar limpias y libres de azolve o suelo. Para la limpieza se emplearon cucharas de percusión con objeto de extraer el azolve grueso, lodo o material de suelo y, después de terminar esta operación, se lavó la perforación con agua a presión hasta que el agua retornó libre de partículas, ya que por ningún motivo debe instalarse el ademe y el filtro dentro de una perforación hasta que no se haya limpiado previamente. Antes de ademar la perforación, fue necesario mantenerla llena de agua hasta rebosar, esto para evitar que sus paredes se cerraran.

El ademe en los pozos de bombeo fue de tubo de PVC de uso industrial o similar de 4" de diámetro. Los ademés fueron ranurados con el objeto de que el agua por bombear penetrara libremente a su interior. Las ranuras fueron de 30 cm de longitud y 3 mm de ancho (1/8") y el porcentaje de área de filtración del tubo no debió ser menor del 3 % ni mayor del 5 % del área perimetral del tubo.

Para evitar que el filtro de arena pase al interior del ademe, se colocó una malla del número 8 (ASTM) a su alrededor. La malla fue sujeta firmemente al ademe con objeto de no desprenderse durante las maniobras de instalación y debió cubrir perfectamente las ranuras.

Entre las paredes del pozo y las del ademe, se colocó un filtro de arena gruesa y grava fina limpias, cuya granulometría estaba comprendida entre los diámetros de 1 centímetro para el máximo y 0.25 centímetros para el mínimo. El material empleado debió cribarse y lavarse previamente a su colocación para eliminar todos los materiales finos que contenía y que pudieron obstruir el filtro durante su funcionamiento. Con el fin de establecer el flujo hidráulico en el pozo y hacer con ello más eficaz el bombeo, después de colocado el ademe y el filtro se agitó el interior del ademe con una cuchara de percusión.

Una vez que se era concluida la colocación del ademe y el filtro en el pozo, se introducía en el fondo la punta eyectora que a su vez debió quedar conectada al módulo de bombeo y quedando el nivel dinámico de las puntas eyectoras ubicado a 50 centímetros por arriba del nivel de desplante de cada pozo.

Para el control del abatimiento del nivel freático, fue necesario instalar como mínimo un tubo de observación del nivel freático aproximadamente en una esquina del área por excavar, desplantado a 10 metros de profundidad y formado por un tubo ranurado de 2" de diámetro dentro de un barreno de 6" de diámetro con el espacio anular entre el tubo y la pared del barreno relleno con grava bien graduada de 1/4" a 3/4" de diámetro. Este control era registrado cada 12 horas con la finalidad de elaborar gráficas tiempo-nivel dinámico con los datos registrados mediante el gasto de extracción y el nivel dinámico de cada pozo.

La operación de los pozos se programó de acuerdo con la etapa de excavación por atacar, debiendo activar todos aquellos que se encontraban dentro de la superficie correspondiente a la etapa, o bien, en la ventana que se mantuviera abierta, así como todos aquellos puntos de achique que se localicen dentro de un radio de influencia de 10 metros a partir del límite de la superficie por excavar.

El bombeo se debía iniciar obligatoriamente dos días antes de comenzar la excavación de una determinada etapa y se suspendió en cada pozo después de que se hubo concluido la construcción del colector con sus respectivos rellenos, o bien, que se llevara a cabo el cierre de la lumbrera. La excavación se podía iniciar una vez que el nivel freático se encontrara abatido en 8.50 metros a partir del nivel de terreno actual; aunque se dio el caso de que el inicio de la excavación pudo retrasarse, entonces, el bombeo debía suspenderse hasta que se conocía la fecha de excavación cumpliendo nuevamente con el bombeo previo ya indicado. Una vez suspendido el bombeo en cualquier etapa de excavación y habiendo retirado las puntas eyectoras, fue rellenado cada pozo con un mortero cemento-arena con una relación 1:3.

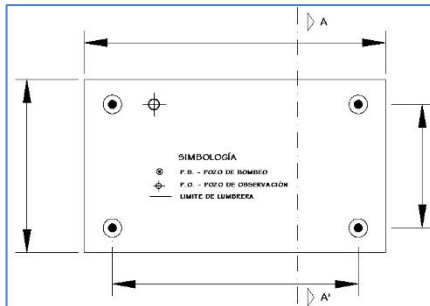


Figura VI.3.1.1 Planta esquemática del arreglo de pozos para el bombeo previo a la excavación de lumbreras.

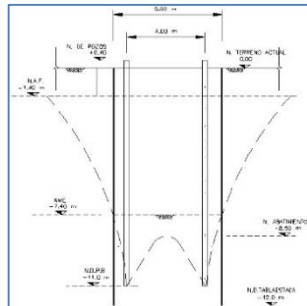


Figura VI.3.1.2 Corte esquemático A-A' del arreglo de pozos para el bombeo previo a la excavación.





Antes de iniciar cualquier trabajo referente a la colocación e hincado de las ataguías metálicas, se debió retirar todo tipo de estructuras e instalaciones así como raíces o tocones de árboles que pudieran existir en la zona donde serían hincadas.

Una vez concluidos los trabajos preliminares referentes al trazo y nivelación, se procedió a localizar en campo el sitio de instalación de forma precisa y la posición donde se hincarían las ataguías, esto previo a la localización de la zona en la que se construiría la caja correspondiente y habiendo ubicado y protegido cualquier instalación interferente.

## 2. Etapa II Instalación de Guía

Una vez concluida la etapa anterior, se procedió a colocar una guía apoyada sobre una superficie desplantada a 1.50 metros del terreno natural que sirvió para mantener fijo el pie de las ataguías metálicas durante los trabajos de hincado así como para prevenir desviaciones laterales en cada una de las ataguías por hincar. La posición y ubicación que se le dio a la guía debió ubicarse perfectamente en el sitio.

Una vez ubicada la posición de las ataguías en sitio, se procedió a excavar una zanja con una retroexcavadora, hasta una profundidad aproximada de 1.50 metros.

A continuación se debió colocar dentro de esa excavación un marco a base de viguetas mdrinas y troqueles con perfiles IPR de 12"x8" previamente soldados, siendo requerida para la soldadura empleada solo prueba visual a criterio del Supervisor y/o Residente de Obra por ser trabajo provisional de pailería. Dicho marco fue nivelado de acuerdo a bancos de nivel de proyecto.

Posteriormente se rellenó parcialmente la zanja con el material de banco (Tepetate) para que el marco guía quedase en una posición fija y se pudiese proceder a hincar la tablaestaca de acero en pares de 1.26 metros de ancho y de longitud requerida en proyecto, estas debidamente niveladas y plomeadas.

## 3. Etapa III Hincado de Ataguías

Las ataguías estuvieron formadas por perfiles estructurales del tipo AZ18 y AZ19, en pares de 1.26 o 1.40 metros de ancho y de longitud de entre 9.00 y 12.00 metros.

El proceso de hincado vertical de las tablaestacas machimbradas se dividió en dos fases, las cuales se realizaron en forma simultánea con las restricciones marcadas más adelante. Las fases son las siguientes:

- a) *Fase I Enfilado de paneles:* Sobre la superficie del terreno natural se formaron los "paneles de hincado" que consistían en el conjunto de dos ataguías metálicas como máximo, las cuales fueron numeradas y acopladas entre sí, engrasando a la vez cada una de sus juntas al ser embonadas. Posterior a ello y mediante el uso de una grúa de brazo suficientemente largo (tipo Pato), se procedió a su izaje y colocación dentro de la guía previamente instalada.
- b) *Fase II Hincado de Paneles:* Una vez realizado lo anterior, se procedió al hincado de las ataguías metálicas utilizando para ello un equipo mecánico vibrohincador grúa, el cual tuvo una resbaladera fija y un martillo cuya relación entre el peso del pistón y tablestaca varió entre 0.3 y 0.5 veces el peso de esta última y el cual contó con la fuerza suficiente para su hincado. Una vez colocado el panel de hincado dentro de la guía, con el extremo inferior de las ataguías dentro del espacio que define la guía, se procedió al hincado de las mismas atendiendo a los siguientes lineamientos:
  - La colocación del primer panel se debió efectuar en uno de los extremos del tablaestacado metálico por colocar.
  - Para la colocación (enfilado) de un segundo panel, el inmediato anterior debió haber sido hincado hasta el nivel de desplante.





- Cada ataguía debía ser embonada o acoplada correctamente con la anterior, con excepción de las esquinas de la lumbrera.
- Debió utilizarse un producto engrasante en las juntas de unión entre ataguías con la finalidad de reducir la fricción.
- Debió cuidarse y verificarse en todo momento la verticalidad de las ataguías durante el hincado, cualquier tendencia de desviación debió ser corregida inmediatamente.
- Para obtener una buena alineación y control de la verticalidad de las ataguías durante su colocación, se recomendó el uso de una guía con la finalidad de minimizar el riesgo de dificultades de hincado y problemas de desviación.
- Durante el proceso de izaje e hincado de las ataguías se verificaron constantemente, mediante el uso de plomadas artesanas, la alineación y verticalidad de la pared de las mismas.
- Durante el hincado de cada tablestaca, se garantizó el ensamble correcto y el hincado vertical; por ningún motivo se permitió que las tablestacas tuvieran longitudes diferentes entre sí

Una vez hincada cada una de las ataguías se obtuvo el nivel de la cabeza, verificando nuevamente dicho nivel al final del hincado de todas las tablestacas, debiendo corresponder al indicado en el proyecto.

La longitud total de las mismas fue de entre 9.00 y 12.00 metros. El hincado de las tablestacas se ejecutó de tal forma que se garantizó la correcta colocación de la ataguía, de tal modo que cumplió con el objetivo planteado en el proyecto. Estas tablestacas se empotraron como mínimo 0.3 veces la profundidad por debajo del nivel máximo de excavación.

#### 4. *Etapa IV Retiro de Ataguías*

La extracción de la ataguía se realizó una vez que se concluyó la etapa del hincado de la tubería en su totalidad y esta dependía de un buen hincado. Una pared bien hincada fue más fácil de extraer que otra cuyos elementos estuviesen torcidos, desviados y desajustados. Para realizar esta actividad, se empleó el mismo equipo con el que fueron hincadas, habiendo utilizado la misma vibración de hincado para el retiro de las mismas.

En el Anexo 8 plano “Tablaestacado”, se muestra con mayor detalle los procesos constructivos de tablaestacado para una lumbrera que fue ejecutada en esta obra, esto para dar una idea con detalle sobre los materiales, cortes, soldadura y colocación de troqueles.

### **VI.3.3 EXCAVACIÓN DE LUMBRERAS**

La excavación de las lumbreras se hizo a cielo abierto, limitada lateralmente por una estructura de contención a base de tablestacas de acero, vigas madrinan horizontales y puntales de viga IPR en posición “pata de gallo”, es decir, vigas transversales en las esquinas como se muestra en la figura VI.3.3.1.

Las tablestacas machimbradas de acero se hincaron verticalmente hasta una profundidad de entre 3.80 y 4.00 metros de profundidad por debajo del nivel máximo de excavación de la caja correspondiente y siguiendo la geometría de la estructura por construir, siendo colocadas tomando en cuenta el sobrancho señalado para las maniobras de construcción de la caja.

Para facilitar el hincado de las tablestacas, se efectuó una previa excavación guía con el ancho necesario para el perfil de las mismas, delimitando así, el lugar correcto de hincado ya que estas tablestacas constituirían parte de la estructura de contención y se hincaron en el perímetro exterior de las cajas.

Una vez concluido el hincado de tablestacas, procedió la excavación de la lumbrera empleando minicargador y retroexcavadora de manera continua y solo era interrumpida a 50 centímetros por debajo de los niveles de



apuntalamiento o vigas madrinas de acuerdo a su distribución en plano y teniendo especial cuidado de respetar las elevaciones indicadas.

La excavación de cada lumbrera era realizada en cuatro etapas, una seguida a otra después de la colocación y soldadura inmediata a la tablaestaca de cada uno de los marcos de vigas madrinas (VM-1, VM-2, VM-3 y VM-4) y por ningún motivo se permitió profundizar la excavación si faltaba alguno de estos troqueles.

La excavación se alternó con la colocación de puntales en los muros tablaestaca, es decir, cuando se excavaron los primeros 150 centímetros se detenía la excavación y se procedía a colocar el primer nivel de marco de vigas madrinas sin precarga (ver figura VI.3.3.2), troqueles los cuales se apoyarían en ménsulas de acero formadas por ángulo soldadas a la tablaestaca y separadas a cada 2.00 metros bajo la viga IPR de 12"x8" (71.5 kg/m) y a los cuales únicamente se les aplicó una presión de 10 toneladas para garantizar su apoyo. Cada etapa de excavación se reiniciaba hasta 50 centímetros por debajo de cada marco y se realizaba una vez que se había terminado la excavación, montaje y soldadura de puntales del marco anterior a la etapa actual, continuando de la misma forma hasta la etapa cuatro donde ya era alcanzado el nivel máximo de excavación, y una vez en este nivel, se procedió a afinar el fondo de la misma para ser colocada la cama de tezontle y plantilla de concreto simple en el fondo de la lumbrera (ver figura VI.3.3.2).

Alcanzada la profundidad de desplante de la lumbrera, se colocó en el fondo de la excavación una capa de 10 a 25 centímetros de espesor de tezontle (espesor variable con la finalidad de que se pudiese trabajarse en el fondo de la ventana de intervención), y sobre esta se colocó una plantilla de concreto pobre de  $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$  de 5 centímetros de espesor, colocando dos horas después el armado de la losa de fondo la cual desplantaría la construcción de cada caja, dejando las preparaciones necesarias para garantizar la unión estructural de la losa con los muros de la caja.

Cabe destacar que en las ventanas donde fueron ejecutados trabajos de hincado, la excavación debió ser de dimensión suficiente para permitir el eficiente desplazamiento de las operaciones del equipo de hincado, a fin de dar el espacio suficiente para el acomodo de la tubería en todo su perímetro interior. Aquí, las tablaestacas que interferían con el paso de la tubería hincada y que debían quedar por proyecto a lomo de esta, eran elevadas a ese nivel cuando el proceso de hincado alcanzaba dicha cota de construcción, quedando el suelo expuesto debido a esta acción y el cual, fue recubierto con malla de gallinero y concreto pobre para evitar la pérdida de humedad y deslizamiento de material en las áreas en exposición.

La fabricación del acero estructural de los marcos de vigas madrinas se rigió bajo las siguientes especificaciones:

- Se utilizaron vigas de acero A-36.
- La capacidad de carga fue de  $q_u = 2.0 \text{ ton/m}^2$ .
- Se utilizaron electrodos para soldadura serie E-70 en acero estructural: E-7024 o E-7018 de 1/8", para soldar en el plano horizontal y E-7014 para soldar en zonas de acceso complicado y de acuerdo a la norma A.W.S.
- Los cortes fueron realizados con soplete guiado mecánicamente.
- Las superficies por soldar debían estar libres de costras, escorias, grasa, pintura, rebabas, etc.
- El proceso de soldar debió evitar distorsiones en el miembro.
- Todas las soldaduras a tope fueron de penetración completa según especificaciones de la norma A.W.S. y llevaban placas de respaldo cuando eran soldadas por un solo lado.
- El precalentamiento y la temperatura entre pasadas estuvo de acuerdo a las normas A.W.S.
- Se rechazarían de inmediato todas las soldaduras que presentaron defectos aparentes de importancia tales como cráteres, grietas y socavaciones del material base.
- Se aplicó una mano de pintura anticorrosiva después de aprobar las piezas en el taller y se debió eliminar todas las escamas, óxidos y escorias previamente.



- Al soldar en el campo debió eliminarse la pintura en un área de 50 milímetros alrededor de la parte por soldar, misma que debió pintarse posteriormente.
- Se debió verificar la resistencia del terreno mínima indicada.
- Todos los soldadores que fueron empleados estaban calificados.

Para controlar las filtraciones de agua durante la excavación producto tanto del agua de lluvia como de las lentes de arena, nivel freático o cualquier flujo de la misma, fueron drenadas a través de los pozos perforados antes de la excavación y se controlaron por medio de un bombeo de achique. Se construyeron pequeñas zanjias rellenas con grava limpia en cada uno de los lados de la excavación, las cuales reconocieron su flujo hacia cárcamos de 40x40 centímetros excavados en las esquinas del fondo de la excavación, desde los cuales se extrajo el agua que se acumulaba por medio de bombas autocebantes.

En el Anexo 9 plano “Nivel de excavación”, se muestra con mayor detalle los niveles de excavación para así conocer de manera ilustrativa los niveles que tuvo cada etapa de excavación así como los niveles máximos de excavación de cada lumbrera. En el Anexo 10 plano “Colganteo de tubería”, se muestra el procedimiento de colganteo de tubería de 1.83 metros de diámetro en lumbreras C-1 y C-15 así como sus niveles de excavación.

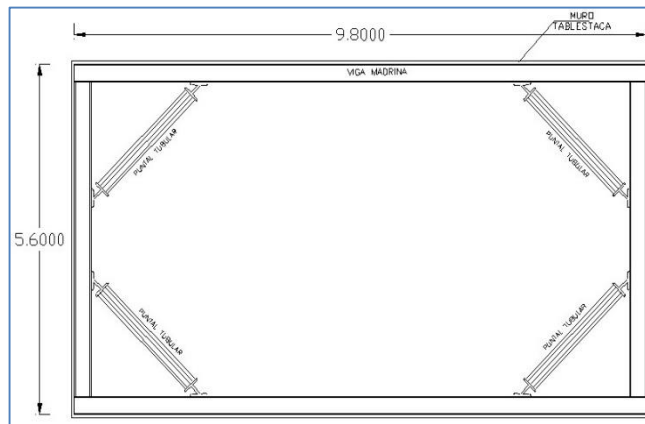


Figura VI.3.3.1 Planta de apuntalamiento en lumbreras.

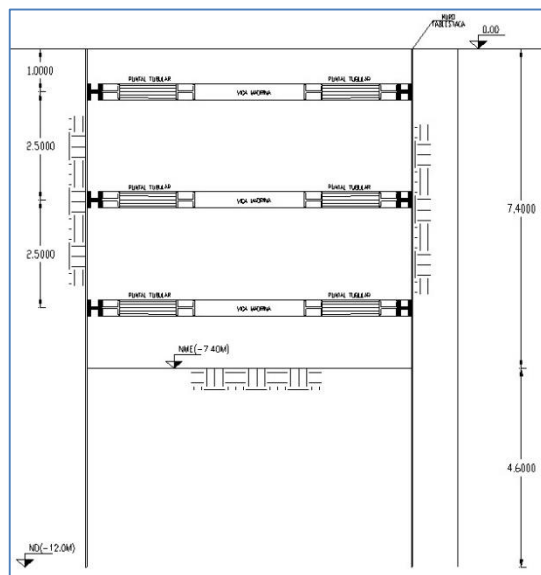


Figura VI.3.3.2 Detalle de excavación (tablaestaca y puntales) en lumbreras.



### **VI.3.4 RELLENO DE LUMBRERAS**

El relleno de excavaciones es el conjunto de operaciones que fueron ejecutadas para rellenar hasta el nivel original del terreno natural o hasta los niveles señalados por el proyecto las excavaciones realizadas para alojar las correspondientes estructuras y en sí, todos los trabajos que se ejecutaron subterráneamente (desvíos, instalaciones hidráulicas, etc.).

El relleno se efectuó invariablemente empleando material producto de banco específicamente “tepetate”, el cual debió cumplir las características físicas admisibles para su colocación y además las condiciones de limpieza (libre de rocas y/o basura orgánica e inorgánica), para así, ser cuidadosamente colocado y compactado a los lados de los cimientos de estructuras y en la periferia total de las tuberías en las que fue necesario su empleo. En el caso de cimientos y estructuras, este relleno tuvo un espesor perimetral mínimo de 60 centímetros y en el caso de tuberías, el relleno continuó hasta un nivel de 30 centímetros arriba del lomo del tubo; estando cualquier relleno y los niveles respectivos que debió alcanzar regidos por el proyecto, alcanzados por la colocación posterior y sucesiva de capas de 20 centímetros de espesor como máximo y en óptimas condiciones de humedad y apisonamiento. El relleno de excavaciones debió ser efectuado en forma tal que cumplió con las especificaciones de la técnica "Proctor" de compactación, tomándose en cuenta el espesor de las capas, el contenido de humedad del material, el grado de compactación, el procedimiento de apisonamiento, etc., esto para lograr la compactación óptima.

#### **VI.3.4.1 RELLENO COMPACTADO AL 95% PROCTOR**

El “relleno compactado” es aquel que se forme colocando el material en capas sensiblemente horizontales y del espesor previamente señalado pero en ningún caso mayor de 20 centímetros. Este relleno siempre debió contar con la humedad requerida por el material y siempre basada con la prueba Proctor para su máxima compactación. Cada capa fue compactada uniformemente en toda su superficie mediante el empleo de pistones de mano o neumático hasta obtener la compactación requerida con la finalidad de obtener un material uniforme.

Para cumplir con las especificaciones del empleo de estos rellenos en obra y para cumplir con la calidad que era requerida, se llevaron a cabo pruebas de laboratorio para medir la compacidad en capas aleatorias en diferentes etapas de colocación y todos los sitios en los que el uso de este relleno estuvo presente y pruebas de las cuales dependía siempre la aprobación o reemplazo del material de relleno que había sido colocado y compactado.

#### **VI.3.4.2 RELLENO DE SUELO-CEMENTO**

Se entenderá por suelo-cemento a la mezcla que resulta de combinar cemento en una cantidad de 150 kg/m<sup>3</sup> (salvo que el proyecto especifique una cantidad diferente) con material inerte seleccionado, siendo “tepetate” el material a usar para este tipo de relleno el indicado por proyecto. Su cuantificación está dada por metro cúbico del material efectivamente colocado, por lo que en su elaboración se debe contemplar mermas, desperdicios y disminuciones volumétricas.

El objetivo del empleo del suelo-cemento y en este caso particular, fue el de rellenar con este material los sitios que indico el proyecto y de forma más practica en obra, ejecutar el relleno de los sitios donde la colocación de tepetate no estaba ubicado en un lugar de fácil acceso y por ende no se podía efectuar la compactación del mismo.

## **VI.4 HINCADO DE TUBERÍA**

El tubo de concreto reforzado prefabricado es el material de tubo más comúnmente utilizado en las operaciones del método de hincado. El tubo de concreto se instala frecuentemente mediante el método de hincado



en donde son necesarias instalaciones profundas donde no son posibles las excavaciones abiertas convencionales ni los métodos de relleno.

Por primera vez, se utilizó el método de hincado de líneas de tubos de concreto en Norte América por parte del Ferrocarril del Pacífico Norte entre los años de 1896 y 1900. En años más recientes, esta técnica se ha aplicado en la construcción de alcantarillado donde se emplean ejes intermedios como estaciones de hincados a lo largo de la línea.

Se han instalado exitosamente con este método de hincado, tubos reforzados de espiga y campana tan pequeños como de 450 milímetros y tan grades como 3350 milímetros de diámetro.

#### ***VI.4.1 PROCEDIMIENTO DE HINCADO***

El procedimiento usual para utilizar el hincado de tubo de concreto es equipar el borde delantero del primer tubo con un escudo, esto con la finalidad de proteger a la gente y al tubo mismo.

Este método se emplea en la minería manual. Cuando se utiliza una máquina de perforación, el extremo posterior de esta máquina se adapta al tubo en el que se usa el hincado.

Al añadir tramos sucesivos de tubo entre el primer tubo y el hincado, el tubo es empujado con el gato hacia delante, de esta forma, se excava el suelo y se remueve a través del tubo. El material se maneja con cuidado y la excavación no precede a la operación de hincado más de lo requerido.

Cuándo el método empleado utiliza una perforadora, esta se extiende a lo largo del tubo antes de llevar a cabo el método de hincado. Este procedimiento resulta en una menor afectación de los suelos naturales que rodean al tubo.

Los contratistas generalmente consideran conveniente el revestir la parte exterior del tubo con lubricante como la bentonita, esto para reducir la resistencia de fricción entre el tubo y el suelo.

En la mayoría de los casos, este lubricante se bombea a través de accesorios especiales que se instalan en la pared del tubo. Es aconsejable continuar con las operaciones de método de hincado durante 24 horas al día hasta terminar, debido a la tendencia del tubo empujado con el hincado a asentarse cuando el movimiento hacia adelante se interrumpe aunque sea unas pocas horas, lo cual causará una significativamente mayor resistencia de fricción.

Es importante que la dirección del método de hincado sea cuidadosamente definida antes de iniciar la operación. Esto requiere el levantamiento de rieles guía en el fondo del tubo usado por el método, siendo para el caso de tubos grandes, aconsejable contar con tales rieles colocados en una losa de concreto como lo fue en este caso. La cantidad y la capacidad de los hincados empleados dependen principalmente del tamaño, la longitud del tubo que será empujado mediante el hincado de tubería y el tipo de suelo presente. Las paredes del túnel deberán ser lo suficientemente resistentes y amplias para distribuir la capacidad máxima de los hincados contra el suelo detrás de la pared del túnel

Se debieron controlar los movimientos que pudo sufrir la superficie del pavimento sobre el eje del trazo del hincado del colector; para ello, se colocaron puntos de control a cada 3.00 metros de separación entre si cubriendo la longitud de hincado y a cada lado del eje de trazo. Se tomó una lectura semanal durante las tres semanas anteriores al inicio de los trabajos en todos los puntos, una lectura diaria durante el tiempo que duraron los trabajos y por último tres lecturas semanales concluyendo el hincado.

El proceso de hincado de tubería descrito de forma general paso a paso fue el siguiente:



1. Las lumbreras se excavan a cada lado. El gato descansa contra la parte posterior del pozo izquierdo así que se añade un tope de acero o madera como refuerzo, en este caso, un muro de reacción. Se coloca un simple carril para guiar la sección del tubo de concreto y se coloca el gato en posición sobre su base.

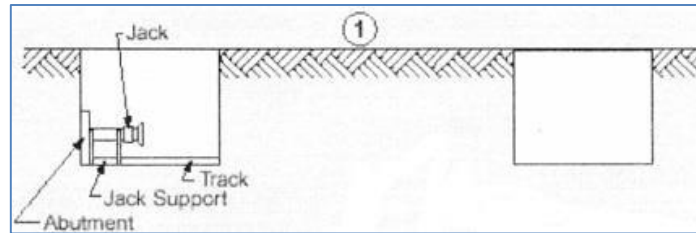


Figura VI.4.2.1

2. Se baja una sección de tubo de concreto a la lumbrera.

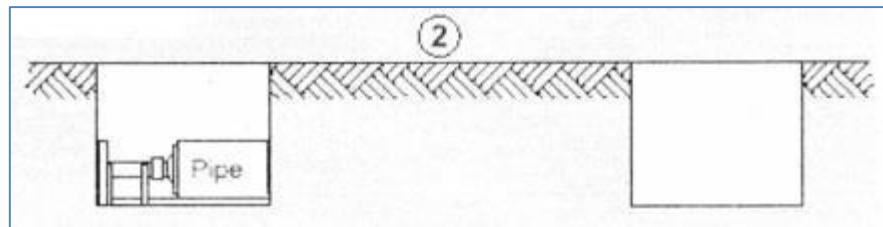


Figura VI. 4.2.2

3. Los gatos se ponen en operación empujando hacia delante la sección del tubo.



Figura VI.4.2.3

4. El gato se retraen y se añade un espaciador entre el gato y el tubo.



Figura VI.4.2.4

5. Se operan los gatos y el tubo se empuja hacia delante en conjunto al giro del escudo que corta el material de suelo.

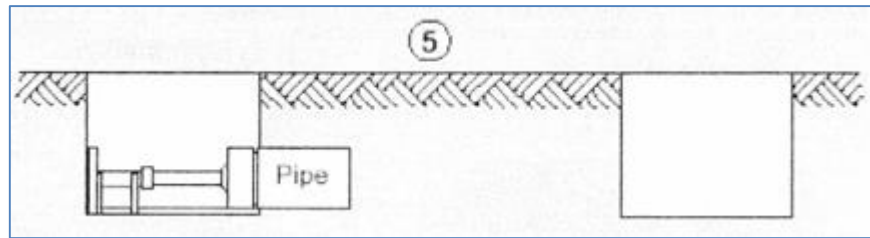


Figura VI.4.2.5

6. Pudiera ser necesario repetir los pasos 4 y 5 anteriores varias veces hasta que el tubo se empuje lo suficientemente hacia adelante para dejar espacio a la siguiente sección del tubo. Por lo tanto, es extremadamente importante que los recorridos o avances del gato sean lo más largos posibles con la finalidad de reducir tiempo y costo.



Figura VI.4.2.6

7. La situación ideal sería tener el avance del gato más largo que el tubo para eliminar por completo la necesidad de los espaciadores.

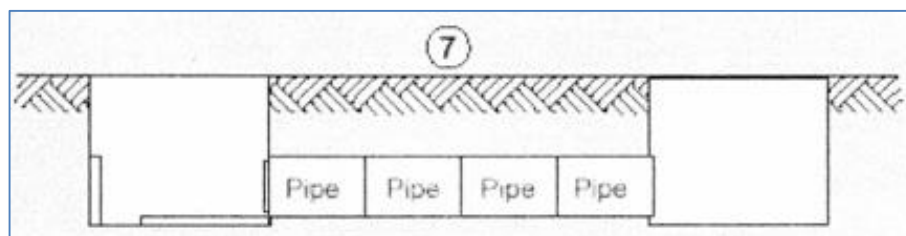


Figura VI.4.2.7

8. La siguiente sección de tubo se baja al pozo y se repiten los pasos anteriores. El proceso completo se repite hasta que la operación se completa.

En obra y en base a los pasos anteriores (haciendo hincapié en el ganeo al iniciar el hincado de tubería), fue colocado y acoplado en el muro de reacción (o estructura de empuje) el equipo de hincado como es indicado en los detalles del plano (Anexo 11 plano “Proceso constructivo de hincado y muro de reacción”). El equipo de empuje ejecuto inicialmente el hincado del escudo a 0.5 metros a paño del muro tablaestaca y seguido a esto, fueron retraídos los gatos hidráulicos. Una vez acoplada el equipo, fue bajado el primer tubo hasta la corredera, se colocó la extensión de 0.5 metros en el tren de hincado y se procedió a dar toda la carrera a los gatos hidráulicos, mismos que al llegar al máximo de su carrera, fueron contraídos y se procedió a retirar la extensión de 0.5 metros del tren de empuje. A continuación, se procedió a acoplar al tren de empuje la extensión de 1.0 metro; una vez hecho lo anterior se continuo con el hincado de tubería volviendo a accionar los gatos de empuje dándoles toda la carrera.



Finalizando esto, se procedió a retraer los gatos y retirar del tren de empuje la extensión de 1.0 metro, usando el espacio libre que queda en el tren de empuje para colocar un nuevo tramo de tubería el cual se acoplaba al tren de empuje. Sin ninguna extensión y con los gatos retraídos, una vez acoplada la tubería se continuó con el hincado dando nuevamente toda la carrera a los gatos de empuje repitiéndose hasta culminar con la longitud de la etapa de hincado.

Particularmente, el proceso constructivo de hincado de tubería de acuerdo a la forma de ejecución en campo, tuvo las características que se describen a continuación:

- a) El hincado se realizó por medio del empuje de gatos hidráulicos, estos tuvieron una capacidad mínima de 800 toneladas para el empuje de la tubería y el escudo a través del suelo. La operación de dichos pistones debió tener el acomodamiento apropiado a fin de que cada uno de ellos generará una presión uniforme.
- b) Se hizo de tal manera que en ningún caso se tuviese una desviación en la alineación de proyecto mayor de 10 milímetros.
- c) La tubería de concreto se colocó con la campana hacia aguas arriba.
- d) Simultáneamente al avance del escudo, en cuanto se agotó la carrera del vástago se retrajeron los gatos y se colocaron las viguetas de transmisión del empuje entre los mismos y el atraque de reacción, siendo así ejecutado el avance total de la tubería.
- e) La tubería durante la ejecución de la obra se hincó del extremo aguas abajo hacia aguas arriba preferentemente.
- f) Las juntas de unión de la tubería se acojinaron mediante un anillo de madera o triplay (sufridera), con la capacidad de transmitir la carga de hincado de una manera uniforme a fin de evitar que se dañaran los tubos o las juntas de unión.
- g) Se empleó una grúa de izaje para introducir en la ventana de intervención o lumbrera el equipo de hincado así como la tubería a hincar, colocándolos sobre la estructura de deslizamiento y apoyo guía a fin de poder soportar y guiar la tubería de acuerdo al alineamiento vertical y horizontal del proyecto.
- h) El espacio comprendido entre la pared exterior de la tubería y el suelo, debió mantenerse (en el caso que fuese necesario) ocupado por lodo de bentonita u otro tipo de lubricante durante las operaciones de excavación e hincado de la tubería, esto a fin de reducir la fricción y la posibilidad del estacionamiento del hincado así como evitar que la tubería se someta a una carga excesiva de empuje y pueda ser dañada.
- i) El desplazamiento de la excavación mediante el escudo fue de manera simultánea al empuje de la tubería en todo momento. Las juntas de unión de las tuberías fueron selladas herméticamente mediante el uso de empaque de hule, sello expansor y calafateo a base de resina o mortero.
- j) Este procedimiento se repitió para los tramos siguientes hasta que se logró el hincado de la longitud total de la tubería.

#### ***VI.4.2 CONDICIONES DE CONTROL DE ALINEAMIENTO VERTICAL Y HORIZONTAL***

La empresa contratista se rigió bajo las siguientes condiciones de construcción, a fin de brindar la calidad que el proyecto en sí requería:

##### **A. Control de la ejecución.**

- La Coordinación Técnica del Proyecto indicó físicamente la ubicación de las referencias del trazo y de los bancos de nivel. La contratista verificó estas referencias y bancos de nivel previamente al inicio de la obra, y en caso de encontrar algún error o discrepancia, ésta debió reportarlo a la Coordinación Técnica del Proyecto, a fin de aclararlo.
- La contratista debió ejecutar la obra de acuerdo a las referencias y bancos de nivel establecidos por la Coordinación Técnica del Proyecto.







- La contratista fue totalmente responsable de la precisión de la ejecución de la obra, incluyendo la ubicación de las estructuras, excavaciones, alineamiento vertical y horizontal de la tubería.
- La contratista debió ubicar los aparatos de control para la guía del túnel de tal manera que estos no fuesen afectados por algún movimiento del suelo o por las vibraciones que generara el equipo.

#### B. Asentamiento del suelo.

- La contratista debió prever, de acuerdo al proyecto, la proximidad de la ubicación de estructuras, pavimentos y servicios existentes; esto para tomar precauciones necesarias a fin de evitar que fueran dañados u ocurriera algún asentamiento en ellos.
- En el evento en que se detectara algún hundimiento, la coordinación Técnica del Proyecto pudo haber ordenado la suspensión temporal de la obra o el pago de la afectación si fuese el caso. Antes de proceder a continuar la obra, la contratista debió corregir las causas en el proceso constructivo o en el equipo que hayan ocasionado dichos asentamientos.

#### C. Línea y pendiente

- La excavación y el hincado tuvieron una tolerancia permisible de 10 milímetros en la pendiente y de 30 milímetros por cada 30 metros en la línea.
- Cuando la excavación excedió de estas tolerancias, se debieron realizar las correcciones necesarias para reubicarse dentro del proyecto.

### VI.4.3 CARGAS EN EL TUBO HINCADO

Dos tipos de cargas actúan sobre el tubo de concreto reforzado instalado mediante el método de hincado: la carga axial derivada de las presiones del método aplicadas durante la instalación y la carga de soporte debida a la cubierta de tierra con alguna posible influencia de las cargas vivas que generalmente se hacen presentes después de terminada la instalación.

*Cargas axiales:* Para las cargas axiales que se encuentran normalmente, se necesita proporcionar una distribución relativamente uniforme de la carga alrededor del perímetro del tubo con la finalidad de prevenir una concentración de tensión localizada o puntual; esto se logra asegurando que los extremos del tubo estén paralelos dentro de las tolerancias establecidas para el tubo de concreto reforzado. Utilizando algún material para amortiguar esta fuerza tal como triplay de centro sólido o aglomerado, y con precaución por parte del quien ejecute los trabajos, se debe asegurar que la fuerza de este método está debidamente distribuida en la totalidad de la superficie de contacto en la estructura de hincado y paralela al eje del tubo. El área transversal del tubo de concreto debe ser la adecuada para resistir las presiones encontradas en cualquier operación normal, es por esto que siempre se deben conocer las fuerzas de este método que se espera aplicar al tubo.

Para los proyectos en donde se anticipan las presiones extremas debidas a extensas distancias o excesivas fuerzas de fricción unitarias, se podrían requerir de fuerzas compresivas de concreto mayores que las usuales junto con un mayor cuidado para evitar concentraciones de fuerza de apoyo.

El factor de seguridad en la capacidad de carga axial deberá ser de 3.20 basado en la máxima resistencia del concreto. Se deberá evaluar así mismo el efecto de las cargas excéntricas o concentradas en las uniones espiga-campana del tubo.

La magnitud de las cargas axiales anticipadas está en función de muchos factores entre los que se incluyen la técnica de instalación, la longitud total de hincado, la fricción superficial del concreto, el diámetro del tubo y la resistencia de la pared de empuje del mismo.



La fuerza total del método de hincado del tubo de concreto “ $F_{js}$ ” depende de varios factores primarios y se ajusta a la siguiente ecuación:

$$F_{js} = \frac{(A_j)(f'_c)}{S.F.}$$

Dónde:

- $F_{js}$  Fuerza directa de compresión  
 $A_j$  Área Transversal del tubo en el punto más débil (normalmente la unión)  
 $f'_c$  Resistencia a la compresión del concreto  
 $S.F.$  Factor apropiado de seguridad

*Ecuación IV.4.3.1 Ecuación para cálculo de la fuerza total de compresión en el tubo*

Adicionalmente se deberá evaluar la flexión longitudinal debida a la excentricidad de la carga en la superficie de la unión. En general, el tubo completo permanece bajo compresión a pesar de una mínima flexión debida a la excentricidad entre el centro de la superficie de la unión y la sección grande de pared más allá de la unión. Con algunos diseños, la fuerza resultante está actuando considerablemente fuera de la línea central de la pared, creando un esfuerzo de tensión neto. En tales casos, este stress deberá estar limitado a  $3(f'_c)$ .

*Cargas laterales:* Estas cargas pueden ser el resultado de la fuerza aplicada al tubo si la estructura de hincado no está cuadrada al extremo del tubo de concreto en el método. También se presentará una presión lateral si el tubo está fuera de trazo o nivel. Esta acción somete los extremos de espiga y campana del tubo a cargas extremas de esfuerzo cortante.

*Cargas de tierra y en movimiento:* El cálculo de la resistencia del tubo requerida se determina a partir de la profundidad del suelo, su masa y las cargas vivas si fuese el caso. El programa de software PipePac, de la American Concrete Pipe Association, puede ser de gran ayuda para determinar la capacidad requerida de soporte de carga del tubo.

Los otros dos factores a ser considerados incluyen la dimensión de la holgura en la parte exterior del tubo de concreto reforzado hincado y si está área esta lechada o sin lechar posterior a la instalación del tubo. Una vez que se determina la holgura, el programa PipePac toma en cuenta los cálculos de carga basándose en las condiciones de lechada o no lechada.

#### VI.4.4 CARACTERÍSTICAS DEL TUBO HINCADO

Para el hincado de tubería, fue suministrada tubería de 2.44 metros de diámetro interior de grado III pared "B" con junta hermética, reforzado con virola, teniendo especial cuidado con lo siguiente:

- *Materiales:* Cumplir con las especificaciones en las normas apropiadas para los requerimientos de cemento, agregados, acero reforzado y otros aditivos que sean empleados para su fabricación.
- *Fabricación:* El tubo de concreto reforzado fue fabricado de acuerdo a la norma NMXC-402-2004-ONNCCE, con especial atención en las dimensiones nominales, las longitudes del tubo, la resistencia compresiva del concreto y el tipo de agua que por él sería conducida. La resistencia compresiva del concreto en ningún momento deberá ser menor a 40 Mpa (megapáscales).

Hay cuatro aspectos fundamentales que caracterizan y condicionan el diseño de la tubería de hinca:





- I. Limitación de la longitud útil a tres metros como máximo para evitar el pandeo. Así mismo, las superficies de los frontales de los tubos que transmitirán la carga del empuje durante el montaje de la tubería deben ser planas y estar libres de irregularidades que puedan dar lugar a concentraciones puntuales de carga.
- II. Los tubos llevan un zuncho metálico galvanizado (virola) en uno de sus extremos de forma que para conseguir la estanquidad de la conducción se colocara una junta elástica en el extremo macho del tubo para que en la unión haga tope contra la virola. Esta virola debe ser de acero y se incorpora a los tubos durante el proceso de fabricación de modo que su unión resulte monolítica. Para ello se conecta adecuadamente a la armadura de la tubería. Además entre las testas de los tubos se intercalan aros de madera conglomerada (sufrideras) que evitan el descorche del concreto al recibir los esfuerzos de empuje.
- III. Los tubos de hincia llevan instalados unos taladros metálicos en las paredes del tubo para facilitar la instalación en obra al permitir la inyección de lodos bentoníticos que lubrican el suelo-tubo, reduciendo el rozamiento y evitar el posible desmoronamiento del terreno perforado.
- IV. En el caso de juntas a medio espesor las armaduras de los tubos de hincia deben prolongarse desde el cuerpo del tubo hasta los extremos macho y hembra. La armadura transversal debe reforzarse en un 20% en ambos extremos del tubo en una longitud de 0.25 D con un mínimo de 25 centímetros, además se deben disponer estribos que conecten la armadura longitudinal en no menos de un 10% de la armadura transversal, con una separación máxima entre barras de 40 centímetros.

El tubo contuvo dos armazones de refuerzo circular en el cuerpo; el armazón exterior se debió extender hasta la campana del tubo, y el armazón interior se debió extender hasta la espiga del tubo.

El tubo requerido por proyecto se fabricó solamente con armazones de refuerzo circular, ya que no se permite en ningún momento el refuerzo elíptico de acero en el tubo para este método de hincado.

En tanto las condiciones que garantizaban el correcto funcionamiento de hincado, para este caso particular fue solicitado que el extremo de la campana fuese reforzado mediante el uso de una virola de acero externa calibre 12 y 203 milímetros de altura, donde la tira de acero debió ser soldada a la parte exterior del armazón de refuerzo utilizando los espaciadores apropiados.

Cabe mencionar que se instalan generalmente puertos de lubricación de bentonita al momento de la fabricación, lo que podría o no involucrar el uso de una válvula unidireccional. Lo mejor para este caso es verificar el método de hincado, material y equipo con la finalidad de ubicar estos puertos en dónde mejor sean útiles.

Las uniones del tubo debieron ser lo más simétricas posible, esto es, el grueso de la espiga debió de ser lo más cercano posible al grosor del extremo del campana. Dentro de las opciones de empaques a utilizar para el tubo se encuentran el anillo en O (o Ring) o single offset (de cuña) ya que a estos tipos de empaque no los afectan los pequeños movimientos esperados en el área de la unión conforme se aplica y se disminuye la presión de hincado.

#### **VI.4.5 MURO PANTALLA DE REACCIÓN**

La pantalla de reacción es la que servirá de apoyo al equipo de empuje para el hincado de la tubería de concreto de  $\varnothing=2.44$  de diámetro interior. Durante el armado de la losa de fondo en las lumbreras donde fue colocado equipo de hincado (ventanas "C-4" y "C-6"), se dejaron las preparaciones necesarias para garantizar la unión estructural de la losa con los muros de la caja además de dejarse embebidas las varillas para la fijación de las viguetas que constituyeron la estructura de apoyo para guía y deslizamiento de los tubos por hincar.

Cuando esta losa alcanzó la resistencia de proyecto, se procedió al armado, cimbrado y colado del atraque de concreto que se utilizó para el hincado de tubería denominado *Muro de Reacción*. Durante la construcción del atraque de concreto, se instalaron anclas donde se fijaron las placas y las viguetas guías que se utilizaron durante el hincado del tubo de concreto.



Los tres *muros de reacción* se construyeron con concreto de  $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$  de resistencia rápida (RR) a un día y con refuerzo estructural armado con varillas del No.5, los cuales contenían la preparación para la colocación de los cuatro gatos hidráulicos con los que el equipo de empuje transmitiría la presión entre el muro y la cabeza del escudo. Una vez realizada la estructura para la pantalla, esta estructura se recubrió en la zona de contacto con el equipo de empuje con una placa de Acero A-36 de  $\varnothing = 1''$  (2.54 centímetros) para repartir los refuerzos en toda la pantalla.

La colocación de la pantalla de reacción se rigió bajo las siguientes especificaciones:

- La pantalla de reacción sirvió de apoyo al equipo de empuje para el hincado de la tubería de concreto de 2.44 metros de diámetro interior.
- Esta pantalla se colocó no sin antes haber colocado las columnas C-1 y trabe T-2 para reforzar los huecos antes de iniciar cualquier demolición.
- La pantalla de reacción fue hecha a base de vigas de acero A-36 formando una estructura, esta se apoyó sobre el refuerzo del tapón que consistió en vigas de acero A-36 soldado perimetralmente al anillo de forma radial.
- Una vez realizada la estructura para la pantalla, esta estructura se recubrió en la zona de contacto con el equipo de empuje con una placa de Acero A-36 de  $e = 1''$  (2.54 centímetros) para repartir los refuerzos en toda la pantalla.

En el Anexo 11 plano “Proceso constructivo de hincado y muro de reacción”, se muestra a detalle el proceso constructivo de los *muros de reacción* necesarios para recibir el empuje del gateo del equipo de hincado.

#### VI.4.6 USO DE BENTONITA

Este material fue empleado principalmente como lubricante para disminuir la fricción que generaba el hincado de la tubería con el suelo, así como para el relleno de cavidades entre la tubería y el suelo.

##### VI.4.6.1 MORTERO BENTONÍTICO

Terminando la colocación de los anillos se rellenó el espacio anular entre las paredes exteriores de ellos y las paredes de la excavación con la mezcla de mortero-bentonita de resistencia a la compresión de  $100 \text{ kg/cm}^2$ .

Para el mezclado del mortero y su fabricación, fueron consideradas las especificaciones del Reglamento de Construcciones del Departamento del Distrito Federal y los requerimientos establecidos por las normas ASTM C270 y las del Uniform Building Code (UBC), y debió cumplir con la siguiente dosificación:

- 2 partes de cemento portland.
- De 3 1/2 partes a 4 1/2 partes de cal hidratada.
- 1/2 parte de bentonita.
- La relación volumétrica entre la arena y la suma de cementantes debió encontrarse entre 6 a 7.
- Debió emplearse la cantidad mínima de agua que dio como resultado un mortero fácilmente trabajable de revenimiento de 20 centímetros.
- Por cada metro cúbico de la mezcla, debió aplicarse 1.0 kilogramos de fibras sintéticas
- Debió emplearse un aditivo impermeabilizante integral para morteros, a una razón del 2 al 4% del peso del cemento empleado en la mezcla.



Antes de la incorporación del mortero se verificó, por medio de las pruebas de laboratorio establecidas en la norma NOM. C61, que la resistencia a la compresión del mismo se encontraba dentro del intervalo de las resistencias especificadas.

#### **VI.4.6.1.1 ESPECIFICACIONES PARA LOS MATERIALES**

En cuanto a agregado se refiere, para la granulometría de la arena que se empleó en la elaboración de mortero debió cumplir con los valores de la siguiente tabla, especificando que los granos de arena deben presentar una alta resistencia y no tener poros ni oquedades interiores:

Malla	Porcentaje que pasa 100
3/8"	
No. 4	95 al 100
No. 8	80 al 100
No. 16	50 al 85
No. 30	25 al 60
No. 50	10 al 30
No. 100	2 al 20
No. 200	4 al 6

*Tabla VI.4.6.1.1.1 Definición de la granulometría de agregado pétreo para el mortero que se incorporará en los espacios anulares entre los anillos y la pared vertical de la excavación*

El cemento que fue utilizado fue Cemento Portland tipo "RS" más puzolana de resistencia a los sulfatos clasificación CPC 30 RS

El agua que se empleó para fabricar la mezcla cumplió con la norma NOM C-122-1982, potable específicamente.

El aditivo empleado fue un impermeabilizante integral del mortero sin que afecte su resistencia; el empleado fue Festegral.

#### **VI.4.6.1.2 MEZCLADO Y COLOCACIÓN DEL MORTERO**

La consistencia del mortero se ajustó tratando de alcanzar una fluidez mínima compatible con una fácil colocación (revenimiento de 20 cm). Los materiales se mezclaron mecánicamente en un recipiente no absorbente.

Previamente al mezclado debió evitarse la segregación de arena, ya que las variaciones en su granulometría pueden originar cambios en la consistencia del mortero.

En caso de que el mortero empezará a endurecerse, podía ser remezclado hasta que volviera a tomar la consistencia deseada, pudiéndosele agregar agua si era necesario, en proporciones que no alteraban en forma considerable la resistencia a la compresión del mismo.

Los morteros debieron ser usados dentro de un lapso de dos horas a partir del mezclado inicial. El equipo y el método utilizados para colocar el mortero debieron evitar la separación del agregado que conformaba a la mezcla. Además, el equipo quedó dispuesto de manera que el mortero no tuviese problemas en el lugar determinado para su colocación.

Por cada espacio entre dos vigas-guías verticales se recomendó utilizar dos tubos Tremie para asegurar una colocación uniforme simultánea de mortero en la excavación.



## VI.4.6.2 LODO BENTONÍTICO

Para reducir el rozamiento tubería-suelo se consideró el uso de la bentonita como lubricante, mismo que fue inyectado en diferentes cotas donde este fue requerido para disminuir la fricción durante el método de hincado de tubería, ya que redujo en estas zonas de hincado el rozamiento por debajo de 10 KN/m<sup>2</sup>, siendo el coeficiente de fricción tubo-relleno más descriptivo  $m=20$  KN/m<sup>2</sup>.

La densidad mínima de lodos bentónicos fue de 1.07 t/m<sup>3</sup>. La viscosidad de embudo de Marsh se eligió en la obra de acuerdo con el material más permeable que la excavación este atravesando y se mantendrá constante. Por ejemplo para atravesar el limo con arena fina sumergida en agua subterránea la viscosidad de embudo de Marsh debió estar entre los 38 y 43 seg/945 cm<sup>3</sup>. Si la excavación posteriormente atravesaba los materiales arena con grava sumergidos al agua subterránea, la viscosidad de embudo de Marsh fue entre los 55 y 65 seg/945 cm<sup>3</sup>. Para todos los suelos posteriores que no exigen la viscosidad mayor de los 55 seg/945 cm<sup>3</sup>, esta se mantendrá igual a los 55 seg/945 cm<sup>3</sup>. Los rangos de las viscosidades de embudo Marsh se eligieron de acuerdo con la siguiente tabla:

Arcilla	27-32 seg/945cm <sup>3</sup>
Arena limosa	29-37 seg/945cm <sup>3</sup>
Arena fina o gruesa	38-43 seg/945cm <sup>3</sup>
Arena con grava	42-47 seg/945cm <sup>3</sup>
Grava	60-70 seg/945cm <sup>3</sup>

Tabla VI.4.5.2.1 Viscosidades de embudo Marsh

El agua que se empleó debió cumplir con la norma NOM-C-122-1982 y de acuerdo con dicha norma se realizarán el muestreo y las pruebas de laboratorio. Fue posible utilizar otro tipo de agua siempre y cuando se comprobara su efectividad por medio de las pruebas de laboratorio correspondientes y que no alterara su composición.

La bentonita se agregó poco a poco a la corriente de agua agitada, continuando el mezclado por medio de mezcladoras mecánicas. Fue necesario dejar en reposo la mezcla una hora para lograr una hidratación de bentonita del orden del 100%.

Las pruebas de calidad de las suspensiones bentoníticas se realizaron por medio de las pruebas de densidad, viscosidad, filtro presurizado, contenido de arena y mediciones de pH, siendo los puntos de muestreo los siguientes: la mezcladora, excavación y planta de tratamiento de lodos.

El programa de pruebas fue el siguiente:

1. Después del mezclado se midió la densidad, la viscosidad de embudo Marsh, resistencia de gel a 10 min y filtración presurizada.
2. Mientras fuese necesario, se verificó en los depósitos por verter, en la excavación y en la planta de tratamiento de lodos la densidad, la viscosidad de embudo Marsh, contenido de arena, y filtración presurizada.
3. Inmediatamente antes de la colocación de concreto al fondo de la excavación con el tubo Tremie se checo en la excavación la densidad, la viscosidad de embudo Marsh, contenido de arena, y pH.

Las mismas pruebas se realizaron durante y/o después de los eventos extraordinarios que ocurrían en la excavación cuando se daba el caso, como son por ejemplo: después de lluvias torrenciales, desprendimientos o derrumbes de bloques de tierra de las paredes de la excavación, importante contaminación de lodos con el material





de suelo natural u otros como es el agua de drenaje, después de abandonos de la obra cuando los lodos permanecieron en reposo durante largos periodos, etc.

FUNCIÓN	CONCENTRACION PROMEDIO DE BENTONITA (%)	DENSIDAD G/CM <sup>3</sup>	VISCOSIDAD PLÁSTICA cP	RESISTENCIA DE GEL A 10 MIN G/M <sup>2</sup>	pH	CONTENIDO DE ARENA (%)
SOPORTE DE PAREDES DE EXCAVACIÓN	> 11.9 %	> 1.07				1 % *
PROCESO DE SELLADO	> 11.9 %					1 %
SUSPENSIÓN DE SÓLIDOS	> 11.9 %			> 586		
DESPLAZAMIENTO POR EL CONCRETO	< 15 %	< 1.25	< 20		< 12	< 25 %
BOMBEO DE LODOS (TRABAJABILIDAD)	> 3 – 4 % < 5 %	> 1.07 < 1.25	< 20	> 586	< 12	> 1 % < 25 %

Tabla VI.4.6.2.2 Límites de las propiedades de los lodos para su utilización como fluido estabilizador de la excavación, sellador de materiales permeables y medio de colado de concreto con el tubo Tremie

### VI.4.6.3 INSTALACION Y JUNTEO EN TUBERIA DE CONCRETO

Para la realización de estos trabajos, aquí se mencionaran las actividades principales a realizar con carácter enunciativo ya que estuvo adaptado a las necesidades y requerimientos así como contratiempos ocurridos en obra.

Las juntas de las tuberías fueron revisadas desde el interior del tubo. Durante la penetración de la espiga (o extremo macho) se controló con dos topes colocados en el asiento de la campana a 180° (ciento ochenta grados) uno del otro; una vez que fue comprobado que el extremo fue correctamente colocado, eran retirados los topes para realizar la introducción de un escantillón dentro del hueco de la junta hasta tocar el empaque y poder así detectar cualquier irregularidad en su posición a lo largo de toda la circunferencia, y en el caso que fue necesario la instalación con muerto y malacate, para ajustar el tubo estos dispositivos fueron fijados dentro de la tubería instalada por lo menos tres juntas atrás.

Durante el descenso, acoplamiento y tendido de las tuberías debieron observarse siempre las condiciones siguientes:

- a) Evitar la instalación de tubos que se encontraron dañados, revisándolos previamente de forma cuidadosa.
- b) Lubricar siempre perfectamente las espigas de los tubos y verificar la colocación adecuada.
- c) Evitar golpes que dañaran las tuberías durante su manejo.
- d) Revisar la posición final de las gomas, mediante el procedimiento que se describe a continuación:
  - Mediante un escantillón con fleje de acero del ancho introducido entre el tubo y el cople, fue recorrido a lo largo de todo el perímetro, debiendo tocarse con él la goma en todos sus puntos a la distancia determinada por el escantillón.
  - En el caso en que se verificó que las gomas no estaban en la posición correcta, la tubería era desmontada y se procedía a enchufar de nuevo, examinando que los empaques ni el tubo esté dañado, en ese caso, la tubería podía volver a ser reutilizada después de ser lubricada de nuevo.
  - En caso de que las gomas se encontraran dañadas, estas se debieron sustituir antes de la continuidad de los trabajos de hincado.

Previamente a su instalación, la tubería debió estar limpia de tierra, exceso aceite, polvo o cualquier material extraño que se encontrase en su interior o en las caras exteriores de los extremos del tubo. La colocación preparatoria para junteo de las tuberías de concreto preesforzado, se rigió bajo las normas siguientes:



- a) Una vez bajadas al fondo en el área de hincado, debieron ser alineadas y colocadas de acuerdo con los datos del proyecto, procediéndose a realizar el junteo o el acoplamiento.
- b) Se evitó que la tubería fuera dañada por las piezas de los dispositivos mecánicos, o de cualquier otra índole usados para moverlas.
- c) La tubería se manejó e instaló de tal modo que no resintiera esfuerzos causados por la deflexión.
- d) Al proceder a su instalación se evitó que penetrara en su interior agua o cualquier otra sustancia y que se ensuciaran las partes de las juntas.
- e) Se comprobó que tanto en planta como perfil, la tubería quedara instalada con el alineamiento señalado por el proyecto, utilizando en este caso instrumental de topografía con prisma.
- f) En interrupciones de los trabajos o al final de cada jornada de labores, se llevaba a cabo el taponamiento de los extremos abiertos de las tuberías, cuya instalación aun no estuviese terminada, esto se realizó para evitar que pudiesen penetrar en su interior materias extrañas como tierra, basura, etc.

## VI.5 CONSTRUCCIÓN DE CAJAS DE DISPARO Y CONEXIÓN

La construcción de las cajas de disparo se llevó a cabo por medio del armado, cimbrado y colado de concreto en sitio, esta consistió en la elaboración de siete elementos estructurales en campo y los cuales tienen la función de transición de flujo de una línea de 1.83 metros a una línea de 2.44 metros de diámetro, así como también ejecutar el cambio de dirección del flujo además de, ya puesto en operación, sirviesen para realizar mantenimiento preventivo durante la vida útil de este proyecto.

### VI.5.1 PLANTILLAS APISONADAS

El uso de las plantillas apisonadas utilizadas en el fondo de las excavaciones donde se instalaran tuberías o se construyeron estructuras fue empleado en las zonas del proyecto donde el suelo no ofreció la consistencia necesaria para sustentarlas y mantenerlas en su posición en forma estable o cuando para que estas tuviesen el asiento correcto. Fueron construidas plantillas apisonadas de espesor variable aunque el espesor mínimo fue de 10 centímetros y fueron hechas con material adecuado para dejar una superficie nivelada para una correcta colocación de tales estructuras, el material para estas plantillas fue el “tezontle”.

La plantilla tenía que ser apisonada hasta que el rebote del pisón o equipo señalaba que se había llegado a la mayor compactación posible para lo cual, al tiempo del apisonado, se humedecían los materiales que formaban la plantilla y así facilitar su compactación.

### VI.5.2 SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ACERO DE REFUERZO

El suministro y colocación de acero de refuerzo es el conjunto de operaciones necesarias para cortar, doblar, formar ganchos, escuadras, silletas, etc., además de la colocación de las varillas de fierro de refuerzo utilizadas para la formación de concreto reforzado.

El acero de refuerzo que propuso la Comisión de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento para la construcción de estructuras de concreto reforzado, debió llenar los requisitos señalados para ese material en la norma B-6-1995 de la Dirección General de Normas.

La varilla de alta resistencia debió satisfacer los requisitos señalados para ella en las normas A-431 y A-432 de la A.S.T.M.



El acero de refuerzo debió ser enderezado en la forma adecuada, previamente a su empleo en todas las estructuras por construir y cuyas distancias a las que debieron colocarse las varillas de refuerzo se indicaron en los planos. Fue considerada su colocación de centro a centro salvo que específicamente se indicara otra cosa y la posición exacta, el traslape, el tamaño y la forma de las varillas, debieron ser las que se consignaron en los planos.

Antes de proceder a su colocación, las superficies de las varillas y de los soportes metálicos de éstas debieron limpiarse de óxido, polvo, grasa y otras sustancias y esas condiciones debieron mantenerse hasta que quedaron ahogadas en el concreto. Las varillas fueron colocadas y aseguradas exactamente en su lugar por medio de soportes metálicos, etc., de manera que no sufrieran movimientos durante el vaciado del concreto y hasta el fraguado inicial de este.

Finalmente y a manera de hacer hincapié, se debió tener el cuidado necesario para aprovechar de la mejor manera la longitud de las varillas de refuerzo ya que la cuantificación de este material se hizo por kilogramo colocado con aproximación a la unidad y quedando incluido en el precio: mermas, desperdicios, descalibres, sobrantes, así como alambre y silletas necesarias para su instalación considerando como máximo el peso teórico tabulado según el diámetro de la varilla.

El acero de refuerzo tuvo cumplió con las siguientes especificaciones:

- Todo acero de refuerzo cumplió con un  $f_y=4200\text{kg/cm}^2$  para  $\emptyset=3/8"$  y mayor.
- Todo acero de refuerzo para varillas de  $\emptyset=1/4"$  cumplió con un  $f_y=2320\text{kg/cm}^2$  (alambrón).
- El acero en malla electrosoldada debió tener un  $f_y=5000\text{kg/cm}^2$  mínimo.
- Todos los cambios de dirección en varillas se realizaron en frío y con una pendiente máxima de 1:6.
- Todas las varillas llevaron anclajes y traslapes según las secciones, excepto en los casos en fue especificado algún otro detalle.
- En una misma sección no debió traslaparse más del 33% del refuerzo.
- Todas las varillas llevaron ganchos según las secciones, y fueron amarradas correctamente.
- Se pudo formar paquetes de varillas en las secciones en que fuese necesario pero solo con un máximo de dos varillas y debiendo quedar amarradas correctamente.
- Todos los anclajes y traslapes de varillas que no fueron indicados en los detalles, fueron de 40 diámetros como mínimo.
- La separación libre entre barras paralelas no fue menor que el diámetro nominal de la barra ni 1.5 veces el tamaño máximo del agregado.
- La separación vertical libre entre el refuerzo y las caras de las trabes no fue menor que el diámetro de las barras ni a 2 centímetros.
- Los estribos se remataron en esquina con doblez de  $135^\circ$  seguidos de tramos rectos de no menos de 10 diámetros de largo, en cada esquina del estribo quedó por lo menos una barra longitudinal (ver detalle en planos).

En los planos estructurales anexos a este trabajo, se muestra la tabla de empalmes y traslapes que por norma se deben cumplir al momento de ejecutar la colocación del acero de refuerzo.

### **VI.5.3 FABRICACIÓN Y COLOCACIÓN DE CONCRETO**

Como bien es sabido en el gremio de la Ingeniería Civil, el concreto es el producto endurecido resultante de la combinación y mezcla de cemento Portland, agua y agregados pétreos en proporciones adecuadas, pudiendo o no tener aditivos para su mejoramiento.



El proyecto determinó que todos los concretos se elaborarían con Cemento Portland tipo "RS" más puzolana (entendiendo por puzolanas aquellos materiales compuestos principalmente por óxidos de silicio o por sales cálcicas de los ácidos silícicos que en presencia del agua y a la temperatura ambiente sean capaces de reaccionar con el hidróxido de calcio para formar compuestos cementantes.), ya que ofrece mayor comodidad para colocarse, produce concretos más plásticos, genera menos calor de hidratación y posibilita concretos más impermeables además de que, luego de un cierto tiempo, los concretos puzolánicos adquieren mayor resistencia que los normales. Por consiguiente, se utilizó Cemento Portland Compuesto resistente a los sulfatos CPC30RS de CEMEX; tipo de cemento que por experiencia previa mejora la resistencia a los sulfatos al tratarse de agua residual la que fluiría en las estructuras y el cual cumplió con las especificaciones físicas y químicas de acuerdo a Normas Oficiales además de ser uniforme en composición y consistencia.

La construcción de estructuras con concreto se realizó de acuerdo con las líneas, elevaciones y dimensiones que señaló el proyecto y las cuales quedaron sujetas a modificaciones cuando así fue considerado conveniente. El concreto empleado en la construcción de este proyecto, en general, debió tener una resistencia a la compresión por lo menos igual al valor indicado para cada una de las partes de la obra, conforme a los planos y estipulaciones del proyecto, teniendo siempre las facilidades necesarias para la obtención y manejo de muestras representativas para pruebas de concreto en las plantas mezcladoras.

La arena que se empleó para la fabricación de mortero y concreto, debió consistir en fragmentos de roca duros de un diámetro no mayor de 5 milímetros densos, durables y libres de cantidades objetables de polvo, tierra, partículas de tamaño mayor, pizarras, álcalis, materia orgánica, tierra vegetal, mica y otras sustancias perjudiciales y debió satisfacer los requisitos siguientes:

- Las partículas no debieron contener formas lajeadas o alargadas sino aproximadamente esféricas o cúbicas.
- El contenido del material orgánico debió ser tal que en la prueba de color (A.S.T.M., designación C-40), se obtuviese un color más claro que el estándar para que fuera satisfactorio.
- El contenido de polvo (partículas menores de 74 micras; A.S.T.M., designación C-117), no debió exceder del 3% de peso.
- El contenido de partículas suaves, tepetates, pizarras, etc., sumado con el contenido de arcillas y limo no debió exceder del 6% de peso.
- Cuando la arena fuese obtenida de bancos naturales de este material, se procuró que su granulometría estuviese comprendida entre los límites máximos y mínimos (especificación A.S.T.M.E.11.3<sup>a</sup>).
- La arena entregada a la planta mezcladora debió tener un contenido de humedad uniforme y estable, no mayor de 6%.

El agregado grueso que se utilizó para la fabricación de concreto, consistió en fragmentos de roca duros, de un diámetro mayor de 5.0 milímetros y de la misma forma que la arena debieron ser densos, durables y libres de cantidades objetables de polvo, tierra, pizarras, álcalis, materia orgánica, tierra vegetal, mica y otras sustancias perjudiciales y debió satisfacer los siguientes requisitos:

- Las partículas no debieron tener formas lajeadas o alargadas sino aproximadamente esféricas o cúbicas.
- La densidad absoluta no debió ser menor de 2.4kg/m<sup>3</sup>.
- El contenido de polvo (partículas menores de 74 micras; A.S.T.M., designación C-117), no debió exceder del 1% de peso.
- El contenido de partículas suaves determinado por la prueba respectiva "Método Standard de U.S. Bureau of Reclamation", no debió exceder el 1% en peso.
- No debió contener materia orgánica, sales o cualquier otra sustancia extraña en proporción perjudicial para el concreto.

El vaciado de concreto tuvo las siguientes restricciones fundamentales:





- Se revisaron sin excepción alguna todas las notas de remisión de las revolvedoras provenientes de planta para el suministro de concreto; verificando así, cumplieran con las especificaciones solicitadas para posterior a esto, fuera realizada (previo al vaciado del mismo) la prueba de revenimiento y aleatoriamente entre revolvedoras (dependiendo del volumen por colar) la toma de especímenes para prueba de compresión axial.
- No se vació concreto para ningún elemento estructural hasta que toda el agua que se encontrase en la superficie por colar hubiese sido desalojada.
- No se vació concreto en agua y se verifico en todo momento el método de depósito de concreto.
- No se permitió vaciar concreto en agua corriente y ningún colado estuvo expuesto a alguna corriente de agua sin que haya alcanzado su graduado inicial.
- El concreto que endureció al grado de no poder colocarse o que supero dos horas desde la salida de planta antes del vaciado fue desechado.
- El concreto se vació siempre en su posición final y sin escurrimiento que permitiera o causara segregación.
- No se permitió por ningún motivo la segregación excesiva del agregado grueso a causa de dejarlo caer desde grandes alturas, o muy desviado de la vertical, o porque choque contra las formas o las varillas de refuerzo.
- Donde tal segregación pudo ocurrir, se colocaron canaletas y deflectores adecuados para confinar y controlar la caída de concreto.
- Donde se interpusieron juntas al vaciado del concreto, éste fue colocado en capas continuas aproximadamente horizontales.
- Las juntas frías fueron aproximadamente horizontales, asegurando una unión adecuada con la colada subsecuente y retirando la "nata superficial" a base de una operación de escarificación satisfactoria.
- La localización de las juntas de construcción debió siempre ser validada y cumplir con las alturas que fueron marcadas en proyecto; estuvieron en función a la altura de colado permisible, utilizando para estas juntas frías una banda perimetral de P.V.C. de 6".
- Cada capa de concreto se consolidó y compactó mediante vibrado mediante el uso de vibradores neumáticos hasta la densidad máxima practicable, de manera que todo el concreto quedase libre de bolsas de agregado grueso y se ejecutara el acomodo perfecto del mismo contra todas las superficies de los moldes y materiales ahogados. Al compactar cada capa de concreto, el vibrador se puso en posición vertical y se dejó que la cabeza vibradora penetrara en la parte superior de la capa subyacente para vibrarla de nuevo.
- La temperatura del concreto al colar no debió ser mayor de 27°C ni ser menor de 4°C y siempre se tuvo la precaución necesaria para mantener abajo del rango la temperatura máxima especificada.
- Todo el concreto se "curó" mediante el uso de una membrana de curado que retuviera más del 90% del agua original del concreto y permitiera al concreto alcanzar su resistencia de diseño. El curado con membrana se hizo con la aplicación de una composición para sellar con pigmento blanco aplicando para ello Curacreto Blanco JR T1CA.

#### VI.5.4 CIMBRA DE MADERA

Como es conocido en el área, la cimbra de madera da forma al concreto y estas se emplean para confinarlo y amoldarlo a las líneas requeridas y apegadas a proyecto además de evitar la contaminación del mismo por material que se derrumbe o se deslice de las superficies adyacentes de la excavación.

Las formas fueron lo suficientemente fuertes para resistir la presión resultante del vaciado y vibración de concreto, sujeta rígidamente en su posición correcta y lo suficientemente impermeables para evitar la pérdida de la lechada.

Las formas tuvieron un traslape no menor de 2.5 centímetros con el concreto endurecido previamente colado y para el caso de que el elemento fuese colado en diversas etapas, la cimbra se sujetó justamente contra el concreto colado previamente de manera que al hacerse el siguiente colado las formas no se abriesen y existieran desalojamientos de las superficies del concreto o pérdida de lechada en las juntas. Se emplearon para este fin





torzales, pernos y tirantes adicionales cuando fue necesario ajustar las formas colocadas contra el concreto endurecido.

Los moldes de madera existieron en casos diversos en número y diseño previamente calculados y su construcción satisfizo las necesidades del trabajo para el que se destinó. El entablado o revestimiento de las formas fue de clase y calidad, tratado o bañado de tal manera que no hubiese deterioro o descolorido químico de las superficies del concreto amoldado. El tipo y la condición del entablado o revestimiento de las formas, la capacidad de las formas para resistir esfuerzos de distorsión causados por el colado y vibrado del concreto, y la calidad de la mano de obra empleada en la construcción de las formas, fueron tales que las superficies amoldadas del concreto, después de acabadas, cumplieron con los requisitos aplicables de las especificaciones en cuanto a acabados de superficie amoldadas.

Donde fue especificado el acabado aparente, el entablado o el revestimiento se instaló de manera que todas las líneas horizontales de las formas fuesen continuas sobre la superficie a construir, de manera que, para las formas construidas de madera laminada o de tableros de entablado machihembrado, las líneas verticales de las formas fueron continuas a través de toda la superficie. En el caso de usar formas de madera machihembrada en tableros, el entablado fue cortado a escuadra y cada tablero coincidió por medio de piezas continuas a través del ancho del tablero; donde fue necesario, se usaron formas de madera machihembrada y no se forman tableros donde el entablado fue cortado a escuadra y las juntas verticales en el entablado quedaron salteadas y en los travesaños.

Los acabados que fueron dados en las superficies serán como se muestra en los planos. En caso en que los acabados no fueron especificados para una parte determinada de la obra, estos se hicieron semejantes a las superficies similares adyacentes; pero todas las superficies fueron aprobadas necesariamente para determinar si las irregularidades estaban dentro de los límites especificados. Las irregularidades en las superficies se clasifican "abruptas" o "graduales", las ocasionadas por desalojamiento o mala colocación del revestimiento de la forma o de las secciones de forma, o por nudos flojos en las formas u otros defectos de la madera de las formas se consideraron como irregularidades "abruptas" y se probaron por medida directa; todas las demás irregularidades se consideraron como irregularidades "graduales" y se probaron por medio de un patrón de arista recta o su equivalente para superficies curvas donde la longitud del patrón fue de 1.50 metros para probar las superficies moldeadas y de 3.00 metros para probar las superficies no moldeadas.

Al colar concreto contra las formas, estas debieron estar libres de incrustaciones de mortero, lechada y otros materiales extraños que pudieran contaminar el concreto. Antes de depositar el concreto, las superficies de las formas fueron aceitadas con aceite comercial, aceite quemado o algún material afín de evitar efectivamente la adherencia y no manchase las superficies del concreto.

Las formas se dejaron en su lugar hasta que las especificaciones del concreto permitían su remoción para que posteriormente se removieran con cuidado para no dañar el concreto. La remoción se autorizó y se efectuó tan pronto como era factible, esto para evitar demoras en la aplicación del compuesto para sellar y también permitir lo más pronto posible la reparación de los desperfectos del concreto.

Fueron colocadas tiras de relleno en los rincones de las formas para producir aristas achaflanadas en las esquinas del concreto permanentemente expuesto. Los límites de tolerancia especificados en estas especificaciones fueron para el concreto terminado y no para los moldes donde el uso de vibradores exigió el empleo de formas más estancadas y más resistentes.

### **VI.5.5 ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN EN CAJAS**

La construcción de cajas será descrita a continuación pero para fines didácticos, ilustrativos y técnicos de conocimiento, los planos estructurales se localizaran de los Anexos 12 al 19, planos denominados "Estructurales de cajas"





Las dimensiones de los elementos estructurales indicadas en estos planos rigen sobre los planos hidráulicos.

Las notas de los materiales que fueron necesarios así como las especificaciones generales de la construcción de estos elementos estructurales, se describen de la siguiente manera:

- a) Se utilizó concreto clase 1 con resistencia a los sulfatos,  $f'_c=250$  kg/cm<sup>2</sup> con agregado grueso tipo Basalto con un módulo de elasticidad mínimo de 11000  $f'_c=205,790$  kg/cm<sup>2</sup>.
- b) El tamaño máximo del agregado grueso en los concretos fue de 1.9 centímetros (3/4").
- c) El revenimiento de los concretos fue de  $12 \pm 2$  centímetros salvo que por necesidades en obra requiriera un revenimiento mayor, el cual fue de  $16 \pm 2$  centímetros.
- d) Todos los concretos se elaboraron con cemento portland tipo "RS" más puzolana que haya mostrado mediante ensaye o experiencia previas que mejora la resistencia a los sulfatos cuando se emplea en concreto fabricado con Cemento portland o resistente a los sulfatos, utilizando cemento CPC 30 RS.
- e) El curado de todos los elementos de concreto se realizó mediante la colocación de membrana de curado festergral o algún otro aditivo afín.
- f) Los recubrimientos libres fueron de 5 centímetros especificados por proyecto y para los cuales se utilizaron distanciadores de concreto.
- g) La construcción de las juntas de colado se apegaron a las siguientes recomendaciones: escarificar la superficie de contacto hasta descubrir el agregado grueso, la superficie de contacto debió estar libre de polvo, grasa o cualquier otro agente contaminante, mantener húmedas las superficies de contacto con agua por un mínimo de 4 horas antes del siguiente colado y aplicar adhesivo tipo Silkadur-32 gel o similar.
- h) La relación agua cemento fue  $a/c \leq 0.45$
- i) Se agregó festergral a razón de 1.5kg por cada bulto de cemento.

#### VI.5.6 CONSTRUCCIÓN DE POZOS DE VISITA Y CAJAS DE CAÍDA

Los pozos de visita son estructuras diseñadas y destinadas para permitir el acceso al interior de las tuberías de alcantarillado, especialmente para las operaciones de su limpieza.

Estas estructuras serán construidas en los lugares perfectamente marcados en la losa tapa de cada caja de disparo a lo largo del colector. No se permitió que existan más de 125 metros instalados de tubería de alcantarillado sin que estén terminados los respectivos pozos de visita. La construcción de la cimentación de los pozos de visita se realizó previamente a los trabajos de relleno de lumbrera con material compactado al 95% de la prueba Proctor Estándar, relleno que incrementaba por capas de 20 y 30 centímetros.

Los pozos de visita se construirán según el plano aprobado y fueron de mampostería común de tabique junteada con mortero de cemento y arena en proporción de 1:3. Los tabiques fueron mojados previamente a su colocación, con juntas de espesor no mayor que 1.5 centímetros. Cada hilada quedo desplazada con respecto a la anterior en tal forma que no existiera coincidencia entre las juntas verticales de los tabiques que las forman (cuatrapeado).

El paramento interior se recubrió con un aplanado de mortero de cemento de proporción 1:3 y con un espesor mínimo de 1.0 centímetros, el cual fue terminado con llana o regla y pulido fino de cemento. El aplanado fue curado y la colocación de escalones se realizaba conforme la construcción del pozo de visita lo requiriera. Las inserciones de las tuberías con estas estructuras se emboquillaron en la forma indicada en los planos.

Al construir la base de concreto de los pozos de visita se hicieron en ellas (donde se requirió) los canales de "*medida caña*" correspondiente por alguno de los procedimientos siguientes:

- a) Al hacerse el colado del concreto de la base se formaron directamente las "*medias cañas*" mediante el empleo de cerchas.





- b) Se construyeron también de mampostería de tabique y mortero de cemento dándoles su forma adecuada, mediante cerchas.
- c) Se ahogaron tuberías cortadas a "*media caña*" al colarse el concreto, para lo cual se continuaron dentro del pozo los conductos del alcantarillado, colando después el concreto de la base hasta la mitad de la altura de los conductos del alcantarillado dentro del pozo, cortándose a cincel la mitad superior de los conductos después de que endurezca suficientemente el concreto de la base.
- d) Se pulieron cuidadosamente, en su caso, los canales de "*media caña*" y se dieron acabados de acuerdo con los planos del proyecto.

## VI.6 EXCAVACION A CIELO ABIERTO

El procedimiento de excavación a cielo abierto entre los dos tramos del proyecto que correspondieron de la caja *C-1* a *C-2* y de *C-7* a *C-15*, se mostraran en el Anexo 20 plano "Lumbrera a cielo abierto" y a continuación se describe a continuación conforme la construcción de las cajas en mención e instalación de tuberías de 2.44 metros de diámetro y 1.83 metros de diámetro respectivamente, tomando como ejemplo el tramo *C-1* a *C-2*.

- I. Previo a la excavación se realizó la colocación de tablaestacas (con puntales) y abatimiento del nivel de aguas freáticas (*NAF*), como se indica de manera esquemática en la figura VI.6.1.
- II. Como ya se indicó, la excavación y construcción de las cajas se realizó en 3 etapas, en este punto se dio inicio a la excavación solamente de la caja *C-1*. Contemplando la colocación de vigas madrinas y puntales que fueron indicados el proyecto estructural, este procedimiento fue alternado, es decir, se excavó 50 centímetros por debajo de los niveles de puntales para la colocación de estos últimos. Al interior se dejó un talud con inclinación 1.50: 1, como se indica la figura VI.6.2 y VI.6.3.
- III. Inmediatamente que fue alcanzado el nivel máximo de excavación (*NME*) en la caja *C-1*, se coló una plantilla de concreto simple de  $f'_c = 80 \text{ kg/cm}^2$  con un espesor mínimo de 10.0 centímetros. Esto evitó las expansiones elásticas del terreno y a consecuencia el "*pateado*" de tablaestacas ya hincadas y enmarcadas, así como una posible falla de fondo y pérdida de humedad en el terreno.
- IV. Ya que el concreto de la plantilla había fraguado, se construyó la losa de fondo en la caja, y esta alcanzado el 80% de su resistencia de proyecto, cabe mencionar que se dejarán las preparaciones para hacer la liga estructural con los muros de los cuales se conformará la caja.
- V. Se hará la construcción de la caja No. 1 en su totalidad, para poder continuar con la excavación y construcción de la caja No. 2.
- VI. Una vez que se haya terminado la construcción de la caja No. 1, se comenzará con la excavación de la caja No. 2, dicho proceso será parecido al indicado para la primera.
- VII. Finalmente, en el tramo intermedio se terminará su excavación la cual se realizará desde el exterior, y se detendrá para hacer la colocación de vigas madrinas y puntales. Una vez que se alcance el nivel máximo de excavación en el tramo intermedio, se colará una plantilla de concreto simple  $f'_c = 80 \text{ kg/cm}^2$  con un espesor mínimo de 25.0 cm.
- VIII. Cuando haya fraguado el concreto de la losa, se harán los trabajos para la colocación de la tubería del colector, el cual se hará mediante grúas para las maniobras.

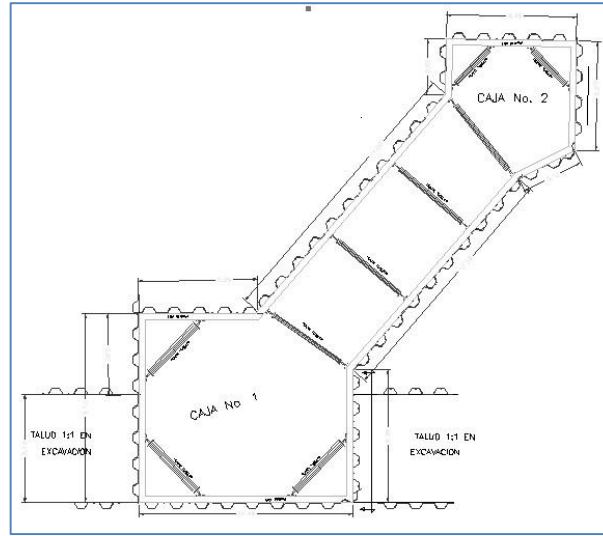


Figura VI.6.1 Planta de Tablaestacado y puntales, para el proceso de construcción de las cajas C-1 y C-2.

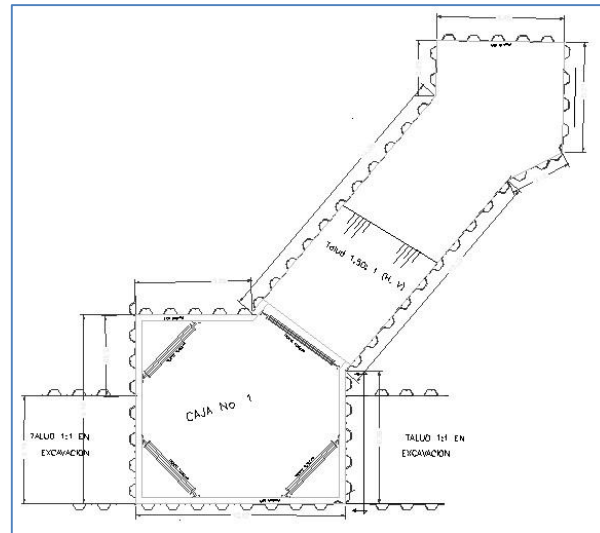


Figura VI.6.2 Planta de Construcción de la caja C-1 y su correspondiente Talud.

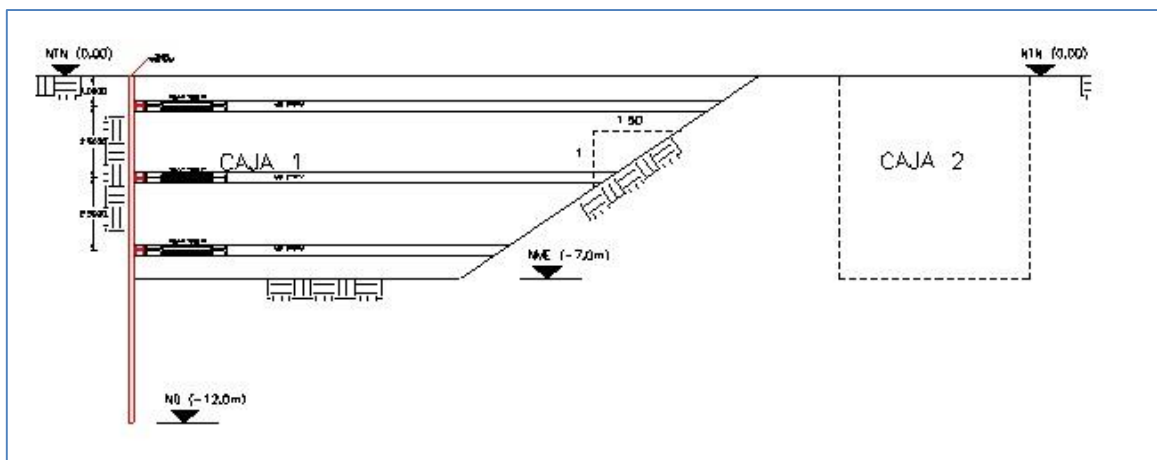


Figura VI.6.3 Cortes Esquemáticos (A-A') del Proceso de Excavación por etapas.



## VI.6.1 PLANTILLAS COMPACTADAS EN CIELO ABIERTO

La parte central de las plantillas construidas para apoyo de tuberías de concreto estuvieron construidas en forma de canal semicircular para permitir que el cuadrante inferior de la tubería descansara en todo su desarrollo y longitud sobre la plantilla, colocadas inmediatamente antes de tender la tubería en forma correcta.

La compactación de la plantilla se efectuó en forma manual y con equipo mecánico, buscándose la uniformidad en toda la superficie de la excavación hasta obtener el espesor estipulado en el proyecto. En la compactación manual de la plantilla se utilizó pisón con placa de fierro y previamente se aplicó al material la humedad necesaria para facilitar la compactación. La plantilla se apisono hasta que el rebote del pisón señaló la mayor compactación posible, para lo cual al tiempo del apisonado se humedecía el material en forma adecuada.

Las plantillas se construyeron antes de iniciar el desplante de las estructuras de la cimentación que soportarían y cuando de acuerdo con lo estipulado en el proyecto y/o por necesidades de la obra en sí requirió una plantilla cementada, esta se formó agregando a los materiales base un mortero lo suficientemente fluido para que, con el apisonado, se lograra la máxima homogeneidad y reducción de vacíos. La graduación de los materiales empleados para la fabricación del mortero fue 1:5.

## VI.7 CARPETA ASFÁLTICA

La carpeta asfáltica es la parte superior del pavimento flexible que proporciona la superficie de rodamiento, fue elaborada con material pétreo seleccionado y un producto asfáltico para el tipo de vialidad donde se requirió cerrar las lumbreras y el tipo de tránsito que por él circula; las principales características que cumplió el pétreo son las siguientes:

- Un diámetro menor de una pulgada y tener una granulometría adecuada.
- Debió tener cierta dureza para lo cual se le efectuaron ensayos de desgaste los ángeles, intemperismo acelerado, densidad y durabilidad.
- La forma de la partícula debió ser lo más cúbica posible, procurando no usar material en forma de laja o aguja pues se rompen con facilidad alterando la granulometría y pudiendo provocar fallas en la carpeta.

En nuestro caso, la carpeta asfáltica se elaboró en caliente en planta de asfalto del tipo producción continua. La planta de asfalto contó con tres tolvas en el alimentador de fríos para garantizar una correcta dosificación de los materiales pétreos. Para la elaboración de nuestra carpeta asfáltica se utilizó *AC-20* de tipo normal como producto asfáltico y se utilizó material pétreo triturado a un tamaño máximo de diecinueve milímetros (19 milímetros); estos materiales además cumplieron ampliamente con las especificaciones generales que marca la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, la mezcla de materiales fue un noventa por ciento (90%) de material producto de trituración y un diez por ciento (10%) de arena natural procedente de otro banco. Estos materiales pétreos utilizados para la fabricación de la carpeta asfáltica cumplieron con la granulometría y características que especifica la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

### VI.7.1 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE CARPETA ASFÁLTICA

Después de cumplir las características y especificaciones de los materiales pétreos para la elaboración de nuestra carpeta asfáltica, se determinó mediante la curva Viscosidad – Temperatura del material asfáltico utilizado, las temperaturas mínimas convenientes para el tendido y compactación de la mezcla; después de esto se seleccionó el equipo a utilizar para la correcta colocación y compactación de nuestra carpeta asfáltica, en este caso se utilizaron petrolizadora y compactador de rodillos lisos como equipos.



Teniendo ya que nuestra carpeta asfáltica cumplía con las especificaciones de la SCT, teniendo el equipo para el tendido de la carpeta y las temperaturas óptimas de tendido, se procedió a la colocación de la carpeta que fue mediante el siguiente procedimiento constructivo:

- a) En el área donde se realizó la excavación de las lumbreras y después de realizar la limpieza en la superficie a trabajar, se procedió a realiza el riego de liga con emulsión catiónica de rompimiento rápido a razón de 1.0 lt/m<sup>2</sup>, esta debió estar a la temperatura óptima, el cual fue uniforme y perfectamente homogéneo sin dejar rayones para tener una buena adherencia y no se tuviese desprendimiento en futuro de nuestra carpeta asfáltica y esta sufra daños.
- b) Después de ejecutar el riego de liga se procedió a realizar el tendido de la carpeta asfáltica, la cual cumplió con la calidad requerida y temperatura de proyecto, garantizando una distribución y acomodo uniforme de la mezcla asfáltica así como también las pendientes transversales y longitudinales existentes en el pavimento.
- c) La carpeta se compactará al 95% del Peso Volumétrico Máximo determinado en el laboratorio con el método Marshall, esta compactación se realizó con equipo de compactación de rodillos lisos para garantizar estos trabajos.
- d) La superficie de rodamiento deberá tener una textura y acabado uniformes.



---

---

## CAPITULO VII

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES





## VII.1 RECOMENDACIONES

La ejecución de esta obra fue de vital importancia para la comunidad donde fue realizada, conocer sobre este tipo de obra y los procedimientos para su ejecución sirven no únicamente para la construcción de colectores, sino que se puede partir de los principios aquí comentados para dar idea en la proyección de obras similares aplicables para diferentes fines con distintos equipos o situaciones que deban ser resueltas.

La experiencia personal obtenida en la ejecución de esta obra me lleva a recomendar al lector ahondar en la investigación para ampliar el conocimiento que requiera para dar solución a cualquier problemática ingenieril afín o gustosamente para mejorar su panorama, esto para incrementar las posibilidades de realizar de manera adecuada el trabajo que desee y que el conocimiento adquirido sea un complemento que le permita resolver de una forma objetiva y acertada los trabajos necesarios que deba ejecutar cualesquiera que sean.

Por esa razón, siempre será necesario ir más allá de la experiencia con conocimiento que sea de utilidad para su desarrollo profesional y personal, teniendo este trabajo como un complemento en el área hidráulica, estructural, hidrológica, mecánica de suelos, precios unitarios y de proyectos.

Consultar este trabajo le será de utilidad para identificar algunos procedimientos, métodos y pasos a seguir en la construcción de colectores, pero será la situación que le sea presentada al ingeniero la que determine la forma de resolución aunque con este trabajo se da pie a la investigación de otros procedimientos que mejor convengan y sean aplicables a las soluciones que le sean requeridas, ofreciendo un medio de amplitud de conocimiento.

## VII.2 CONCLUSIÓN

La conclusión de este trabajo no sólo se plasma en este proyecto de titulación sino que trasciende sus páginas a una obra ejecutada de manera real, efectiva y ya operativa.

Esta obra se convierte en un material didáctico que, de ser consultado, podría ampliar el panorama para las nuevas generaciones de ingenieros civiles que desean integrarse a la obra civil en cualquier área, pero sobre el tipo de obra específicamente aquí desarrollado, le ayudará a consultar de manera práctica cuestiones sobre proyección, previsión, procedimientos, etcétera para así, tener una mejor visión sobre los procedimientos a seguir o tener una aproximación a la proyección que necesite, ya que todo proyecto tiene su particular autenticidad.

La obra aquí desarrollada fue una obra ejecutada de manera emergente por la Comisión de Aguas del Estado de México, esto debido a la problemática que generaban de las inundaciones que se presentaban en las colonias aledañas a esta obra en temporada de lluvias, principalmente de carácter social y es por ello la rapidez en la que concluyó la construcción de esta primera etapa "Colector Chimalhuacán" para el alivio de aguas negras que escurren actualmente por este colector.

Este proyecto nos mostró la importancia de tener los conocimientos específicos en el área de la ingeniería civil así como su aplicación en campo y nos amplió la perspectiva a quienes la ejecutamos sobre los procesos constructivos así como la resolución a los caprichos que construir una obra que, aún con los conocimientos específicos que requiere, afloran desde la naturaleza propia de la misma y la cual es tan cambiante como el paso de las horas transcurridas en su ejecución.

Es por esta razón que fue un motivo de exposición, ya que la construcción de una obra subterránea siempre resultará además de maravillosa, algo emocionante, rico en conocimientos generales y particulares de ingeniería civil, un tipo de obra importante por la complejidad en la que siempre se verá inmersa por el tipo de construcción.

En este trabajo se desarrollaron seis capítulos, todos importantes, ya que forman parte de un proyecto ejecutivo real. Cada capítulo está desarrollado para ejemplificar de manera general el contenido de dicho proyecto pero



particularmente el desarrollo de los capítulos V al VI se dio de forma más detallada y específica debido a la importancia técnica y económica que conllevó y que hoy a través de este trabajo también lo será de forma académica.

Los capítulos I al IV, marcan las generalidades sobre este proyecto. En estos capítulos se dio a conocer toda la ingeniería básica que fue aplicada detalladamente para su construcción y contienen la historia e investigaciones previas para la realización de una obra de esta envergadura; además de que nos marca una introducción a detalle sobre los antecedentes que determinaron el tipo de obra que se ejecutó y detalla el proceso constructivo “Trenchless” así como su tipología y sus procedimientos constructivos.

En los capítulos V al VI, se da vista a un desarrollo detallado sobre su contenido, esto debido a la poca información que aún se tiene sobre este tipo de obras ya que, en mi experiencia, es información pobremente documentada e investigada aun contándose con el recurso profesional y su técnica para poder ejecutarlo, investigarlo, desarrollarlo y realizar la amplitud del conocimiento. Estos capítulos están destinados al conocimiento de conceptos, análisis y procesos constructivos que fueron proyectados para la ejecución de este proyecto, estableciendo una línea de partida para que el lector de este trabajo pueda determinar un rumbo hacia la investigación que desee realizar sobre el contenido de este trabajo.

Por último, la finalidad de este trabajo de titulación es meramente representativa para fines académicos pero que abre paso a la antesala de la investigación que el lector desee realizar para obtener mayor amplitud en el conocimiento que él mismo requiera.



---

---

# BIBLIOGRAFÍA, ANEXOS Y REPORTE FOTOGRAFICO



## BIBLIOGRAFÍA

- *Manual de Construcción en Acero, Instituto Mexicano de la Construcción en Acero, A. C., Editorial Limusa, 4ta Edición, México, 2002.*
- *Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas, Diario Oficial de la Federación, 2001.*
- *Tabulador General De Precios Unitarios, Gobierno Del Distrito Federal, 2011.*
- *Normas Técnicas Complementarias para Diseño de Concreto.*
- *Normas A.W.S.*
- *Normas internacionales A.S.T.M.*
- **Juárez Badillo., Rico Rodríguez.** *Mecánica de suelos tomos I*, Editorial Limusa, México, 2005.
- **Juárez Badillo., Rico Rodríguez.** *Mecánica de suelos tomos II, Teoría y Aplicaciones de la Mecánica de Suelos*, Editorial Limusa, México, 2004.
- **Aurelio Torres H.,** *Concreto, Diseño Plástico y Teoría Elástica*, Editorial Patria, México, 1968.
- **Suárez Salazar,** *Costo y Tiempo en Edificación*, Editorial Limusa, 3ra Edición, México, 2008.
- **Plazola,** *Normas y Costos de Construcción volumen I, II y III*, Editorial Limusa, 3ra Edición, México, 1977.
- **Allen J.,** *Subsurface Utility Engineering, A Technology Driven Process that Results in Increased Safety, Fewer Claims, and Lower Costs*, Society of American Military Engineers Conference, Mayo 2004
- **Pavăl S.,** *Reabilitarea ecologică a infrastructurii urbane prin microtuneluri*, Editorial Moldova, 2007.
- **Carmody J., Sterling, R.L.,** *Underground Space Design, A guide to Subsurface utilization and Design for People in Underground Spaces*, Nueva York, Editorial Van Nostrand Reinhold, 1993.



## REPORTE FOTOGRÁFICO

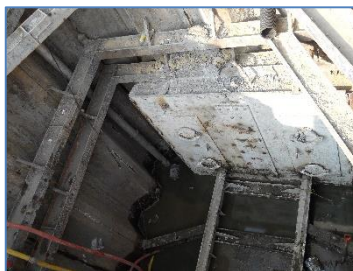
Equipo de hincado.



Construcción de cajas de disparo.



Muro de reacción y portal de entrada.







Hincado y operación de bombeo eyector.



Compactación de material y colocación de carpeta asfáltica.



Armado y colocación de marcos de vigas madrina.





Excavación de lumbreras.



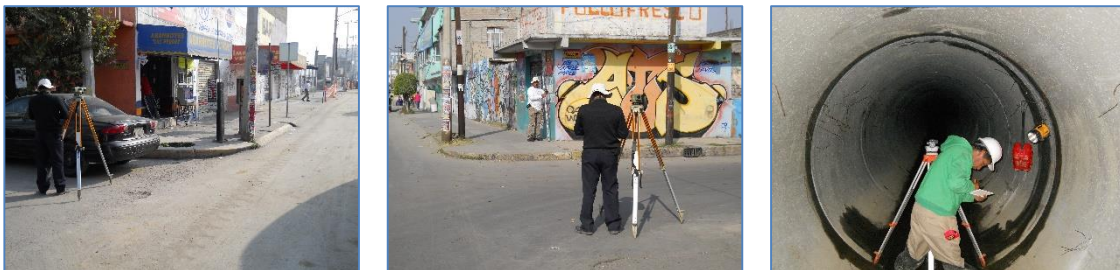
Colganteo de tubería de 1.83 metros de diámetro.



Lumbrera cielo abierto.



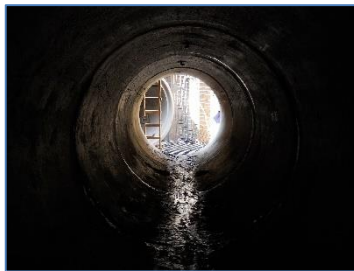
Levantamiento topográfico.



Hincado de tablaestaca.



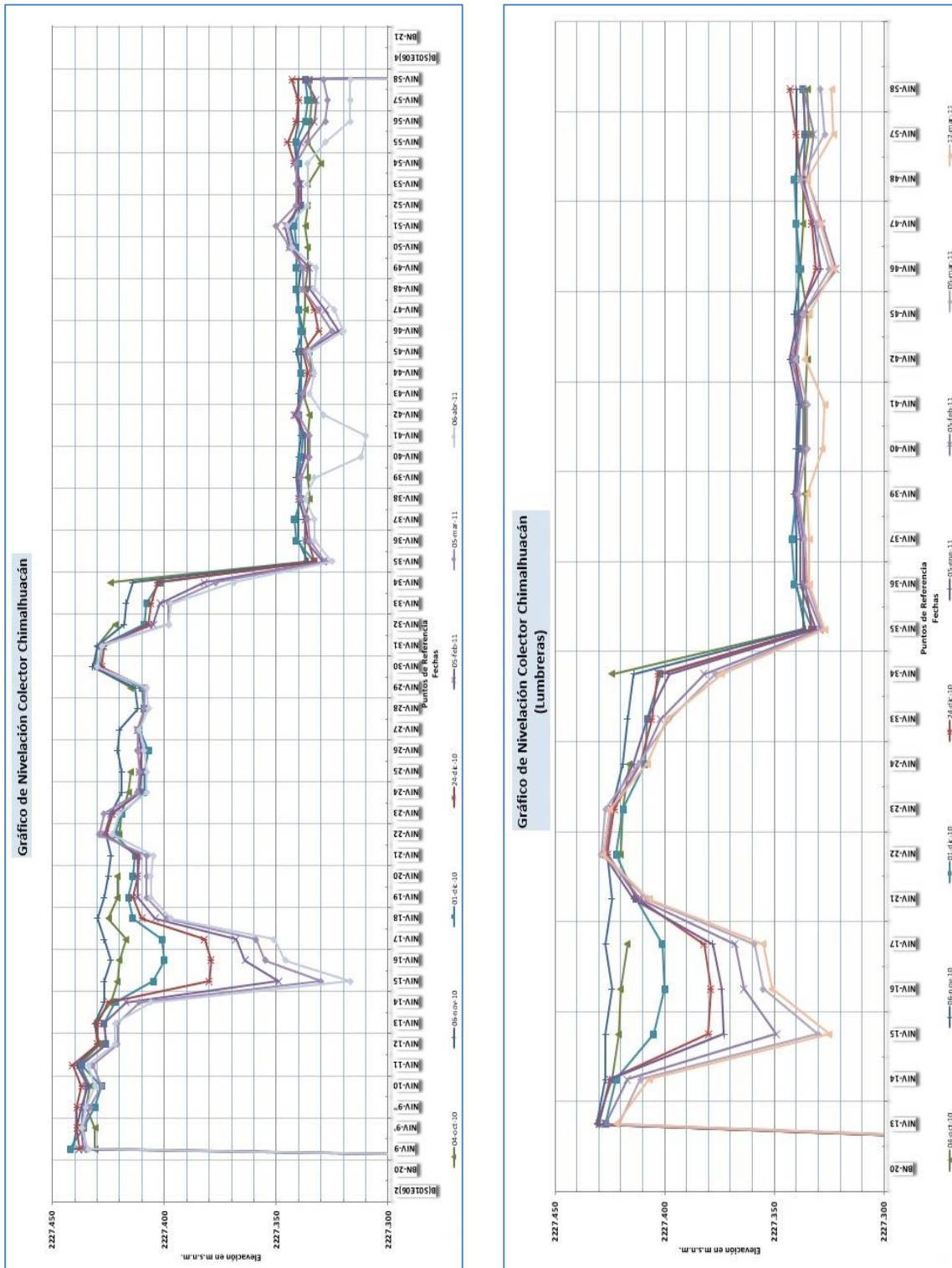
Túnel semiprofundo.





## ANEXOS

### ANEXO 1 “Gráficas de asentamientos en la zona de obra”

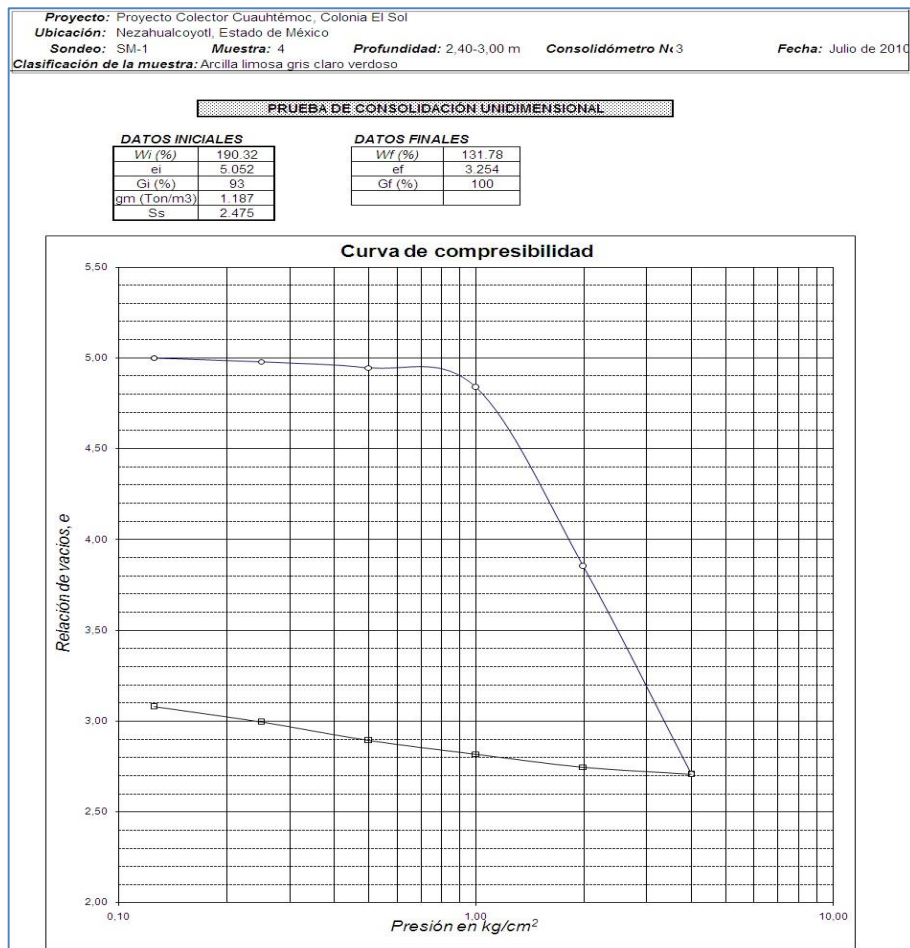


Gráficas 1 Comportamiento del terreno (asentamientos diferenciales) a través de los meses de construcción de la obra.

## ANEXO 2 “Resultados de estudios de laboratorio en la exploración del terreno”

REGISTRO DE CONSOLIDACIÓN						
<b>Proyecto:</b> Proyecto Colector Cuauhtémoc, Colonia El Sol						
<b>Ubicación:</b> Nezahualcoyotl, Estado de México						
<b>Sondeo:</b> SM-1			<b>Muestra:</b> 4		<b>Profundidad:</b> 2.40-3.00 m	
			<b>Consolidómetro:</b> 3		<b>Fecha:</b> Julio de 2010	
Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación lineal (mm)	Deformación total (mm)	Deformación unitaria (%)	Espesor comp. 2H (mm)	2H-2Ho (mm)	Relación de vacíos
0.000	0.000	0.000	0.000	20.200	16.862	5.052
0.125	0.168	0.168	0.832	20.032	16.694	5.001
0.125	0.000	0.168	0.832	20.032	16.694	5.001
0.250	0.073	0.241	1.193	19.959	16.621	4.979
0.500	0.112	0.353	1.748	19.847	16.509	4.946
1.000	0.363	0.716	3.545	19.484	16.146	4.837
2.000	3.287	4.003	19.817	16.197	12.859	3.852
4.000	3.827	7.830	38.762	12.370	9.032	2.706
2.000	0.136	7.694	38.089	12.506	9.168	2.747
1.000	0.239	7.455	36.906	12.745	9.407	2.818
0.500	0.250	7.205	35.668	12.995	9.657	2.893
0.250	0.333	6.872	34.020	13.328	9.990	2.993
0.125	0.285	6.587	32.609	13.613	10.275	3.078
0.000	0.588	5.999	29.698	14.201	10.863	3.254

Tabla 2.1. Resultados de la Prueba de Consolidación Unidimensional para el Sondeo Mixto SM-1.



Gráfica 2.2. Curva de compresibilidad de la muestra 4 del Sondeo Mixto SM-1.

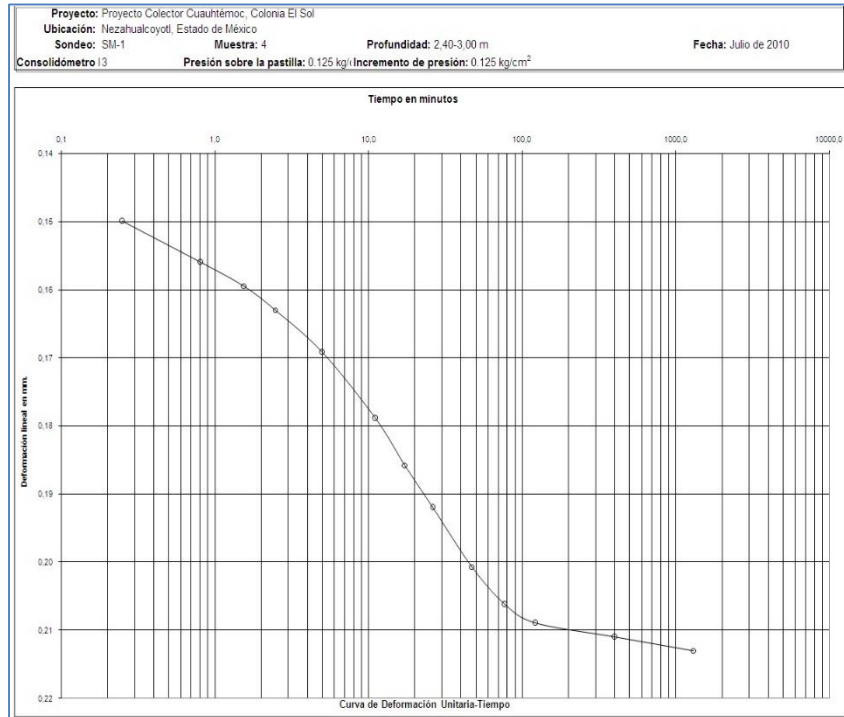


<b>Proyecto:</b> Proyecto Colector Cuauhtémoc, Colonia El Sol <b>Ubicación:</b> Nezahualcoyotl, Estado de México <b>Sondeo:</b> SM-1 <b>Muestra:</b> 4 <b>Profundidad:</b> 2.40-3.00 m <b>Fecha:</b> Julio de 2010						
Presión = 0.125 kg/cm <sup>2</sup>						
Tiempo (segundos)	Lecturas	Diferencia de lecturas	Corrección aparato	Deformación unitaria (%)	Diferencia de def. unit. (%)	Def. unit. acum. (%)
0	17 651		0.045	0	0.00	0.00
15	17 501	0.150		0.52	0.52	0.52
30	17 495	0.156		0.55	0.03	0.55
60	17 492	0.160		0.57	0.02	0.57
120	17 488	0.163		0.58	0.02	0.58
240	17 487	0.169		0.61	0.03	0.61
480	17 472	0.179		0.66	0.05	0.66
900	17 465	0.185		0.70	0.03	0.70
1800	17 459	0.192		0.73	0.03	0.73
3600	17 450	0.201		0.77	0.04	0.77
7200	17 445	0.205		0.80	0.03	0.80
14400	17 442	0.209		0.81	0.01	0.81
28800	17 440	0.211		0.82	0.01	0.82
86400	17 438	0.213		0.83	0.01	0.83
Presión = 0.250 kg/cm <sup>2</sup>						
Tiempo (segundos)	Lecturas	Diferencia de lecturas	Corrección aparato	Deformación unitaria (%)	Diferencia de def. unit. (%)	Def. unit. acum. (%)
0	17 438		0.027	0	0.00	0.83
15	17 396	0.042		0.07	0.07	0.91
30	17 393	0.045		0.09	0.01	0.92
60	17 391	0.047		0.10	0.01	0.93
120	17 389	0.049		0.11	0.01	0.94
240	17 384	0.054		0.13	0.02	0.96
480	17 378	0.060		0.16	0.03	1.00
900	17 375	0.063		0.18	0.02	1.01
1800	17 370	0.068		0.20	0.02	1.03
3600	17 365	0.073		0.23	0.03	1.06
7200	17 360	0.078		0.25	0.02	1.09
14400	17 355	0.083		0.28	0.02	1.11
28800	17 346	0.092		0.32	0.05	1.15
86400	17 338	0.100		0.36	0.04	1.19
Presión = 0.500 kg/cm <sup>2</sup>						
Tiempo (segundos)	Lecturas	Diferencia de lecturas	Corrección aparato	Deformación unitaria (%)	Diferencia de def. unit. (%)	Def. unit. acum. (%)
0	17 338		0.096	0	0.00	1.19
15	17 240	0.098		0.01	0.01	1.20
30	17 236	0.102		0.03	0.02	1.22
60	17 232	0.106		0.05	0.02	1.24
120	17 228	0.110		0.07	0.02	1.26
240	17 222	0.116		0.10	0.03	1.29
480	17 213	0.125		0.14	0.05	1.34
900	17 208	0.131		0.17	0.03	1.36
1800	17 205	0.136		0.20	0.03	1.39
3600	17 193	0.145		0.24	0.04	1.43
7200	17 186	0.153		0.28	0.04	1.47
14400	17 177	0.162		0.32	0.04	1.52
28800	17 152	0.186		0.45	0.12	1.64
86400	17 130	0.208		0.55	0.11	1.75

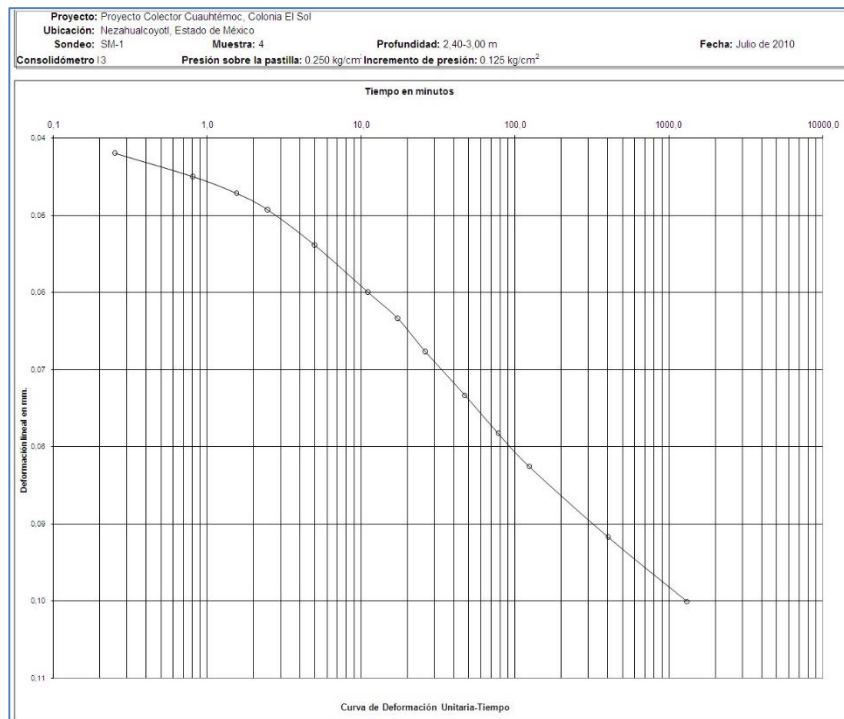
Tabla 2.3. Registro de incremento de presiones en la muestra.

<b>Proyecto:</b> Proyecto Colector Cuauhtémoc, Colonia El Sol <b>Ubicación:</b> Nezahualcoyotl, Estado de México <b>Sondeo:</b> SM-1 <b>Muestra:</b> 4 <b>Profundidad:</b> 2.40-3.00 m <b>Fecha:</b> Julio de 2010						
Presión = 1.0 kg/cm <sup>2</sup>						
Tiempo (segundos)	Lecturas	Diferencia de lecturas	Corrección aparato	Deformación unitaria (%)	Diferencia de def. unit. (%)	Def. unit. acum. (%)
0	17 130		0.019	0	0.00	1.75
15	16 978	0.152		0.66	0.66	2.41
30	16 960	0.170		0.75	0.09	2.50
60	16 949	0.181		0.80	0.05	2.55
120	16 939	0.191		0.85	0.05	2.60
240	16 923	0.207		0.93	0.08	2.68
480	16 899	0.231		1.05	0.12	2.80
900	16 885	0.245		1.12	0.07	2.87
1800	16 869	0.261		1.20	0.08	2.94
3600	16 849	0.281		1.30	0.10	3.04
7200	16 830	0.300		1.39	0.10	3.14
14400	16 813	0.317		1.47	0.08	3.22
28800	16 778	0.352		1.65	0.17	3.39
86400	16 748	0.382		1.80	0.15	3.54
Presión = 2.0 kg/cm <sup>2</sup>						
Tiempo (segundos)	Lecturas	Diferencia de lecturas	Corrección aparato	Deformación unitaria (%)	Diferencia de def. unit. (%)	Def. unit. acum. (%)
0	16 748		0.045	0	0.00	3.54
15	16 330	0.418		1.85	1.85	5.39
30	16 210	0.538		2.44	0.59	5.99
60	16 092	0.656		3.02	0.58	6.57
120	15 948	0.800		3.74	0.71	7.28
240	15 685	1.063		5.04	1.30	8.58
480	15 314	1.434		6.88	1.84	10.42
900	15 079	1.669		8.04	1.16	11.58
1800	14 830	1.918		9.27	1.23	12.82
3600	14 460	2.288		11.10	1.83	14.65
7200	14 216	2.532		12.31	1.21	15.86
14400	14 039	2.709		13.19	0.88	16.73
28800	13 687	3.061		14.93	1.74	18.48
86400	13 416	3.332		16.27	1.34	19.82
Presión = 4.0 kg/cm <sup>2</sup>						
Tiempo (segundos)	Lecturas	Diferencia de lecturas	Corrección aparato	Deformación unitaria (%)	Diferencia de def. unit. (%)	Def. unit. acum. (%)
0	13 416		0.053	0	0.00	19.82
15	13 085	0.331		1.38	1.38	21.19
30	12 965	0.451		1.97	0.59	21.79
60	12 818	0.596		2.70	0.73	22.51
120	12 651	0.785		3.52	0.83	23.34
240	12 288	1.128		5.32	1.80	25.14
480	11 612	1.804		8.67	3.35	28.49
900	11 170	2.246		10.86	2.19	30.67
1800	10 742	2.674		12.98	2.12	32.79
3600	10 315	3.101		15.09	2.11	34.91
7200	10 064	3.352		16.33	1.24	36.15
14400	9 929	3.487		17.00	0.67	36.82
28800	9 735	3.681		17.96	0.96	37.78
86400	9 536	3.880		18.95	0.99	38.76

Tabla 2.4. Registro de incremento de presiones en la muestra.

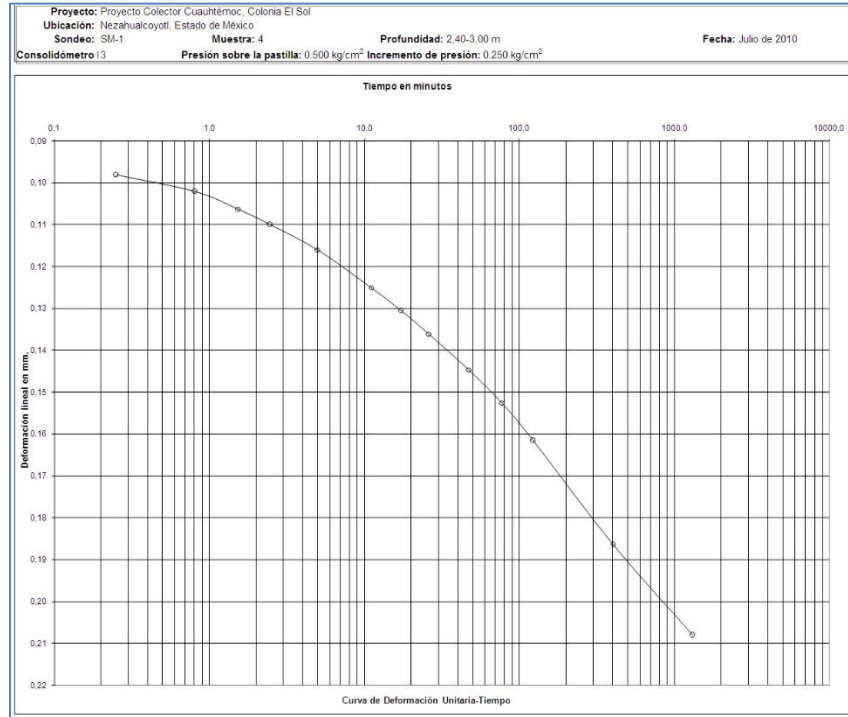


Gráfica 2.5. Curva de deformación unitaria lineal vs tiempo, para la presión inicial de 0.125 Kg/cm<sup>2</sup>, con incrementos de presión de 0.125 Kg/cm<sup>2</sup>.

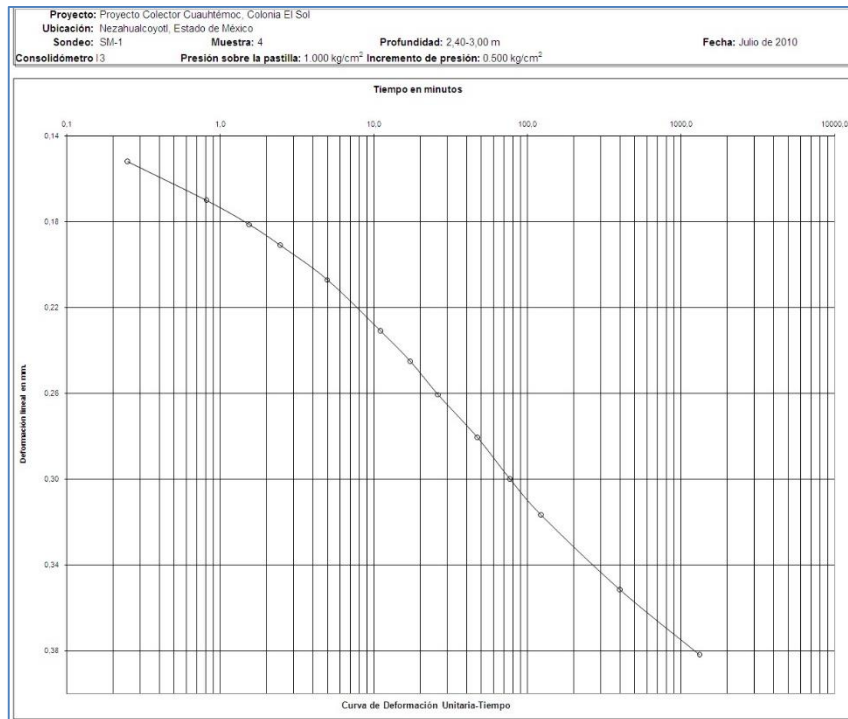


Gráfica 2.6. Curva de deformación unitaria lineal vs tiempo, para la presión inicial de 0.250 Kg/cm<sup>2</sup>, con incrementos de presión de 0.125 Kg/cm<sup>2</sup>.

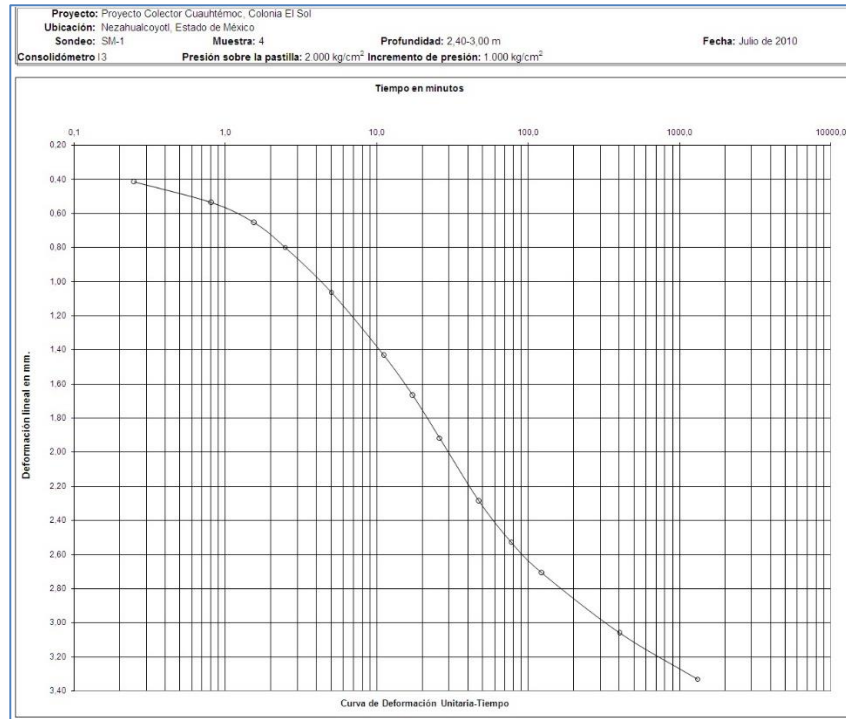




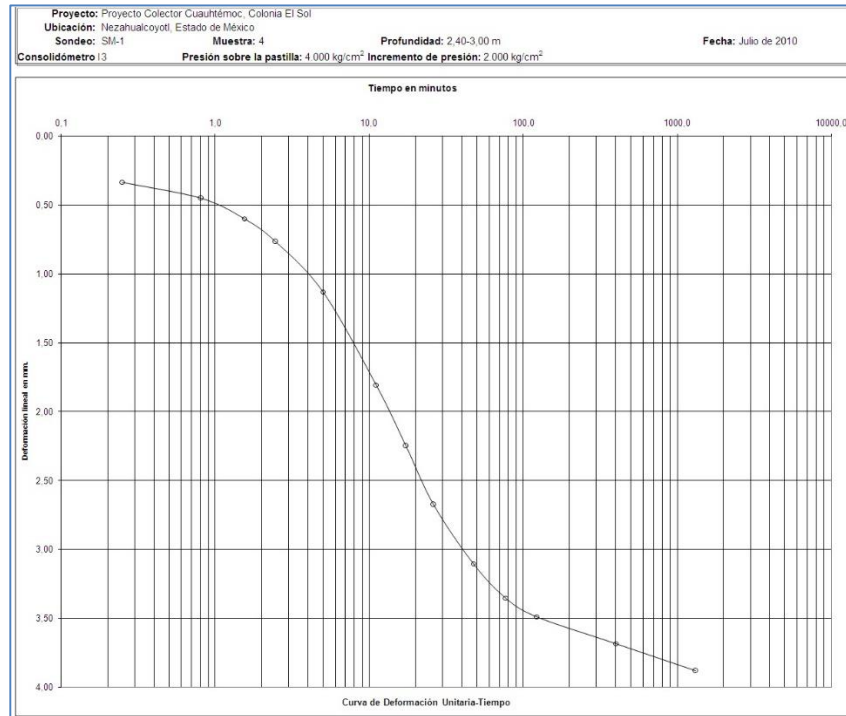
Grafica 2.7. Curva de deformación unitaria lineal vs tiempo, para la presión inicial de 0.500 Kg/cm<sup>2</sup>, con incrementos de presión de 0.250 Kg/cm<sup>2</sup>.



Grafica 2.8. Curva de deformación unitaria lineal vs tiempo, para la presión inicial de 1.000 Kg/cm<sup>2</sup>, con incrementos de presión de 0.500 Kg/cm<sup>2</sup>.

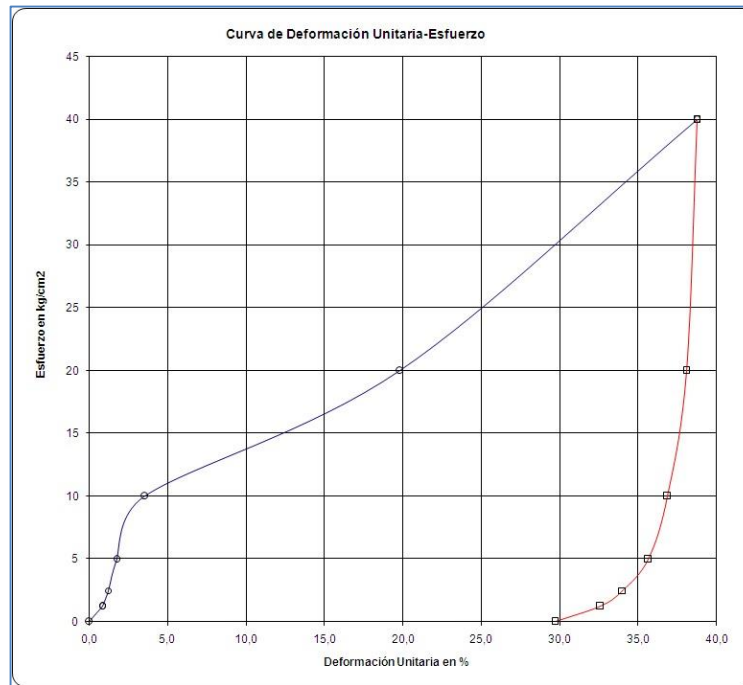


Grafica 2.9. Curva de deformación unitaria lineal vs tiempo, para la presión inicial de 2.000 Kg/cm<sup>2</sup>, con incrementos de presión de 1.000 Kg/cm<sup>2</sup>.

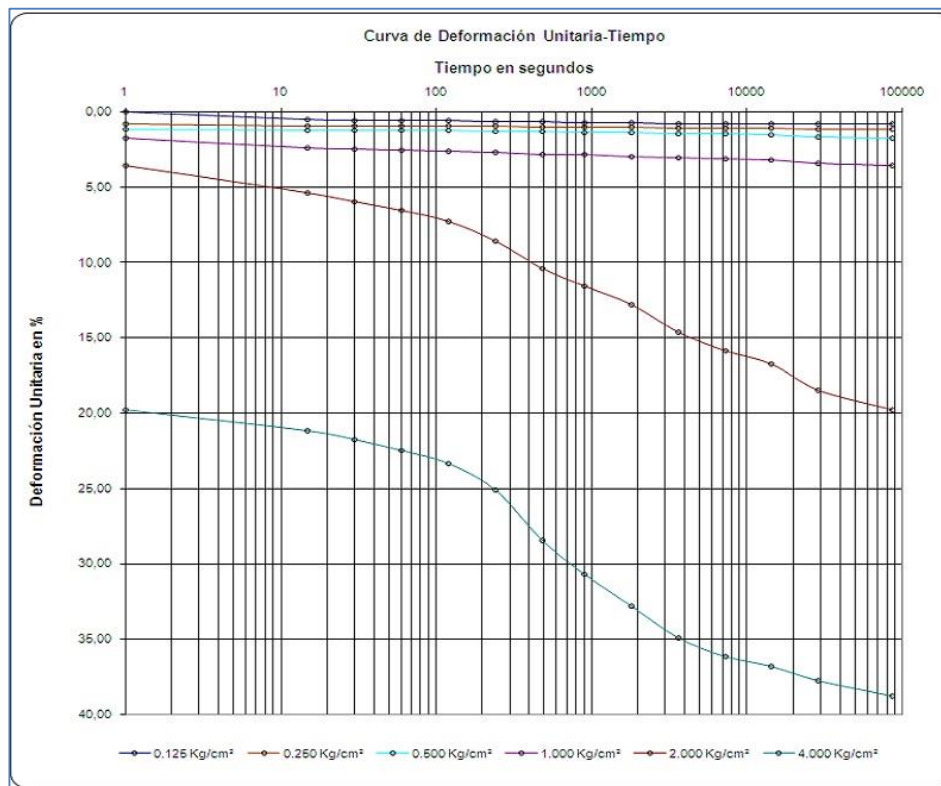


Grafica 2.10. Curva de deformación unitaria lineal vs tiempo, para la presión inicial de 4.000 Kg/cm<sup>2</sup>, con incrementos de presión de 2.000 Kg/cm<sup>2</sup>.

### ANEXO 3 “Condiciones hidráulicas del terreno resultado de Sondeo Mixto”



Gráfica 3.1. Curva de deformación unitaria vs esfuerzo del Sondeo Mixto SM-1.



Gráfica 3.2. Curva de deformación unitaria acumulada vs tiempo, de acuerdo con las presiones y sus incrementos, utilizadas para la muestra 4 del Sondeo SM-1.



## ANEXO 4 "Programa de obra"

PROGRAMA GENERAL CALENDARIZADO DE LA EJECUCION DE LOS TRABAJOS														
Descripción	Unidad	Cantidad	01-Oct-2010	16-Oct-2010	01-Nov-2010	16-Nov-2010	01-Dic-2010	16-Dic-2010	01-Ene-2011	16-Ene-2011	01-Feb-2011	16-Feb-2011	01-Mar-2011	Total
<b>COLECTOR OVAIRTEMOC</b>														
TRAZO Y NIVELACION PARA DESPLANTE DE ESTRUCTURA PARA OBRA HIDRÁULICA, CON EQUIPO DE TOPOGRAFIA, INCLUYE MATERIALES PARA DESPLANTE.	M2	2,201.93	5.00%	7.00%	9.00%	10.00%	12.00%	14.00%	12.00%	10.00%	9.00%	7.00%	5.00%	100.00%
			8943.53	\$1,320.94	\$1,698.35	\$1,887.06	\$2,264.47	\$2,641.88	\$2,264.47	\$1,887.06	\$1,698.35	\$1,320.94	\$843.51	\$18,870.68
			110.0966	154.1362	198.1739	220.1932	264.2318	308.2705	264.2318	220.1932	198.1739	154.1362	110.0966	2,201.9320
CORTE CON SIERRA EN PAVIMENTO DE CONCRETO ASFALTICO CON PROFUNDIDAD MAYOR DE 5 CM.	M	429.92	5.00%	7.00%	9.00%	10.00%	12.00%	14.00%	12.00%	10.00%	9.00%	7.00%	5.00%	100.00%
			3398.97	\$658.56	\$718.14	\$797.93	\$947.52	\$1,117.10	\$947.52	\$797.93	\$718.14	\$658.56	\$339.87	\$7,979.52
			21.4960	30.5944	38.6528	42.9920	51.6904	60.1888	51.6904	42.9920	38.6528	30.5944	21.4960	429.9200
UTILIZACION DE MALLA PREVENTIVA DE POLIPROPILENO DE 120 X 20 CM EN COLOR NARANJA EN LOS TRABAJOS DE LA LINEA DE REFORZAMIENTO DE AGUA PLUVIAL, INCLUYE INSTALACION CON RECUPERACION DE LA EMPRESA, MANTENIMIENTO, CUIDADOS, AGUACEROS Y REACONDICIONAMIENTO DURANTE EL TIEMPO QUE DURE LA OBRA, REDUCCION EN EL CAMPO DE LOS TRABAJOS, CARGA EN RETIRO DE LA MISMA AL ALMACEN DEL CONTAINER O OTRO TIPO DE MATERIALES, MANO DE OBRA, EQUIPO, HERRAMIENTA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.	M	640.65	5.00%	7.00%	9.00%	10.00%	12.00%	14.00%	12.00%	10.00%	9.00%	7.00%	5.00%	100.00%
			5243.86	\$340.89	\$438.11	\$487.13	\$584.55	\$691.96	\$584.55	\$487.13	\$438.11	\$340.89	\$243.96	\$4,871.28
			27.2222	37.8455	48.6588	54.0660	64.8732	75.6804	64.8732	54.0660	48.6588	37.8455	27.2222	640.6500
SUMINISTRO, COLOCACION Y RETIRO DE BOYA DE RESEALIZACION (CARAMELO) EN TRABAJOS DE REFORZAMIENTO HIDRÁULICO, REMANENTE LAS 24 HORAS, INCLUYE MATERIALES, MANO DE OBRA, EQUIPO, HERRAMIENTA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.	PZA	48.00	5.00%	7.00%	9.00%	10.00%	12.00%	14.00%	12.00%	10.00%	9.00%	7.00%	5.00%	100.00%
			\$538.79	\$754.30	\$969.81	\$1,077.67	\$1,293.28	\$1,508.89	\$1,293.28	\$1,077.67	\$969.81	\$754.30	\$538.79	\$10,776.70
			2.2000	3.1000	4.0000	4.8000	5.7000	6.6000	5.7000	4.8000	4.0000	3.1000	2.2000	48.0000
DESOLUCION POR MEDIOS MECANICOS DE PAVIMENTO DE CONCRETO ASFALTICO EN CUALQUIER ZONA.	M3	160.00	5.00%	7.00%	9.00%	10.00%	12.00%	14.00%	12.00%	10.00%	9.00%	7.00%	5.00%	100.00%
			\$879.16	\$1,227.45	\$1,678.16	\$1,793.60	\$2,194.32	\$2,645.04	\$2,194.32	\$1,793.60	\$1,678.16	\$1,227.45	\$879.16	\$17,688.00
			7.5000	10.5000	13.5000	15.0000	18.0000	21.0000	18.0000	15.0000	13.5000	10.5000	7.5000	160.0000
CARGA MECANICA DE MATERIAL SATURADO Y ACABADO EN CASION AL PRESEALIZADO EN VOLUMEN MEDIO EN BANDO, ESTADIA DE CAMION POR CARRERA DE ESCAVADORA DE ALMEJA.	M3	10,787.74	5.00%	7.00%	9.00%	10.00%	12.00%	14.00%	12.00%	10.00%	9.00%	7.00%	5.00%	100.00%
			\$33,810.70	\$47,334.89	\$60,859.27	\$67,621.41	\$81,145.69	\$94,669.97	\$81,145.69	\$67,621.41	\$60,859.27	\$47,334.89	\$33,810.70	\$676,214.07
			538.3870	733.7418	939.6966	1,076.7740	1,293.2328	1,509.7816	1,293.2328	1,076.7740	939.6966	733.7418	538.3870	10,787.7400
ACABADO EN CAMION DE MATERIA SATURADO, KILOMETROS SUBSECUENTES, ZONA URBANA.	M3/M	363,181.87	5.00%	7.00%	9.00%	10.00%	12.00%	14.00%	12.00%	10.00%	9.00%	7.00%	5.00%	100.00%
			\$167,519.11	\$220,626.76	\$283,534.41	\$316,038.23	\$378,046.87	\$441,055.52	\$378,046.87	\$316,038.23	\$283,534.41	\$220,626.76	\$167,519.11	\$3,160,382.28
			17,659.0935	24,722.7309	31,796.3683	35,318.1870	42,381.8244	49,445.4618	42,381.8244	35,318.1870	31,796.3683	24,722.7309	17,659.0935	363,181.8700
CONSTRUCCION DE LUMBRERA DE EMPUJE DE 8.0 X 8.0 M HASTA 8.00 M DE PROFUNDIDAD PARA EL DESPLANTE DE LA BASE PARA EL SISTEMA DE HINCAO DE TUBERIA DE CONCRETO REFORZADO POR EMPUJE INCLUYE COLOCACION Y DESMANTELAMIENTO DE ADEME METALICO, EXCAVACION TIPO ALUBIA Y SU ACABADO FUERA DE OBRA, COLOCACION Y REMOCION DE MADERA Y TRONQUELES PREVIDA A LA ESTABILIZACION DEL FONDO DE LA LUMBRERA, LOMA DE CONCRETO PARA LA ESTABILIZACION DEL FONDO DE LA LUMBRERA, MUÑO DE REACCION PARA EL EMPUJE DE LA TUBERIA, BOMBEO DE AGUAS, CONCRETO FONDO, KISAP, ACERO DE REFERENCIA P.V. 4.350 KILOGRAMOS EN LOMA DE FONDO, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	PZA	2.00	20.00%	20.00%		20.00%		15.00%	5.00%			20.00%		100.00%
			\$392,246.60	\$493,246.60		\$392,246.60		\$276,334.95	\$83,111.65			\$392,246.60		\$1,842,933.86
			0.4000	0.4000		0.4000		0.3000	0.1000			0.4000		2.0000
CONSTRUCCION DE LUMBRERA DE EMPUJE DE 8.0 X 8.0 M HASTA 8.00 M DE PROFUNDIDAD PARA EL DESPLANTE DE LA BASE PARA EL SISTEMA DE HINCAO DE TUBERIA DE CONCRETO REFORZADO POR EMPUJE INCLUYE COLOCACION Y DESMANTELAMIENTO DE ADEME METALICO, EXCAVACION TIPO ALUBIA Y SU ACABADO FUERA DE OBRA, COLOCACION Y REMOCION DE MADERA Y TRONQUELES PREVIDA A LA ESTABILIZACION DEL FONDO DE LA ESTABILIZACION DEL FONDO DE LA LUMBRERA, MUÑO DE REACCION PARA EL EMPUJE DE LA TUBERIA, BOMBEO DE AGUAS, CONCRETO FONDO, KISAP, ACERO DE REFERENCIA P.V. 4.350 KILOGRAMOS EN LOMA DE FONDO, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	PZA	1.00									33.33%	33.33%	33.34%	100.00%
											\$247,829.64	\$247,829.64	\$247,829.69	\$743,589.00
											0.3333	0.3333	0.3334	1.0000

PROGRAMA GENERAL CALENDARIZADO DE LA EJECUCION DE LOS TRABAJOS														
Descripción	Unidad	Cantidad	01-Oct-2010	16-Oct-2010	01-Nov-2010	16-Nov-2010	01-Dic-2010	16-Dic-2010	01-Ene-2011	16-Ene-2011	01-Feb-2011	16-Feb-2011	01-Mar-2011	Total
CONSTRUCCION DE COLECTOR CON TUBERIA DE CONCRETO REFORZADO 80X120 CM CON UNICA DE ACERO DE 24 M DE DIAMETRO EL SISTEMA DE HINCAO DE TUBERIA DE CONCRETO REFORZADO, NIVELACION Y PENDIENTE, INSTALACION Y DESMANTELAMIENTO DE EQUIPO INTERNO POR EQUIPO ROTATORIO DE FRENTA CERRADO UNIDAD DE TRANSPORTE BASE DE BELAZAMIENTO, EMPUJE DE TUBERIA UNIDAD DE POTENCIA HUEL, AUTOMATICO CON RAYO LASER, EXTRACTOR DE AIRE CONTAMINADO, GENERADOR DE ENERGIA ELECTRICA CON CAPASIDAD DE 300 KW, BOBINA DE INYECCION DE BENTONITA, GRUA TELESCOPICA, BOMBEO DE AGUAS, UNIDAD HIDRÁULICA DEL EMPUJE, EQUIPO DE CORTE Y SOLDADURA, FABRICACION E INSTALACION DE ESTACIONES INTERMEDIAS DE EMPUJE, MATERIALES, MANO DE OBRA, EQUIPO, HERRAMIENTA, INCLUYE EXTRACCION DE RESAZA A NIVEL DE CALLE Y EXCAVACION Y REFORZACION EN INTERNA, TIPO T.F.E.	M	664.69	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	100.00%
			\$2,641,338.34	\$2,641,338.34	\$2,641,338.34	\$2,641,338.34	\$2,641,338.34	\$2,641,338.34	\$2,641,338.34	\$2,641,338.34	\$2,641,338.34	\$2,641,338.34	\$2,641,338.34	\$26,413,383.44
			56.4634	56.4634	56.4634	56.4634	56.4634	56.4634	56.4634	56.4634	56.4634	56.4634	56.4634	664.6943
CHIMENEA DE MUÑO IDE TANQUE REDO RECOCCION DE 2.0 M DE ESPESOR, DESPLANTE A BOMBEO LOMA DE ESTRUCTURA DE 1.60 M DE PROFUNDIDAD, ASIENTO Y APLANADO CON MORTERO CEMENTO ARENA 1:4, INCLUYE JORNALeros DIURNOS, JORNALeros NOCTURNOS, SUMINISTRO DE MATERIALES PUESTOS EN EL SITIO DE LOS TRABAJOS, ANÁLISIS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.	PZA	7.00	5.00%	7.00%	9.00%	10.00%	12.00%	14.00%	12.00%	10.00%	9.00%	7.00%	5.00%	100.00%
			\$2,139.00	\$2,989.00	\$3,839.01	\$4,270.01	\$5,120.01	\$5,970.01	\$5,120.01	\$4,270.01	\$3,839.01	\$2,989.00	\$2,139.00	\$42,700.87
			0.3000	0.4000	0.5000	0.7000	0.8000	0.9000	0.8000	0.7000	0.6000	0.4000	0.3000	7.0000
INCREMENTO DE CHIMENEA DE MUÑO DE TANQUE REDO RECOCCION DE 2.0 M DE ESPESOR, DE 0.35 M DE PROFUNDIDAD, ASIENTO Y APLANADO CON MORTERO CEMENTO ARENA 1:4, INCLUYE JORNALeros DIURNOS, JORNALeros NOCTURNOS, SUMINISTRO DE MATERIALES PUESTOS EN EL SITIO DE LOS TRABAJOS, ANÁLISIS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.	PZA	350.00	5.00%	7.00%	9.00%	10.00%	12.00%	14.00%	12.00%	10.00%	9.00%	7.00%	5.00%	100.00%
			\$10,933.16	\$16,194.41	\$21,455.67	\$23,706.30	\$28,006.93	\$32,307.56	\$28,006.93	\$23,706.30	\$21,455.67	\$16,194.41	\$10,933.16	\$217,389.80
			17.6000	24.0000	31.0000	35.0000	42.0000	49.0000	42.0000	35.0000	31.0000	24.0000	17.6000	350.0000
SUMINISTRO Y COLOCACION DE RESEA RESTRICIVA DE 45X60 CM, FABRICADA CON LAMINA GALVANIZADA CALIBRE 16, REFLECTANTE ALTA INTENSIDAD, FONDO EN VINIL, SIN POSTE.	PZA	26.00	5.00%	7.00%	9.00%	10.00%	12.00%	14.00%	12.00%	10.00%	9.00%	7.00%	5.00%	100.00%
			\$1,406.88	\$1,949.23	\$2,491.58	\$2,811.75	\$3,374.10	\$3,936.45	\$3,374.10	\$2,811.75	\$2,491.58	\$1,949.23	\$1,406.88	\$26,117.60
			1.2000	1.7000	2.2000	2.6000	3.0000	3.4000	3.0000	2.6000	2.2000	1.7000	1.2000	26.0000
RELLENO DE ZANJA CON MATERIAL PROVENIENTE DE BANDO (FRONTE) COMPACTADO AL BEN PROCTOR CON RODILLO VIBRATORIO, INCLUYE ACABADO LIBRE MANO DE M, INCORPORACION DE AGUA, MEDIDO COMPACTO.	M3	969.99	5.00%	7.00%	9.00%	10.00%	12.00%	14.00%	12.00%	10.00%	9.00%	7.00%	5.00%	100.00%
			\$16,482.50	\$21,675.49	\$27,868.49	\$30,964.99	\$37,157.99	\$43,350.99	\$37,157.99	\$30,964.99	\$27,868.49	\$21,675.49	\$16,482.50	\$309,649.91
			48.4939	67.8993	87.2997	96.6999	116.0999	135.4999	116.0999	96.6999	87.2997	67.8993	48.4939	969.9900
BANCHO CON MEDIDA ASFALTICA EN CALIENTE EN ZONA DE LOS TRABAJOS CON UN ESPESOR DE 10 CM, INCLUYE ACABADO DE MEDIDA ASFALTICA, RESEO DE LISA, BESO DE IMPERMEABILIZACION, EXTENDIDO Y CONTACTADO DEGREGADO ASFALTICO, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	M3	156.90										80.00%		100.00%
												\$231,662.86		\$488,326.70
												78.4500		156.9000
LIMPIEZA GENERAL DE LA OBRA, INCLUYE MANO DE OBRA Y HERRAMIENTA NECESARIA PARA SU DESARROLLO.	M2	2,282.03	5.00%	7.00%	9.00%	10.00%	12.00%	14.00%	12.00%	10.00%	9.00%	7.00%	5.00%	100.00%
			\$887.42	\$1,242.39	\$1,697.36	\$1,774.84	\$2,129.80	\$2,484.77	\$2,129.80	\$1,774.84	\$1,697.36	\$1,242.39	\$887.41	\$17,748.39
			110.1016	164.1421	198.1827	220.2020	264.2436	308.2842	264.2436	220.2020	198.1827	164.1421	110.1016	2,282.0300
SUMINISTRO, FABRICACION Y COLOCACION DE ESTREPO REFORZADO DE 6.0 X 3.0 X 0.15 M BARRAS DE 10 M X 3.0 M DE LAMINA GALVANIZADA CALIBRE 24, SOLDADURA EN V, 4540 P.V. DE 1.6 X 1.0 M, INCLUYE REFORZADO DE 4 X 4 X 0.15 CALIBRE, 2 CANALLETAS DE 2 X 4 X 0.15 CALIBRE, INCLUYE REFORZADO (SEGUN ESPECIFICACION) MATERIALES, EQUIPO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA, COMO EXCAVACIONES EN CUALQUIER TIPO DE MATERIAL, REBOSTO DE CONCRETO FONDO, KISAP, PINTURA DE ESMALTE EN TODA LA ESTRUCTURA (MEDIO IMPACTO).	PZA	2.00	5.00%	7.00%	9.00%	10.00%	12.00%	14.00%	12.00%	10.00%	9.00%	7.00%	5.00%	100.00%
			\$661.79	\$912.50	\$1,173.21	\$1,303.87	\$1,564.28	\$1,824.69	\$1,564.28	\$1,303.87	\$1,173.21	\$912.50	\$661.79	\$13,038.00
			0.1000	0.1400	0.1800	0.2000	0.2400	0.2800	0.2400	0.2000	0.1800	0.1400	0.1000	2.0000



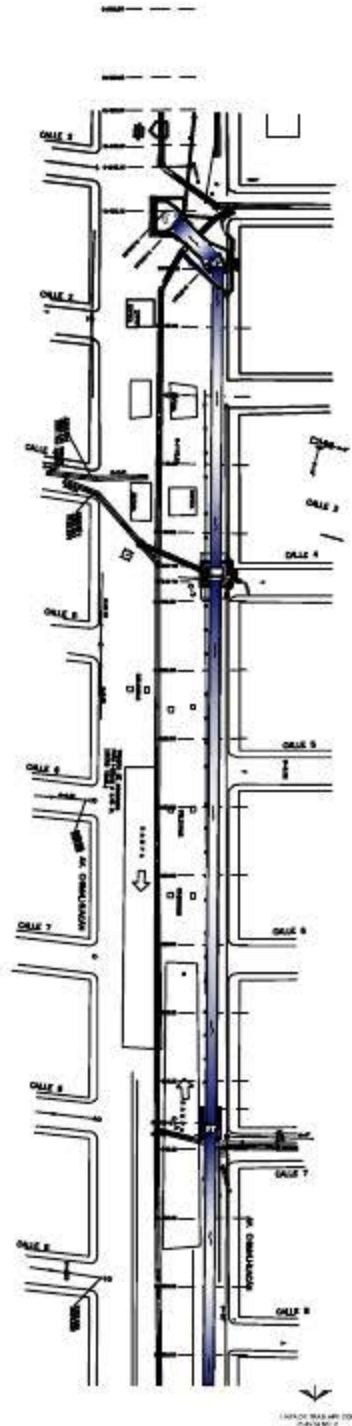


PROGRAMA GENERAL CALENDARIZADO DE LA EJECUCION DE LOS TRABAJOS														
Descripción	Unidad	Cantidad	01-Oct-2010	16-Oct-2010	01-Nov-2010	16-Nov-2010	01-Dic-2010	16-Dic-2010	01-Ene-2011	16-Ene-2011	01-Feb-2011	16-Feb-2011	01-Mar-2011	Total
ELABORACION E INTEGRACION DE EXPEDIENTE TECNICO ENTREGA RECIBO EN ORIGINAL Y TRES COPIAS, EL CUAL DEBERA CONTAR LA SUCESIVA DOCUMENTACION: 1- SOLICITUD DE RECEPCION POR PARTE DE LA EMPRESA 2- PROYECTO DE LOCALIZACION 3- DESCRIPCION DE LOS TRABAJOS EJECUTADOS 4- ALBUM FOTOGRAFICO (A COLOR) 5- PLANOS DE OBRA TERMINADA AVALUADO POR LA RESIDENCIA DE CONSTRUCCION 6- CONCENTRADO DE ESTIMACIONES INCLUYENDO FINQUITO AVALUADO POR LA RESIDENCIA 7- BALANCE DE MATERIALES AVALUADO POR LA RESIDENCIA DE CONSTRUCCION INCLUYE LA ENTREGA DE TODA LA DOCUMENTACION EN IGUAL NUMERO DE COPIAS EN RESPALDO ELECTRONICO.	PZA	1.00											100.00%	100.00%
													1.0000	1.0000
PERFORACION DE 12" DE DIAMETRO PARA INSTALAR SISTEMA DE BOMBEO EYECTOR, EL PRECIO INCLUYE MATERIALES DE CONSUMO, MANO DE OBRA HERRAMIENTA DE MANO Y EQUIPO	ML	263.00	5.00%	7.00%	9.00%	10.00%	12.00%	14.00%	12.00%	10.00%	9.00%	7.00%	5.00%	100.00%
			\$7,117.40	\$9,964.35	\$12,811.31	\$14,234.79	\$17,081.75	\$19,928.71	\$17,081.75	\$14,234.79	\$12,811.31	\$9,964.35	\$7,117.41	\$142,947.92
			12.6500	17.7100	22.7700	26.3000	30.3600	35.4200	30.3600	25.3000	22.7700	17.7100	12.6500	263.0000
SISTEMA DE HABITADO Y SISTEMA DE DESHABITADO DE BOMBEO EYECTOR EL PRECIO INCLUYE EL HABITADO Y DESHABITADO PARA CADA DE LOS MATERIALES QUE CONFORMAN EL SISTEMA DE BOMBEO, MANO DE OBRA Y HERRAMIENTA DE MANO	SISTEM A	5.00	5.00%	7.00%	9.00%	10.00%	12.00%	14.00%	12.00%	10.00%	9.00%	7.00%	5.00%	100.00%
			\$3,157.55	\$4,420.57	\$5,683.59	\$6,315.11	\$7,578.13	\$8,841.15	\$7,578.13	\$6,315.11	\$5,683.59	\$4,420.57	\$3,157.55	\$63,161.05
			0.2500	0.3500	0.4500	0.5000	0.6000	0.7000	0.6000	0.5000	0.4500	0.3500	0.2500	6.0000
HABILITADO DE POZO PARA BOMBEO EYECTOR A BASE DE TUBO RANURADO DE PVC DE 4" DE DIAMETRO, MANILLA GEOTEXTIL Y FILTRO DE ARENA Y GRANALLA, EL PRECIO INCLUYE EL HABITADO DE POZO DE BOMBEO EYECTOR, INSTALACION EN PERFORACION Y RELLENO DEL ESPACIO ANULAR	ML	263.00	5.00%	7.00%	9.00%	10.00%	12.00%	14.00%	12.00%	10.00%	9.00%	7.00%	5.00%	100.00%
			\$6,617.17	\$9,362.04	\$12,036.91	\$13,374.34	\$16,048.21	\$18,724.07	\$16,048.21	\$13,374.34	\$12,036.91	\$9,362.04	\$6,617.16	\$132,742.08
			12.6500	17.7100	22.7700	26.3000	30.3600	35.4200	30.3600	25.3000	22.7700	17.7100	12.6500	263.0000
OPERACION Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE BOMBEO EYECTOR DURANTE EL PERIODO DE EJECUCION DE LOS TRABAJOS, EL PRECIO INCLUYE MANO DE OBRA HERRAMIENTA DE MANO Y EQUIPO PARA EL BUEN FUNCIONAMIENTO	HORA	6,048.00	5.00%	7.00%	9.00%	10.00%	12.00%	14.00%	12.00%	10.00%	9.00%	7.00%	5.00%	100.00%
			\$169,966.94	\$227,953.72	\$305,940.50	\$339,933.89	\$407,920.67	\$475,907.44	\$407,920.67	\$339,933.89	\$305,940.50	\$227,953.72	\$169,966.94	\$3,086,938.88
			302.4000	423.3600	544.3200	604.8000	725.7600	846.7200	725.7600	604.8000	544.3200	423.3600	302.4000	6,048.0000
TAPONAMIENTO Y RELLENO DE POZO DE BOMBEO EYECTOR A BASE DE CEMENTO ARENA 1:3, INCLUYE SUMINISTRO DE MATERIALES, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA DE MANO Y EQUIPO	ML	263.00	5.00%	7.00%	9.00%	10.00%	12.00%	14.00%	12.00%	10.00%	9.00%	7.00%	5.00%	100.00%
			\$564.06	\$789.69	\$1,015.31	\$1,128.13	\$1,353.75	\$1,579.38	\$1,353.75	\$1,128.13	\$1,015.31	\$789.69	\$564.07	\$11,281.27
			12.6500	17.7100	22.7700	26.3000	30.3600	35.4200	30.3600	25.3000	22.7700	17.7100	12.6500	263.0000
PORTAL DE ENTRADA PARA MAQUINARIA DE TUNEL, EL PRECIO INCLUYE MATERIALES DE CONSUMO, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO	PZA	2.00	5.00%	7.00%	9.00%	10.00%	12.00%	14.00%	12.00%	10.00%	9.00%	7.00%	5.00%	100.00%
			\$14,376.63	\$20,127.29	\$26,877.94	\$29,763.27	\$34,503.92	\$40,254.67	\$34,503.92	\$29,763.27	\$26,877.94	\$20,127.29	\$14,376.62	\$287,632.88
			0.1000	0.1400	0.1800	0.2000	0.2400	0.2800	0.2400	0.2000	0.1800	0.1400	0.1000	2.0000
CAJA 01 DE CONCRETO REFORZADO PARA TUBERIA DE 244 CM, EL PRECIO INCLUYE LOSA DE FONDO, MUROS Y LOSA TONCO A BASE DE CONCRETO PREMEZCLADO FIC-200/KG/CM3, AGREGADO RETENIDO MAX 3/4", WIREMESH/ALCANTARAL INTERIOR, FRESTERONAL, SIFAPLEX BANDA DE PVC DE 8", SUMINISTRO Y COLOCACION DE AGERO DE REFUERZO FIC-4-200 KG/CM3, CIMBRA DE MADERA PARA ACABADOS NO APARENTES EN MUROS, EN CIMENTACIONES, LOSAS, TRAMES Y CALAS, SUMINISTRO Y COLOCACION DE CONCRETO PREMEZCLADO DE FIC-100 KG/CM3, AGERO DE REFUERZO FIC-4-200 KG/CM3 CON AGREGADO DE 19 MM 3/4" DIAM, TEZONTE PARA DESPLANTE, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	PZA	1.00												100.00%
					\$394,051.35	\$394,051.35	\$394,169.57							\$1,182,272.27
					0.3333	0.3333	0.3334							1.0000
CONSTRUCCION DE LUMBRERA 1 DE EMPUSE DE 8.00 X 5.20 M. HASTA 8.00 M. DE PROFUNDIDAD PARA EL DESPLANTE DE LA BASE PARA EL SISTEMA DE HINCADO DE TUBERIA DE CONCRETO REFORZADO POR EMPUSE, INCLUYE COLOCACION Y DESMANTELAMIENTO DE ACHIQUE METALICO, EXCAVACION TIPO ALMENA Y SU ACERRE FUERA DE OBRA, COLOCACION Y REMOCION DE MADERA Y TROQUELES PREVIOS A LA ESTABILIZACION DEL FONDO DE LA LUMBRERA, LOSA DE CONCRETO PARA LA ESTABILIZACION DE FONDO DE LA LUMBRERA, MURO DE REACCION PARA EL EMPUSE DE LA TUBERIA, BOMBEO DE ACHIQUE CONCRETO FIC-100 KG/CM3, AGERO DE REFUERZO FIC-4-200 KG/CM3 # 5 EN LOSA DE FONDO Y MURO DE EMPUSE, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	PZA	3.00	20.00%	20.00%				15.00%	5.00%		20.00%			100.00%
			\$1,079,815.28	\$1,079,815.28				\$808,861.46	\$269,953.82		\$1,079,815.27			\$5,089,076.89
			0.6000	0.6000		0.6000		0.4600	0.1500		0.6000			3.0000
CONSTRUCCION DE LUMBRERA 4 DE EMPUSE DE 8.00 X 5.20 M. HASTA 8.00 M. DE PROFUNDIDAD PARA EL DESPLANTE DE LA BASE PARA EL SISTEMA DE HINCADO DE TUBERIA DE CONCRETO REFORZADO POR EMPUSE, INCLUYE COLOCACION Y DESMANTELAMIENTO DE ACHIQUE METALICO, EXCAVACION TIPO ALMENA Y SU ACERRE FUERA DE OBRA, COLOCACION Y REMOCION DE MADERA Y TROQUELES PREVIOS A LA ESTABILIZACION DEL FONDO DE LA LUMBRERA, LOSA DE CONCRETO PARA LA ESTABILIZACION DE FONDO DE LA LUMBRERA, MURO DE REACCION PARA EL EMPUSE DE LA TUBERIA, BOMBEO DE ACHIQUE CONCRETO FIC-100 KG/CM3, AGERO DE REFUERZO FIC-4-200 KG/CM3 # 5 EN LOSA DE FONDO Y MURO DE EMPUSE, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	PZA	1.00	20.00%	20.00%				15.00%	5.00%		20.00%			100.00%
			\$350,816.07	\$350,816.07				\$263,112.05	\$87,704.02		\$350,816.05			\$1,764,080.33
			0.2000	0.2000		0.2000		0.1500	0.0500		0.2000			1.0000
TOTAL			\$4,788,833.19	\$4,939,879.95	\$5,705,100.10	\$6,690,601.46	\$8,981,788.48	\$6,088,674.11	\$4,017,888.38	\$3,998,672.18	\$5,058,755.29	\$3,819,483.63	\$914,882.34	
ACUMULADO			\$4,788,833.19	\$9,708,713.14	\$15,413,813.24	\$21,004,414.70	\$22,986,102.16	\$28,967,877.27	\$32,072,286.66	\$35,468,837.81	\$40,827,083.10	\$44,447,088.80	\$46,382,088.97	\$46,382,088.97
PORCENTAJE PERIODO			10.61%	10.89%	11.74%	12.82%	14.89%	16.89%	18.89%	20.89%	22.89%	24.89%	26.89%	2.02%
PORCENTAJE ACUMULADO			10.61%	21.40%	28.67%	41.89%	56.83%	73.72%	92.61%	113.50%	138.40%	168.30%	200.00%	100.00%
TOTAL			\$4,788,833.19	\$4,939,879.95	\$5,705,100.10	\$6,690,601.46	\$8,981,788.48	\$6,088,674.11	\$4,017,888.38	\$3,998,672.18	\$5,058,755.29	\$3,819,483.63	\$914,882.34	
ACUMULADO			\$4,788,833.19	\$9,708,713.14	\$15,413,813.24	\$21,004,414.70	\$22,986,102.16	\$28,967,877.27	\$32,072,286.66	\$35,468,837.81	\$40,827,083.10	\$44,447,088.80	\$46,382,088.97	\$46,382,088.97
PORCENTAJE PERIODO			10.61	10.89	11.74	12.82	14.89	16.89	18.89	20.89	22.89	24.89	26.89	2.02
PORCENTAJE ACUMULADO			10.61	21.40	28.67	41.89	56.83	73.72	92.61	113.50	138.40	168.30	200.00	100.00

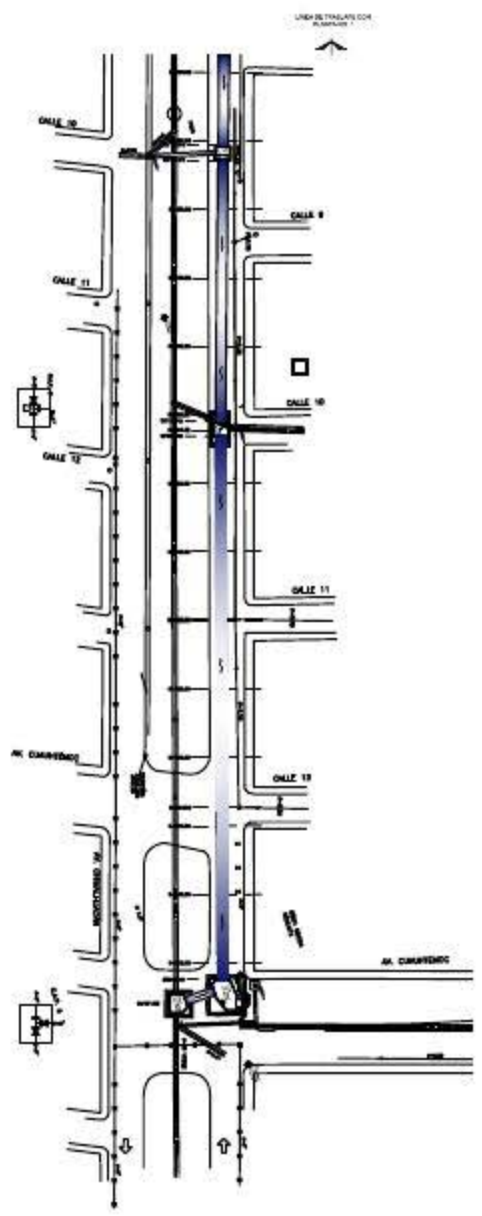
Tabla 4 Programa de obra.







PLANTA GENERAL No. 1  
 ACOTI, PUEBLA  
 ESC. 1300



PLANTA GENERAL No. 2  
 ACOTI, PUEBLA  
 ESC. 1300



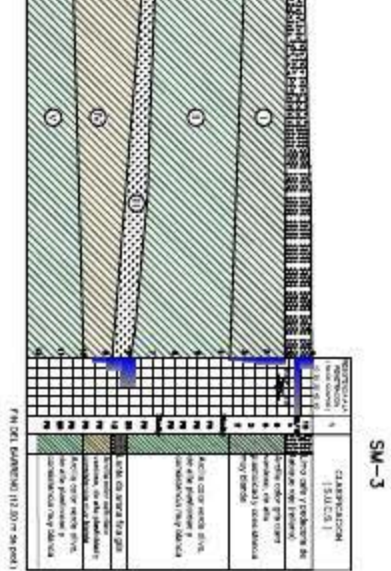
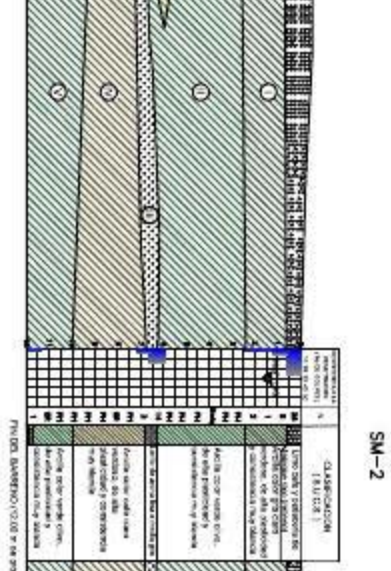
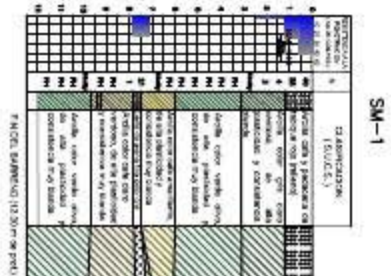
NOTAS GENERALES  
 PLANO DE PLANTA GENERAL Y TALLER DE SERVICIO  
 CONSTRUCCION



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y SERVICIOS  
 ACOTI, PUEBLA  
 PUEBLA, MEXICO  
 CENTRO DE INVESTIGACIONES Y SERVICIOS  
 PUEBLA, MEXICO

PROYECTO DE SERVICIO DE PLANTA GENERAL  
 ACOTI, PUEBLA, MEXICO  
 ESC. 1300

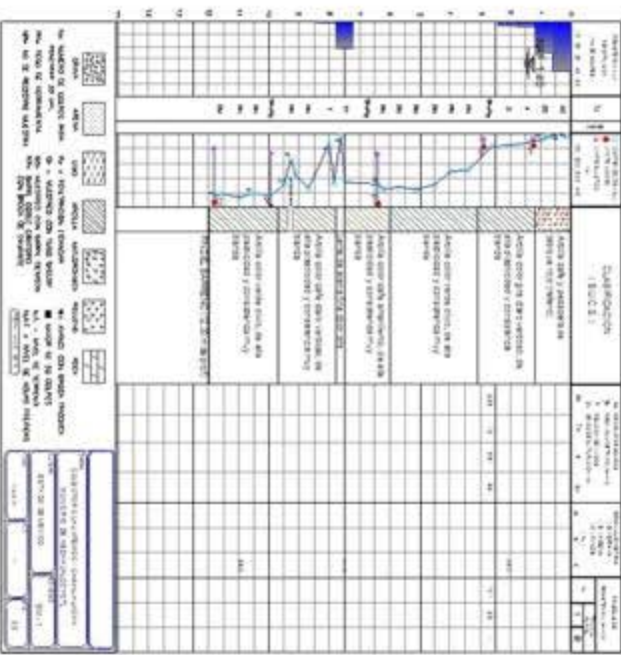




**CORTE ESTRATIGRAFICO DE LA AV. CHIMALHUACAN**

ACOT. VARIAS

ESC. 1:500



**PERFIL ESTRATIGRAFICO DE LA AV. CHIMALHUACAN**

ACOT. VARIAS

ESC. 1:500



**ESCALA GRAFICA**

1:500

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN GEOMORFOLOGÍA Y GEOLOGÍA

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN GEOMORFOLOGÍA Y GEOLOGÍA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

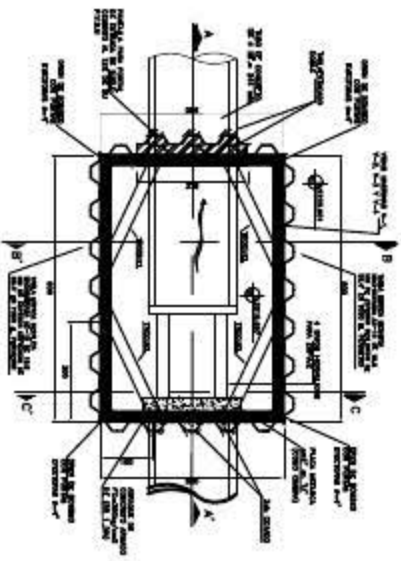




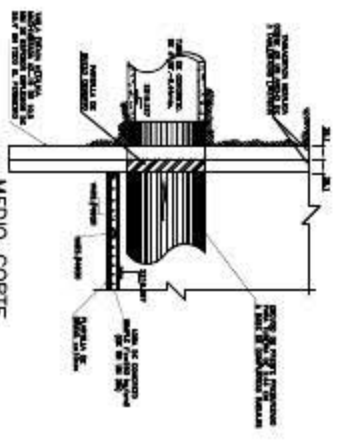




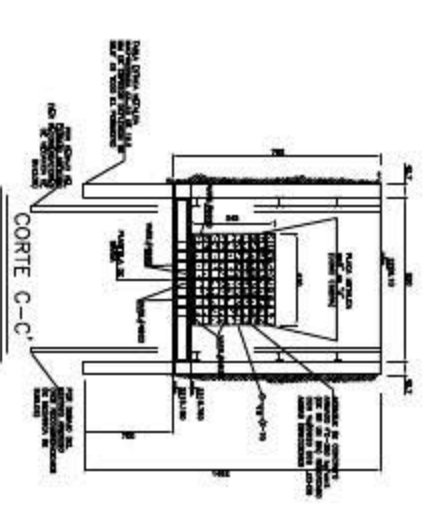




PLANTA



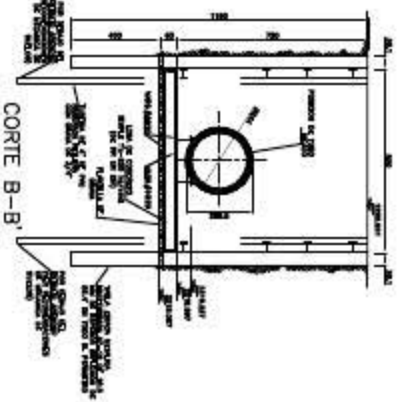
MEDIO CORTE PORTAL DE LEGADA



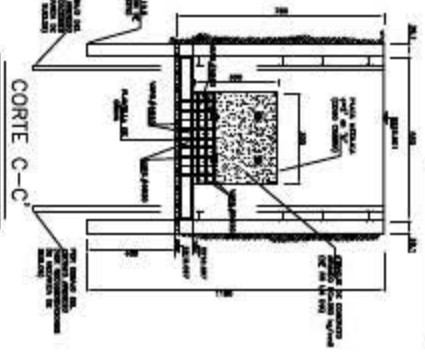
CORTE C-C'



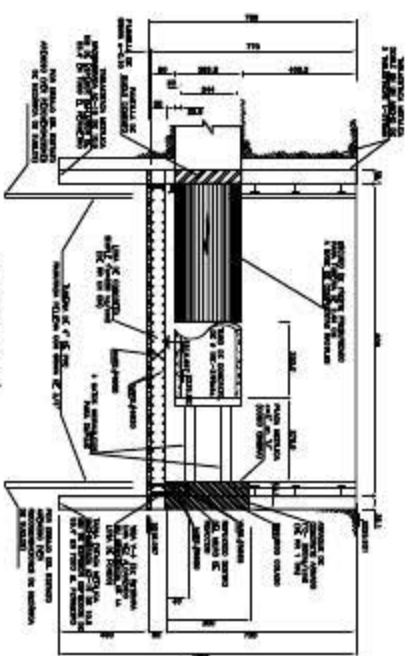
DETALLE 'A'



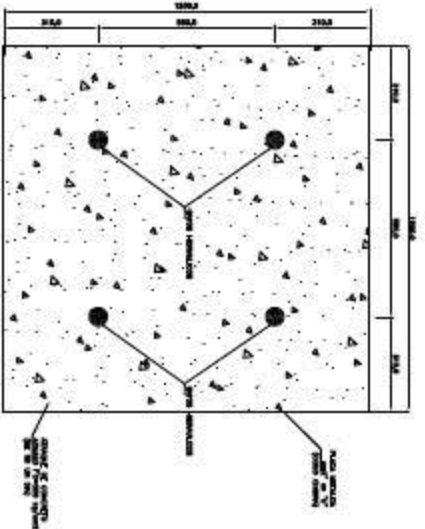
CORTE B-B'



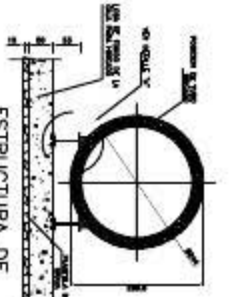
CORTE C-C''



CORTE A-A'



ATAQUE METALICO



ESTRUCTURA DE DESPLAZAMIENTO Y APOYO



NOTAS GENERALES

**PARACION DEL AEREO ESTRUCTURAL**  
 Este proyecto de obra de construcción de un edificio de estructura metálica, se realizó en el año 1975, en la ciudad de Lima, Perú. El edificio tiene una planta rectangular y una altura de 15 metros. La estructura está compuesta por un portal de acero que soporta un techo plano. El proyecto fue desarrollado por el arquitecto Juan Carlos Rodríguez y el ingeniero civil Juan Carlos Rodríguez. El edificio fue construido por la empresa constructora "Inca".

**NOTAS GENERALES**  
 1. La estructura está compuesta por un portal de acero que soporta un techo plano.  
 2. El portal está formado por dos columnas y dos vigas.  
 3. Las columnas están fijadas a la cimentación.  
 4. Las vigas están apoyadas sobre las columnas.  
 5. El techo está soportado por las vigas.  
 6. La cimentación está formada por una losa de concreto.  
 7. El edificio tiene una planta rectangular y una altura de 15 metros.  
 8. El proyecto fue desarrollado por el arquitecto Juan Carlos Rodríguez y el ingeniero civil Juan Carlos Rodríguez.  
 9. El edificio fue construido por la empresa constructora "Inca".

**NOVENCUPLURA DE PERFILES**  
 SECCION MANUAL INCA

PERFIL	SECCION	AREA	RESISTENCIA
IP 100	IP 100	100	100
IP 150	IP 150	150	150
IP 200	IP 200	200	200
IP 250	IP 250	250	250
IP 300	IP 300	300	300
IP 350	IP 350	350	350
IP 400	IP 400	400	400
IP 450	IP 450	450	450
IP 500	IP 500	500	500

**ESCALA GRAFICA**

1:100

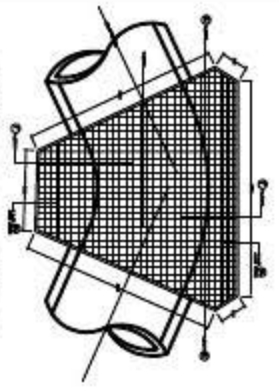
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE PERU  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
 INSTITUTO TECNICO NACIONAL  
 LIMA

PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION DEL EDIFICIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE PERU  
 PROYECTO CONSTRUCTIVO (MONTAJE Y MAQUETACION)

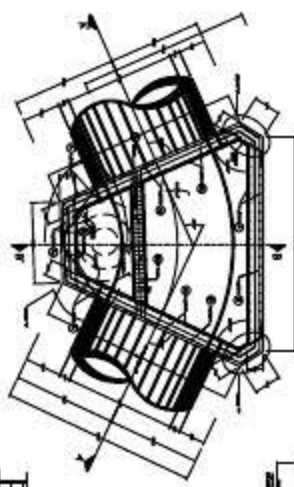
4. NOMBRE: JUAN CARLOS RODRIGUEZ  
 5. AÑO: 1975



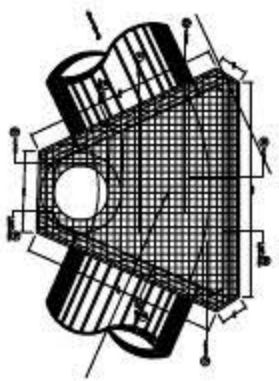




REFUERZO LOSA SUPERIOR  
1/25



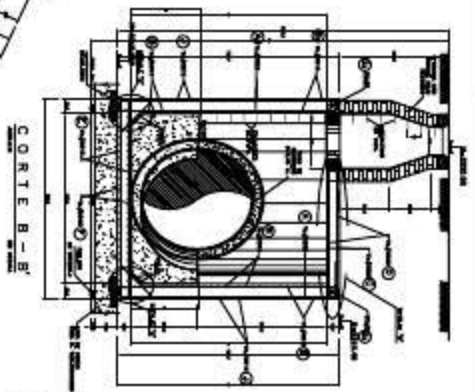
REFUERZO LOSA INFERIOR  
1/25



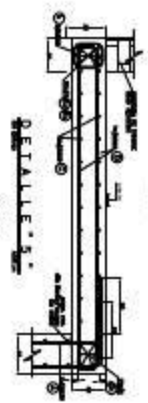
REFUERZO LOSA SUPERIOR  
1/25



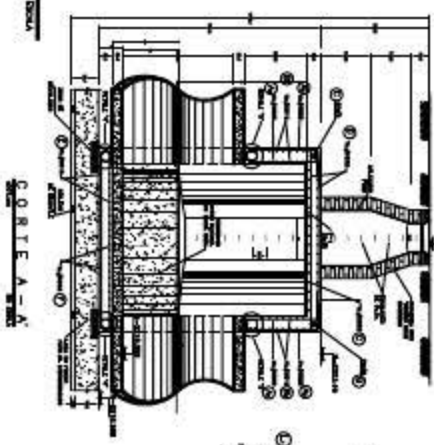
PERFIL ESCALÓN DE FORO  
CORTE A-A'



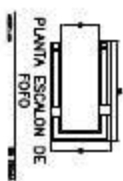
CORTE B-B'



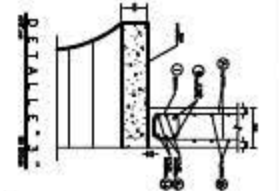
DETALLE 1.1



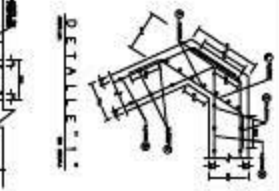
CORTE A-A'



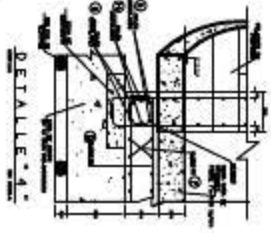
PLANTA ESCALÓN DE FORO



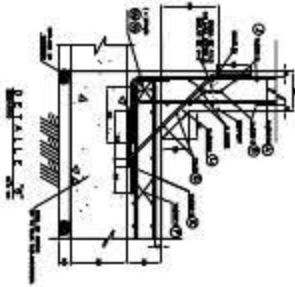
ISOMETRICO ESCALON DE FORO



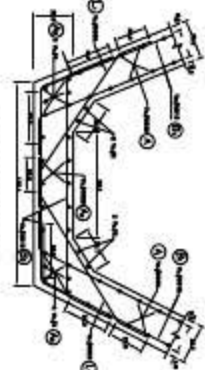
DETALLE 1.1



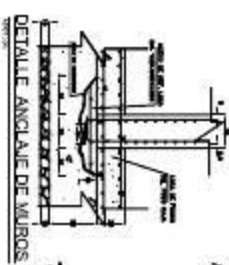
DETALLE 4.1



DETALLE 2.1



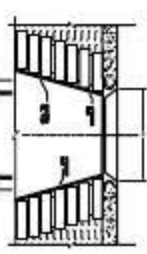
DETALLE 2.2



DETALLE ANCLAJE DE VUEROS



PLANTA BROCAL Y TAPA DE CONCRETO POLIMERICO



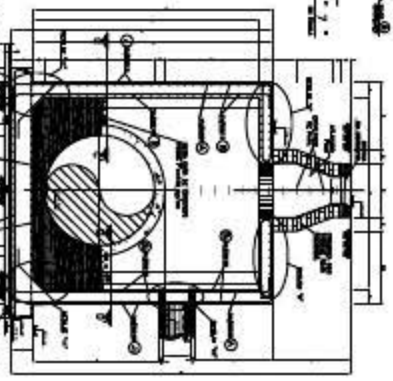
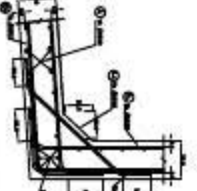
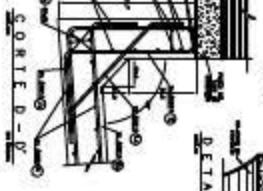
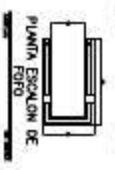
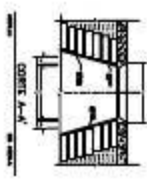
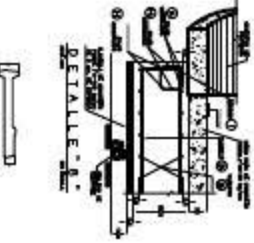
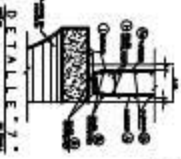
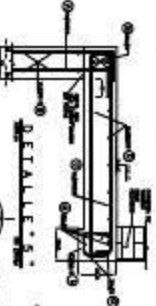
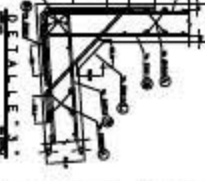
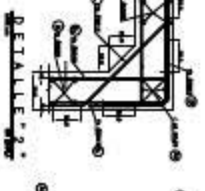
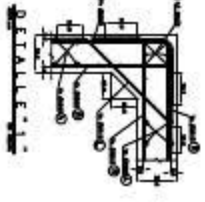
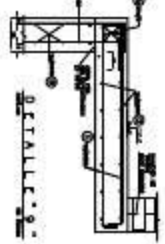
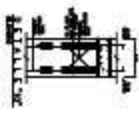
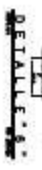
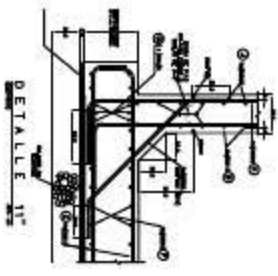
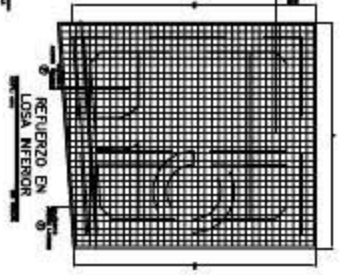
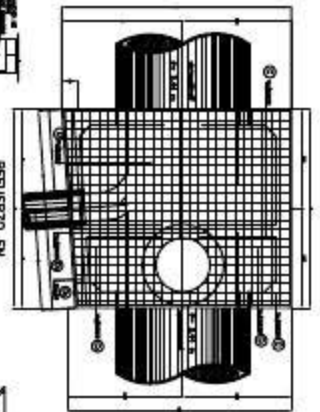
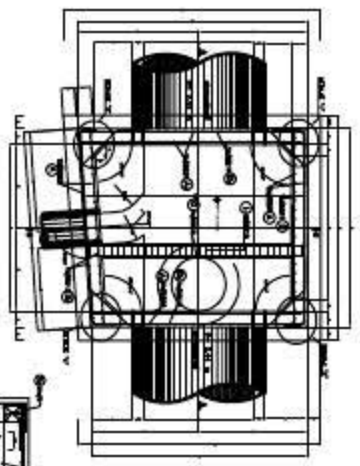
CORTE A-A'

LISTA DE MATERIALES PARA OCA										
NO.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	
1	ACERO B700	Kg	1000	1.200	1.200,00	2	ACERO B400	Kg	500	600,00
3	CONCRETO F'c=200	m <sup>3</sup>	10	100	1.000,00	4	CONCRETO F'c=150	m <sup>3</sup>	5	750,00
5	FORMA	m <sup>2</sup>	100	10	1.000,00	6	FORMA	m <sup>2</sup>	50	500,00
7	ALAMBRE	Kg	100	10	1.000,00	8	ALAMBRE	Kg	50	500,00
9	ACERO B700	Kg	1000	1.200	1.200,00	10	ACERO B400	Kg	500	600,00
11	CONCRETO F'c=200	m <sup>3</sup>	10	100	1.000,00	12	CONCRETO F'c=150	m <sup>3</sup>	5	750,00
13	FORMA	m <sup>2</sup>	100	10	1.000,00	14	FORMA	m <sup>2</sup>	50	500,00
15	ALAMBRE	Kg	100	10	1.000,00	16	ALAMBRE	Kg	50	500,00
17	ACERO B700	Kg	1000	1.200	1.200,00	18	ACERO B400	Kg	500	600,00
19	CONCRETO F'c=200	m <sup>3</sup>	10	100	1.000,00	20	CONCRETO F'c=150	m <sup>3</sup>	5	750,00
21	FORMA	m <sup>2</sup>	100	10	1.000,00	22	FORMA	m <sup>2</sup>	50	500,00
23	ALAMBRE	Kg	100	10	1.000,00	24	ALAMBRE	Kg	50	500,00
25	ACERO B700	Kg	1000	1.200	1.200,00	26	ACERO B400	Kg	500	600,00
27	CONCRETO F'c=200	m <sup>3</sup>	10	100	1.000,00	28	CONCRETO F'c=150	m <sup>3</sup>	5	750,00
29	FORMA	m <sup>2</sup>	100	10	1.000,00	30	FORMA	m <sup>2</sup>	50	500,00
31	ALAMBRE	Kg	100	10	1.000,00	32	ALAMBRE	Kg	50	500,00
33	ACERO B700	Kg	1000	1.200	1.200,00	34	ACERO B400	Kg	500	600,00
35	CONCRETO F'c=200	m <sup>3</sup>	10	100	1.000,00	36	CONCRETO F'c=150	m <sup>3</sup>	5	750,00
37	FORMA	m <sup>2</sup>	100	10	1.000,00	38	FORMA	m <sup>2</sup>	50	500,00
39	ALAMBRE	Kg	100	10	1.000,00	40	ALAMBRE	Kg	50	500,00
41	ACERO B700	Kg	1000	1.200	1.200,00	42	ACERO B400	Kg	500	600,00
43	CONCRETO F'c=200	m <sup>3</sup>	10	100	1.000,00	44	CONCRETO F'c=150	m <sup>3</sup>	5	750,00
45	FORMA	m <sup>2</sup>	100	10	1.000,00	46	FORMA	m <sup>2</sup>	50	500,00
47	ALAMBRE	Kg	100	10	1.000,00	48	ALAMBRE	Kg	50	500,00
49	ACERO B700	Kg	1000	1.200	1.200,00	50	ACERO B400	Kg	500	600,00
51	CONCRETO F'c=200	m <sup>3</sup>	10	100	1.000,00	52	CONCRETO F'c=150	m <sup>3</sup>	5	750,00
53	FORMA	m <sup>2</sup>	100	10	1.000,00	54	FORMA	m <sup>2</sup>	50	500,00
55	ALAMBRE	Kg	100	10	1.000,00	56	ALAMBRE	Kg	50	500,00
57	ACERO B700	Kg	1000	1.200	1.200,00	58	ACERO B400	Kg	500	600,00
59	CONCRETO F'c=200	m <sup>3</sup>	10	100	1.000,00	60	CONCRETO F'c=150	m <sup>3</sup>	5	750,00
61	FORMA	m <sup>2</sup>	100	10	1.000,00	62	FORMA	m <sup>2</sup>	50	500,00
63	ALAMBRE	Kg	100	10	1.000,00	64	ALAMBRE	Kg	50	500,00
65	ACERO B700	Kg	1000	1.200	1.200,00	66	ACERO B400	Kg	500	600,00
67	CONCRETO F'c=200	m <sup>3</sup>	10	100	1.000,00	68	CONCRETO F'c=150	m <sup>3</sup>	5	750,00
69	FORMA	m <sup>2</sup>	100	10	1.000,00	70	FORMA	m <sup>2</sup>	50	500,00
71	ALAMBRE	Kg	100	10	1.000,00	72	ALAMBRE	Kg	50	500,00
73	ACERO B700	Kg	1000	1.200	1.200,00	74	ACERO B400	Kg	500	600,00
75	CONCRETO F'c=200	m <sup>3</sup>	10	100	1.000,00	76	CONCRETO F'c=150	m <sup>3</sup>	5	750,00
77	FORMA	m <sup>2</sup>	100	10	1.000,00	78	FORMA	m <sup>2</sup>	50	500,00
79	ALAMBRE	Kg	100	10	1.000,00	80	ALAMBRE	Kg	50	500,00
81	ACERO B700	Kg	1000	1.200	1.200,00	82	ACERO B400	Kg	500	600,00
83	CONCRETO F'c=200	m <sup>3</sup>	10	100	1.000,00	84	CONCRETO F'c=150	m <sup>3</sup>	5	750,00
85	FORMA	m <sup>2</sup>	100	10	1.000,00	86	FORMA	m <sup>2</sup>	50	500,00
87	ALAMBRE	Kg	100	10	1.000,00	88	ALAMBRE	Kg	50	500,00
89	ACERO B700	Kg	1000	1.200	1.200,00	90	ACERO B400	Kg	500	600,00
91	CONCRETO F'c=200	m <sup>3</sup>	10	100	1.000,00	92	CONCRETO F'c=150	m <sup>3</sup>	5	750,00
93	FORMA	m <sup>2</sup>	100	10	1.000,00	94	FORMA	m <sup>2</sup>	50	500,00
95	ALAMBRE	Kg	100	10	1.000,00	96	ALAMBRE	Kg	50	500,00
97	ACERO B700	Kg	1000	1.200	1.200,00	98	ACERO B400	Kg	500	600,00
99	CONCRETO F'c=200	m <sup>3</sup>	10	100	1.000,00	100	CONCRETO F'c=150	m <sup>3</sup>	5	750,00
101	FORMA	m <sup>2</sup>	100	10	1.000,00	102	FORMA	m <sup>2</sup>	50	500,00
103	ALAMBRE	Kg	100	10	1.000,00	104	ALAMBRE	Kg	50	500,00
105	ACERO B700	Kg	1000	1.200	1.200,00	106	ACERO B400	Kg	500	600,00
107	CONCRETO F'c=200	m <sup>3</sup>	10	100	1.000,00	108	CONCRETO F'c=150	m <sup>3</sup>	5	750,00
109	FORMA	m <sup>2</sup>	100	10	1.000,00	110	FORMA	m <sup>2</sup>	50	500,00
111	ALAMBRE	Kg	100	10	1.000,00	112	ALAMBRE	Kg	50	500,00
113	ACERO B700	Kg	1000	1.200	1.200,00	114	ACERO B400	Kg	500	600,00
115	CONCRETO F'c=200	m <sup>3</sup>	10	100	1.000,00	116	CONCRETO F'c=150	m <sup>3</sup>	5	750,00
117	FORMA	m <sup>2</sup>	100	10	1.000,00	118	FORMA	m <sup>2</sup>	50	500,00
119	ALAMBRE	Kg	100	10	1.000,00	120	ALAMBRE	Kg	50	500,00
121	ACERO B700	Kg	1000	1.200	1.200,00	122	ACERO B400	Kg	500	600,00
123	CONCRETO F'c=200	m <sup>3</sup>	10	100	1.000,00	124	CONCRETO F'c=150	m <sup>3</sup>	5	750,00
125	FORMA	m <sup>2</sup>	100	10	1.000,00	126	FORMA	m <sup>2</sup>	50	500,00
127	ALAMBRE	Kg	100	10	1.000,00	128	ALAMBRE	Kg	50	500,00
129	ACERO B700	Kg	1000	1.200	1.200,00	130	ACERO B400	Kg	500	600,00
131	CONCRETO F'c=200	m <sup>3</sup>	10	100	1.000,00	132	CONCRETO F'c=150	m <sup>3</sup>	5	750,00
133	FORMA	m <sup>2</sup>	100	10	1.000,00	134	FORMA	m <sup>2</sup>	50	500,00
135	ALAMBRE	Kg	100	10	1.000,00	136	ALAMBRE	Kg	50	500,00
137	ACERO B700	Kg	1000	1.200	1.200,00	138	ACERO B400	Kg	500	600,00
139	CONCRETO F'c=200	m <sup>3</sup>	10	100	1.000,00	140	CONCRETO F'c=150	m <sup>3</sup>	5	750,00
141	FORMA	m <sup>2</sup>	100	10	1.000,00	142	FORMA	m <sup>2</sup>	50	500,00
143	ALAMBRE	Kg	100	10	1.000,00	144	ALAMBRE	Kg	50	500,00
145	ACERO B700	Kg	1000	1.200	1.200,00	146	ACERO B400	Kg	500	600,00
147	CONCRETO F'c=200	m <sup>3</sup>	10	100	1.000,00	148	CONCRETO F'c=150	m <sup>3</sup>	5	750,00
149	FORMA	m <sup>2</sup>	100	10	1.000,00	150	FORMA	m <sup>2</sup>	50	500,00
151	ALAMBRE	Kg	100	10	1.000,00	152	ALAMBRE	Kg	50	500,00
153	ACERO B700	Kg	1000	1.200	1.200,00	154	ACERO B400	Kg	500	600,00
155	CONCRETO F'c=200	m <sup>3</sup>	10	100	1.000,00	156	CONCRETO F'c=150	m <sup>3</sup>	5	750,00
157	FORMA	m <sup>2</sup>	100	10	1.000,00	158	FORMA	m <sup>2</sup>	50	500,00
159	ALAMBRE	Kg	100	10	1.000,00	160	ALAMBRE	Kg	50	500,00
161	ACERO B700	Kg	1000	1.200	1.200,00	162	ACERO B400	Kg	500	600,00
163	CONCRETO F'c=200	m <sup>3</sup>	10	100	1.000,00	164	CONCRETO F'c=150	m <sup>3</sup>	5	750,00
165	FORMA	m <sup>2</sup>	100	10	1.000,00	166	FORMA	m <sup>2</sup>	50	500,00
167	ALAMBRE	Kg	100	10	1.000,00	168	ALAMBRE	Kg	50	500,00
169	ACERO B700	Kg	1000	1.200	1.200,00	170	ACERO B400	Kg	500	600,00
171	CONCRETO F'c=200	m <sup>3</sup>	10	100	1.000,00	172	CONCRETO F'c=150	m <sup>3</sup>	5	750,00
173	FORMA	m <sup>2</sup>	100	10	1.000,00	174	FORMA	m <sup>2</sup>	50	500,00
175	ALAMBRE	Kg	100	10	1.000,00	176	ALAMBRE	Kg	50	500,00
177	ACERO B700	Kg	1000	1.200	1.200,00	178	ACERO B400	Kg	500	600,00
179	CONCRETO F'c=200	m <sup>3</sup>	10	100						









LISTA DE MATERIALES PARA OBRAS

NO.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	CONCRETO	m <sup>3</sup>	100	15000	1500000
2	ACERO	kg	5000	2000	10000000
3	CEMENTO	kg	10000	500	5000000
4	...	...	...	...	...

NOTAS GENERALES:  
 1. EL DISEÑO ES PARA UN SISTEMA DE ESCALERA DE CONCRETO REFORZADO.  
 2. EL ACERO SE ENTREGA EN BARRAS DE 12mm, 16mm, 20mm, 25mm Y 32mm.  
 3. EL CONCRETO SE ENTREGA EN BLOQUES DE 20cm x 20cm x 40cm.  
 4. EL CEMENTO SE ENTREGA EN SACOS DE 50kg.  
 5. EL DISEÑO ES PARA UN SISTEMA DE ESCALERA DE CONCRETO REFORZADO.  
 6. EL ACERO SE ENTREGA EN BARRAS DE 12mm, 16mm, 20mm, 25mm Y 32mm.  
 7. EL CONCRETO SE ENTREGA EN BLOQUES DE 20cm x 20cm x 40cm.  
 8. EL CEMENTO SE ENTREGA EN SACOS DE 50kg.



NOTAS GENERALES

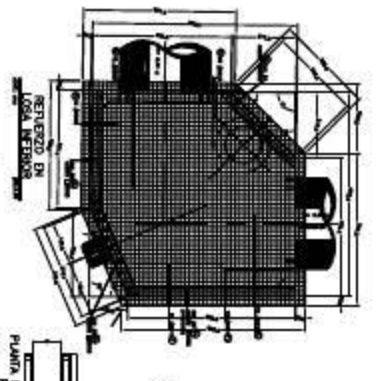
NOTAS GENERALES:  
 1. EL DISEÑO ES PARA UN SISTEMA DE ESCALERA DE CONCRETO REFORZADO.  
 2. EL ACERO SE ENTREGA EN BARRAS DE 12mm, 16mm, 20mm, 25mm Y 32mm.  
 3. EL CONCRETO SE ENTREGA EN BLOQUES DE 20cm x 20cm x 40cm.  
 4. EL CEMENTO SE ENTREGA EN SACOS DE 50kg.  
 5. EL DISEÑO ES PARA UN SISTEMA DE ESCALERA DE CONCRETO REFORZADO.  
 6. EL ACERO SE ENTREGA EN BARRAS DE 12mm, 16mm, 20mm, 25mm Y 32mm.  
 7. EL CONCRETO SE ENTREGA EN BLOQUES DE 20cm x 20cm x 40cm.  
 8. EL CEMENTO SE ENTREGA EN SACOS DE 50kg.

**ESCALA GRAFICA**

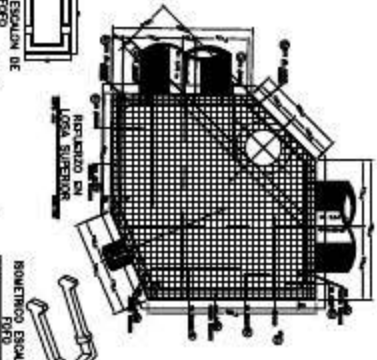
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
 INSTITUTO TECNOLÓGICO NACIONAL  
 CENTRO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLOS TECNOLÓGICOS  
 FICHA DE PROYECTO  
 FICHA DE PROYECTO



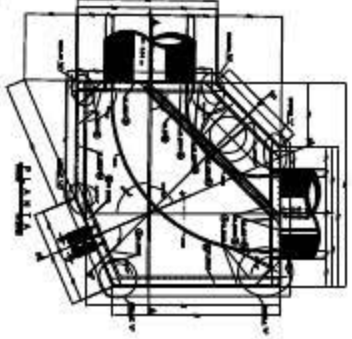




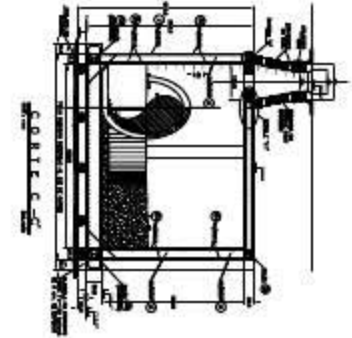
PIANTA ESCALON DE  
RENDERIZO EN  
LOSA REFORZADA



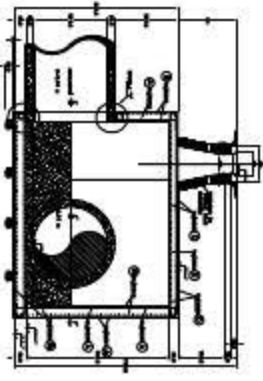
RENDERIZO EN  
LOSA SUPERFICIA



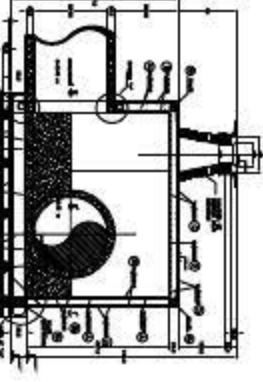
RENDERIZO EN  
LOSA REFORZADA



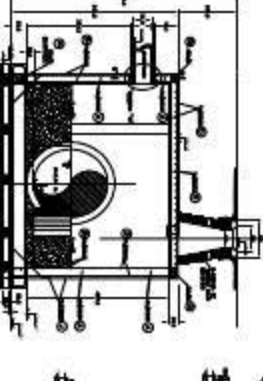
RENDERIZO EN  
LOSA SUPERFICIA



CORTE A-A



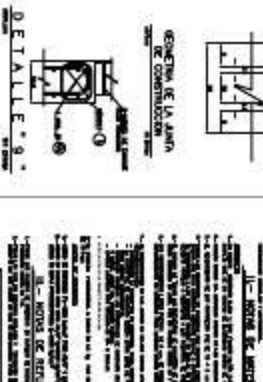
CORTE B-B



CORTE C-C

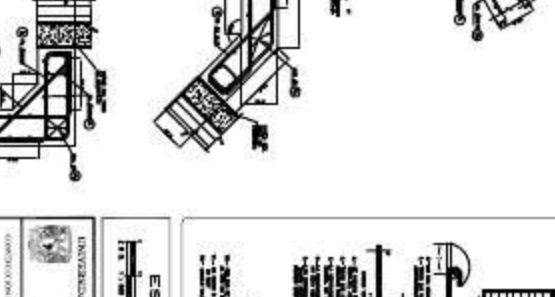
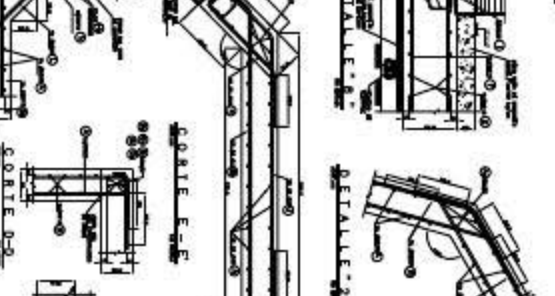
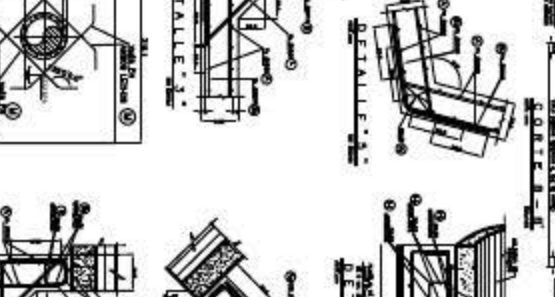
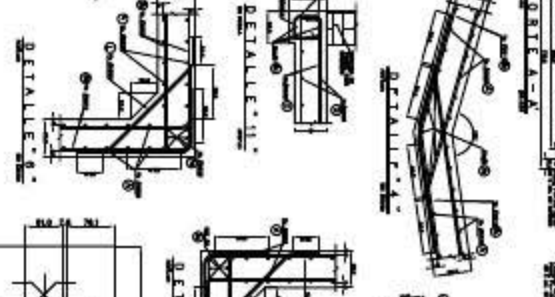
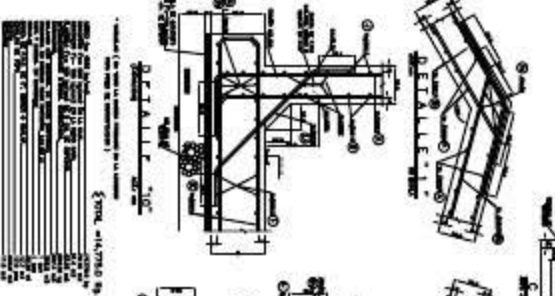


CORTE D-D

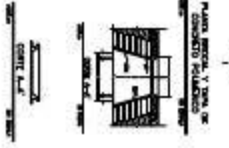


CORTE E-E

LISTA DE MATERIALES	
DESCRIPCION	CANTIDAD
ACERO	...
CONCRETO	...
...	...



CORTE H-H



NOTAS GENERALES

NOTAS GENERALES

1. EL DISEÑO DE LA ESCALERA SE HA REALIZADO DE ACUERDO A LAS NORMAS DE LA NBR 12218.

2. EL MATERIAL DE ACERO SE HA SELECCIONADO DE CLASE A-36.

3. EL CONCRETO SE HA SELECCIONADO DE CLASE C-20.

4. EL REVESTIMIENTO DE LA ESCALERA SE HA SELECCIONADO DE CERAMICA DE ALTA RESISTENCIA.

5. EL REVESTIMIENTO DE LA LOSA SE HA SELECCIONADO DE MARMOL DE CALIDAD.

6. EL REVESTIMIENTO DE LA LOSA SE HA SELECCIONADO DE MARMOL DE CALIDAD.

7. EL REVESTIMIENTO DE LA LOSA SE HA SELECCIONADO DE MARMOL DE CALIDAD.

8. EL REVESTIMIENTO DE LA LOSA SE HA SELECCIONADO DE MARMOL DE CALIDAD.

9. EL REVESTIMIENTO DE LA LOSA SE HA SELECCIONADO DE MARMOL DE CALIDAD.

10. EL REVESTIMIENTO DE LA LOSA SE HA SELECCIONADO DE MARMOL DE CALIDAD.



ESCALA GRAFICA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN INGENIERIA  
MEXICO

PROYECTO DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA ESCALERA DE EMERGENCIA EN UN EDIFICIO DE OFICINAS EN LA CIUDAD DE MEXICO

ALUMNO: CRISTIAN DELgado

MEXICO, D.F. 1980





