



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROCESO CONSTRUCTIVO PARA
ENCAJONAMIENTO DEL RÍO DE LOS
REMEDIOS, TRAMO 4.1
MACROLIBRAMIENTO MEXIQUENSE**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de

Ingeniero Civil

P R E S E N T A

Omar Hernández Trejo

ASESOR DE INFORME

M.I. Marco Tulio Mendoza Rosas



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2023

Agradecimiento

Quiero agradecer a mis padres por todo su apoyo, por el amor y paciencia que me han brindado durante toda mi infancia y presente, gracias a ellos pude lograr ser hoy un profesional íntegro y promotores de mis sueños.

Quiero agradecer a mi padre por brindarme los recursos necesarios para poder concluir de manera satisfactoria mi período educativo, a sus consejos que me servían como aliento cada vez que sentía no poder más, por sus abrazos y palabras de amor que me transmitía cada vez que me despedía de él. Gracias por hacer posible esto, ser un ejemplo de persona y un gran amigo con el que podía confiar y apoyarme cada vez que me sentía frágil. Gracias por ser el mejor padre del mundo.

Agradezco a mi madre por todo su cariño que siempre me brindo desde mi infancia, por siempre saber guiarme con su sabiduría, por preparar mi comida favorita cuando era un niño que solo pensaba en jugar, por darme un abrazo cada vez que estaba triste que lo transformaba en seguridad en mi corazón, gracias por esas llamadas que me hacías cuando estaba lejos de casa y poder saber que estaban con bien en casa. Gracias madre por ser la mejor del mundo, nunca voy a olvidar todo lo que hiciste por este niño.

Gracias dios por darme la oportunidad de tener estos padres, que en un futuro les voy a retribuir todo lo que han dado por mí, los amo mucho.

Lourdes y Graciela gracias por todo su apoyo, por arriesgarse en salir de su país para poder darle a su familia lo que necesitaba, gracias por siempre contar con su apoyo, saben que las quiero mucho, aunque estemos lejos.

Adela gracias por darme asilo cada vez que no tenía donde quedarme y necesitaba que salir al día siguiente en madrugada para poder llegar a la universidad, gracias por abrirme las puertas de su casa.

Gracias Gisela por siempre apoyarme en las decisiones que tomaba, por darnos esos momentos de risas que necesitábamos como familia para poder ser más unidos, gracias por tu apoyo.

Gracias Marcos por todos los consejos que me han brindado de los que me hacen ser una mejor persona y profesional, gracias por tu apoyo en los momentos que más lo necesitaba, por los raites que me dabas para ir a ver a nuestros padres y abuelos, gracias por todo.

Esmeralda por todo tu cariño que me has brindado, por apoyarme y estar ahí cuando de pequeño tenía miedo, gracias por todo lo que has hecho por mí.

Gracias a mis hermanos Lourdes, Adelita, Graciela, Gisela, Marcos y Esmeralda por siempre poder contar con todo su apoyo, por toda su confianza y amor que siempre me brindaron. Les agradezco infinitamente porque sin ustedes no podría ser lo que hoy soy.

Gracias a todos mis amigos que ha estado conmigo durante todo mi período educativo, en todas mis anécdotas que marcaron mi vida con risas y experiencias. Gracias por su paciencia y enseñarme en las materias que se me complicaban y por ofrecermme su mano cuando lo necesitaba. Gracias a todos, siempre guardarán un lugar muy especial en mi vida.

Gracias a los profesores que marcaron mi trayectoria académica y de vida desde el kínder hasta la universidad que me alentaron a superarme y retarme, a mi asesor M.I. Marco Tulio Mendoza Rosas por acompañarme en el proceso de elaboración del presente documento.

Agradezco a mis compañeros de trabajo de la ICA que se han convertido en una figura de enseñanza profesional y mis amigos con los que me he abierto de corazón y me han apoyado durante todo mi proceso profesional y de vida.

Gracias a esas personas que no logre mencionar, pero saben quiénes son y que han marcado mi corazón con amor, pasión y me han hecho vivir las mejores experiencias de mi vida y me han hecho madurar como ser humano. Gracias por formar parte de mis recuerdos y mi corazón.

ÍNDICE

Resumen	1
Introducción	3
Objetivos	9
Empresa, organización y puesto de trabajo	10
1 Marco teórico.....	11
1.1 Fundamentos teóricos.....	13
2 Caso de estudio: Encajonamiento Río de los Remedios.....	14
2.1 Descripción.....	14
2.2 Hidráulica e hidrología.....	15
2.2.1 Localización de la zona de estudio.....	16
2.2.2 Funcionamiento hidráulico de la zona de estudio.....	17
2.2.3 Gatos de diseño.....	18
2.3 Geotecnia.....	19
2.3.1 Estratigrafía.....	19
2.3.2 Dren de aguas negras y subestructura de viaducto.....	21
2.3.3 Hundimientos.....	23
2.4 Comentarios.....	24
3 Construcción.....	24
3.1 Preliminares.....	25
3.2 Desvió del cauce para posterior proceso de hincado de tablestacado.....	27
3.3 Conformación de plataforma para trabajos de tablestacado.....	27
3.4 Mejoramiento del terreno para desplante de la estructura cerrada del dren de aguas negras.....	32
3.5 Proceso constructivo para la estructura cerrada del dren de aguas negras.....	35
3.6 Seguridad y medio ambiente.....	51
3.7 Reparación de imperfecciones del colado.....	52
3.8 Recursos.....	55
4 Modificaciones de proyecto.....	57
4.1 Pavimentos.....	65

5	Control financiero.....	66
5.1	Solicitudes de materiales.....	67
5.2	Subcontratos	68
5.3	Contabilidad	69
6	Tiempos de ejecución.....	73
7	Aseguramiento, calidad, seguridad y medio ambiente (ASCMA)	77
7.1	Beneficios del control de calidad.	81
8	Resultados	84
9	Conclusiones y áreas de oportunidades.....	86
	Anexo 1.....	1
	Anexo 2.....	1
	Fuentes de información.....	2

Resumen

La autopista de altas especificaciones Río de los Remedios al norte del Valle de México permite unir las zonas este y oeste, desde el Ex Lago de Texcoco, hasta Puente de Vigas en Tlalnepantla.



Imagen 1: Render general del proyecto Macrolibramiento Mexiquense Subtramo 4.1

La autopista comprende de 7 tramos los cuales son 0 (00, 0',00'), 1, 2, 3, 4 (4.1, 4.2), 5 y 6 con distintas dimensiones y características particulares cada una. El subtramo 4.1 comprende vialidades a nivel, puentes elevados y encajonamiento del cauce Río de los Remedios del Tramo 4.

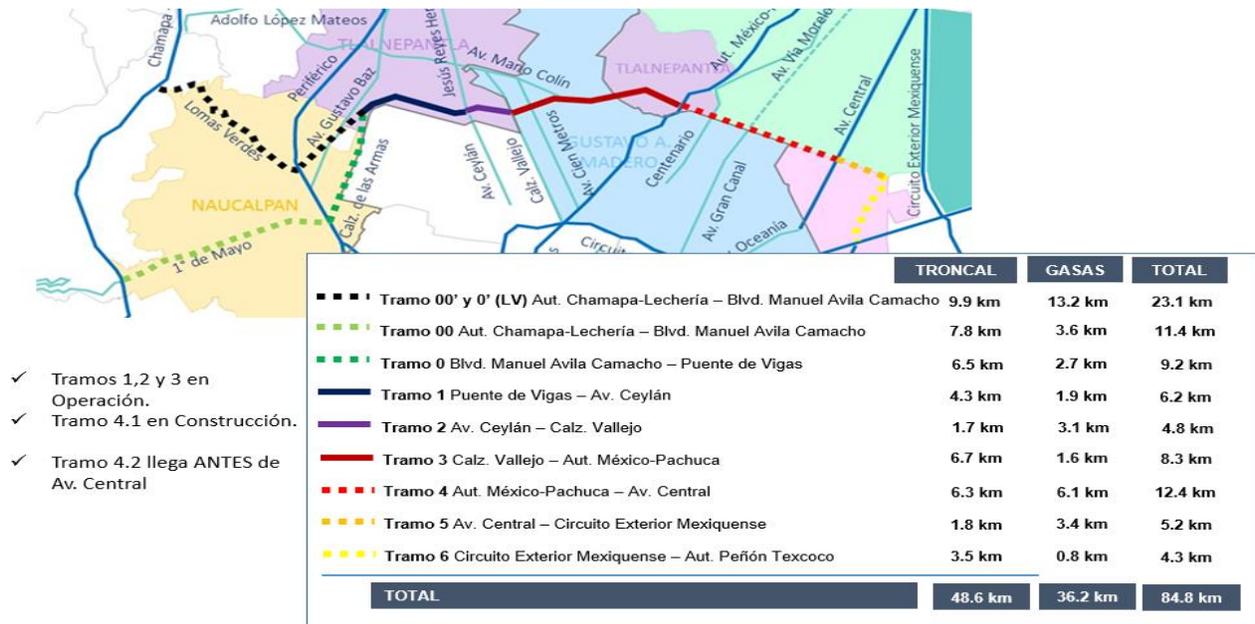


Imagen 2: Proyecto general del Macrolibramiento Mexiquense.

En el subtramo 4.1 se construyó el encajonamiento existente sobre Río de los Remedios la cual se denomina “Estructura cerrada del Dren de Aguas Negras” (DAN), donde da inicio en la intersección Río de los Remedios y la autopista México – Pachuca hasta desfogar en Gran canal. El encajonamiento del subtramo 4.1 comprende 2,000 metros, con geometría rectangular de 6.30 m de ancho por 5.10 m de altura.

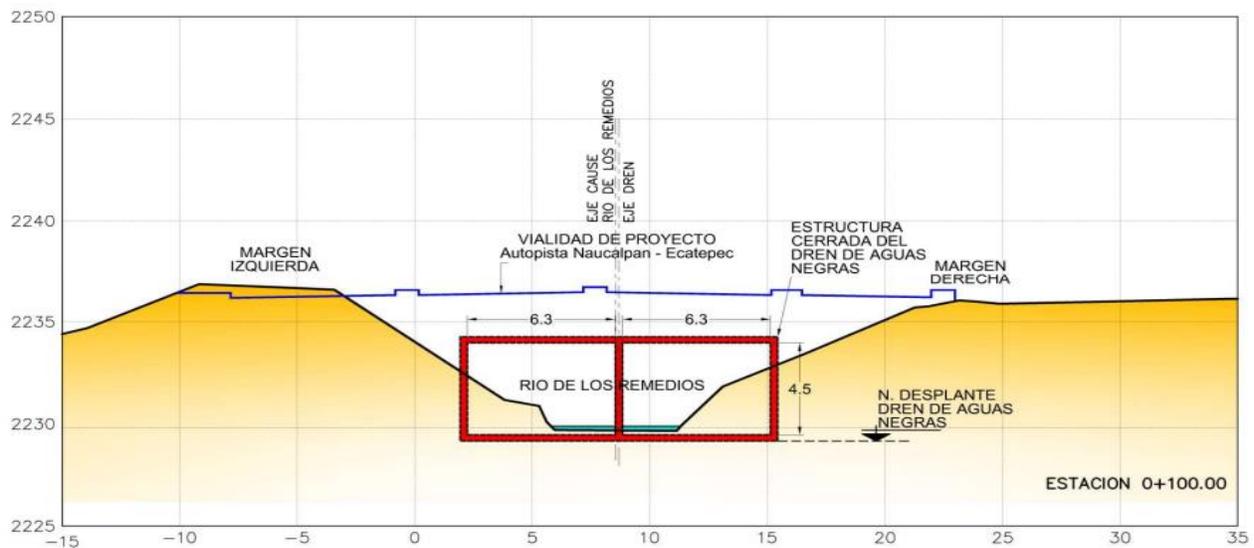


Imagen 3: Estructura cerrada del Dren de Aguas Negras Tramo 4.1.

Para la construcción de la estructura del DAN se empleó el sistema de tablestacado para el desvío del mismo cause para poder mantener la zona libre e iniciar los trabajos de mejoramiento del suelo en el desplante.

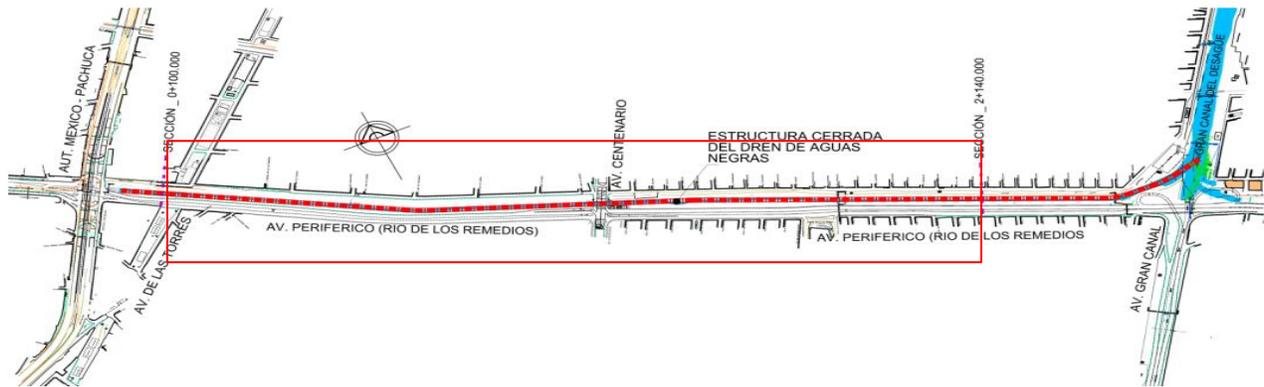


Imagen 4: Ubicación de la cerrada del Dren de Aguas Negras Subtramo 4.1.

Introducción

El presente trabajo describirá las actividades realizadas durante la construcción del proyecto 4.1 de Río de los Remedios, en lo que respecta a la estructura cerrada del dren de aguas negras. Durante el desarrollo de este, se comprenderán diferentes aspectos que se tomaron en cuenta para poder concluir el proyecto satisfactoriamente. En la construcción existió la interacción de varias disciplinas como lo fue la hidráulica, geotecnia, diseño estructural, ambiental y obra civil para poder desarrollar las actividades de las terracerías, tablestacado, seguridad y la calidad de los trabajos.



Imagen 5: Autopista Naucalpan-Ecatepec II.

La obra corre a lo largo del cauce del Río de los Remedios, de dirección Poniente - Oriente, en una longitud aproximada de 2,000 m, con origen en el Distribuidor Vial Insurgentes y final en el Distribuidor Vial Gran Canal. Forma parte de los trabajos preliminares de la prolongación de la Autopista urbana Naucalpan – Ecatepec (Macrolibramiento Mexiquense), la cual se construirá parcialmente sobre el encajonamiento del río, una vez terminado éste.

Se hablará sobre los procedimientos constructivos para el desvío del cauce, mejoramiento de suelos, terracerías, obra civil, diseño hidráulico y geotécnico, modificaciones de proyecto que repercutieron en mejorar costos y tiempos de ejecución, lo referente al control del proyectos y flujo de efectivo, control de calidad, como de las habilidades sociales, liderazgo y toma de decisiones ante situaciones que se presentaron en la ejecución.

Los conocimientos adquiridos durante la formación profesional son importantes para poder comprender y ejecutar de la mejor forma los trabajos. El equipo pesado empleado facilita las actividades que el hombre no podría ejecutar de la mejor forma en tiempos de ejecución que se requiera.



Imagen 6: Grúa Link Belt utilizada para tablestacado.

El diseño de las estructuras fue elaborado en conformidad con la última versión de las normas de las siguientes instituciones, en lo que sea aplicable y conforme al siguiente orden jerárquico:

- American Association of State Highway and Transportation Officials – AASHTO LRFD Bridge Design Specifications 2017.
- Normas del “American Concrete Institute” – ACI 318S-14.
- Normativa para la Infraestructura del Transporte, de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), y que forman parte de la colección de documentos de la Normativa para el Proyecto Puentes y Estructuras.
- Normas técnicas complementarias del reglamento de construcciones de la CDMX para Diseño por sismo 2017.

Durante el desarrollo del proyecto (17 de marzo de 2021 hasta el 30 de mayo de 2023), las actividades principales consistían en cuantificación, planeación y programación, supervisión de obra y control de personal.

Las cuantificaciones consisten en materiales de obra civil de relevancia como lo es el acero, cimbra y concreto, que se obtienen de los planos que el área de ingeniería proporciona previamente con su respectiva aprobación. En la siguiente imagen se puede observar un ejemplo de los planos a cuantificar.

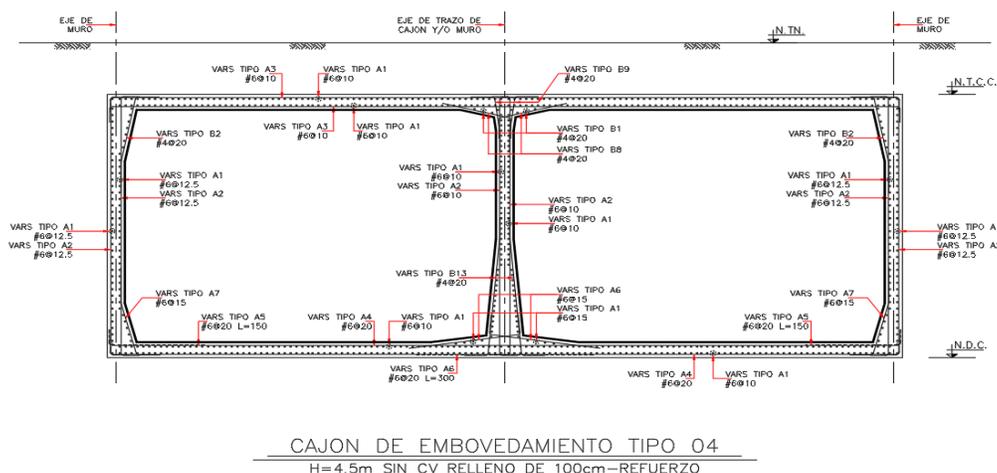


Imagen 7: Cajón tipo del proyecto.

Posterior se deberá proceder con la planeación y programación de los recursos que se deberán emplear durante la construcción del proyecto, esto para que el área de procuración sea la encargada de poder suministrarlos en tiempo y forma los recursos materiales para no afectar el programa de ejecución de obra (PROFORMA).

COSTO PROFORMADO				INDIRECTO 1.251745							
WBS	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIDIA	MO	MAT	MAQ	SUBC	CU	IMPORTE CD	VENTA FACTOR
10.00	ACERO DE REFUERZO FY = 4200 KG/CM2 EN CAJÓN CENTENARIO	KG	58,814.02	763.82							
11.00	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO ESTRUCTURAL TIPO I EN CAJÓN CENTENARI	M3	580.00	7.53							
12.00	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CIMBRA MODULAR PARA CAJÓN CENTENARIO	M2	1,131.34	14.69							
Total											

CURVAS	ACERO	CONCRETO	CIMBRA
CATÁLOGO	ANÁLISIS	WBS	
FLUJO	RESUMEN	RES. COSTO	EXPLOSIÓN

Imagen 8: PROFORMA del dren de aguas negras.

La supervisión de obra consiste en cumplir con los trabajos de acuerdo a la normatividad aplicable, los planos de proyecto vigentes y los procedimientos constructivos aprobados. Se deberá revisar las posiciones y condiciones del acero colocado, las condiciones del concreto al igual que su vaciado correcto en obra, verificar la geometría correcta del elemento a partir de la cimbra empleada, etc.



Imagen 9: Colado del encajonamiento del Río de los Remedios.

Con respecto al control del personal, para garantizar un adecuado control del personal, es necesario tener en cuenta aspectos como las asistencias, las horas extras y los permisos, a fin de asegurar un pago preciso de la nómina. Para lograr esto, es fundamental contar con un conocimiento preciso del personal disponible, lo cual permitirá una correcta consideración de los tiempos de trabajo y su respectiva remuneración.

El contar con el conocimiento del proyecto tanto en tiempos, costos y volúmenes, es de suma importancia para poder tener un buen control del proyecto en cuestión de los porcentajes de avances que se van teniendo del proyecto para la toma de decisiones que repercutirán en el desarrollo de la construcción. Esto se describirá en los siguientes apartados, principalmente en las modificaciones de proyecto.



DREN DE AGUAS NEGRAS

DATOS DE PROYECTO

CONCEPTO	CANTIDAD	COMPARATIVA	RENDIMIENTO
ACERO DE REFUERZO	6,425,098.6 KG	2.0 + Torre Latinoamericana	114,285.71 KG/SEM
CONCRETO ESTRUCTURAL	23,338.13 M3	1.2 + Estadio Azteca	416.75 M3/SEM
CONCRETO SIMPLE	1,199.93 M3	2.2 + Monumento a Revolución	21.43 M3/SEM
CIMBRA MODULADA	61,898.71 M2	1.3 + Explanada del Zócalo	1,105.33 M2/SEM
BANDA PVC	10,800.89 ML	43 + Recorridos a Paseo Reforma	192.87 ML/SEM

Imagen 10: Datos de proyecto del Dren de Aguas Negras.

El Río de los Remedios es una obra de origen prehispánico que en un principio servía para conducir agua limpia o pura, pero a medida que fue creciendo la mancha urbana y el sector industrial, este río se convirtió en el principal colector de aguas residuales del poniente de la cuenca de México, generando una peligrosa contaminación a lo largo de su cauce.



Imagen 11: Contaminación por el crecimiento urbano en Río de los Remedios.

Se identificaron varias necesidades que requerían atención urgente: en primer lugar, era necesario reducir el riesgo de inundaciones que ocurrían de manera recurrente debido a las lluvias persistentes durante la temporada. En segundo lugar, se buscaba evitar la acumulación de desechos arrojados al río, los cuales generaban malos olores y afectaban la calidad del agua. Por último, se buscó mejorar el flujo de las aguas que se deslizaban hacia el oeste de la ciudad, aumentando la capacidad de conducción y el funcionamiento hidráulico del cauce en esa zona.



Imagen 12: Lluvias intensas presentadas en Río de los Remedios durante su construcción.

Río de los Remedios se ha convertido en un foco importante de contaminación y generación de enfermedades para los pobladores aledaños, por lo que con el objetivo de mejorar las condiciones de salud y aumentar la capacidad hidráulica de conducción del río, se centra en construir el encajonamiento del Río de los Remedios en conjunto con los organismos gubernamentales como la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y el Organismo de cuenca Aguas del Valle de México (OCAVM).

La obra permitirá disminuir el riesgo de las inundaciones en épocas de lluvias, el evitar que los pobladores tiren basura o cualquier otra fuente de contaminación hacia el río que pueda generar malos olores o afectaciones para los seres humanos o la flora y fauna de la zona.

El encajonamiento se construyó principalmente para conducir las aguas negras provenientes del poniente de la Ciudad y Estado de México por lo que la obra cerrada permitirá aumentar la capacidad de conducción, mejorando el funcionamiento hidráulico.

Finalmente, como complemento del encajonamiento se pretendió la construcción de la autopista Río de los Remedios (actualmente Macrolibramiento Mexiquense) subtramo 4.1 que permitirá mejorar las condiciones de servicio del tránsito urbano del Estado y Ciudad de México.

Por lo que este proyecto ambicioso traerá múltiples beneficios sociales para la zona de construcción tanto en movilidad como en salud.

Objetivos

General

1. El objetivo del presente trabajo es describir el proceso constructivo innovador del encajonamiento realizado sobre del Río de los Remedios, que mejorará las condiciones de salud de la población aledaña al cauce.

Específicos

1. Se describirá las experiencias durante la construcción del encajonamiento del Río de los Remedios.

2. Se describirá las actividades como encargado de frente sobre su construcción, su impacto e integración de las distintas áreas dentro de la empresa.

Empresa, organización y puesto de trabajo

La empresa ICA es una constructora de infraestructura pesada líder en el país con 13 sedes en distintas regiones del mundo. Esta organizada por tres especialidades que son construcción civil e industrial, concesiones y aeropuertos con 75 años de experiencia.

La empresa te permite tener un gran conocimiento tanto teórico como práctico durante el desarrollo de sus obras, como lo es el caso del encajonamiento del Río de los Remedios.

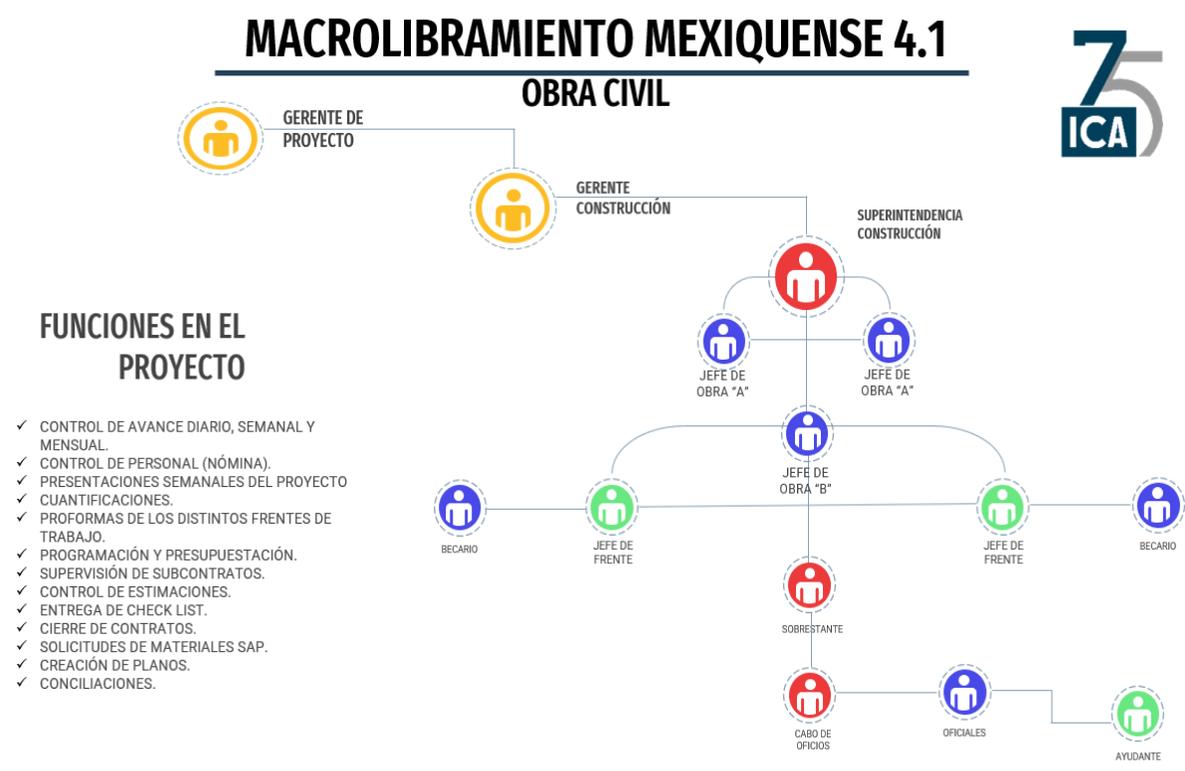


Imagen 13: Organigrama obra civil, proyecto Macrolibramiento mexiquense 4.1 - Funciones.

1 Marco teórico

A continuación, se presentará un panorama sobre la contaminación del agua residual del Río de los Remedios y los efectos del encajonamiento. El crecimiento urbano y poblacional ha tenido como consecuencias el incremento de desechos domésticos e industriales.

El Río de los Remedios se encuentra localizado en el afluyente zonas de la Ciudad de México, (Delegación Gustavo A. Madero) y Edo. de México, Municipios de Naucalpan, Tlalnepantla y Ecatepec. Es un cuerpo de agua que se localiza en la región hidrológica número 26 del Río Pánuco, su cuenca es la del Río Moctezuma y su subcuenca Lago de Texcoco – Zumpango. Río de los Remedios inicia su trayectoria a partir del "Vaso de Cristo" el cual tiene una capacidad de almacenamiento de 3,344,226 m³, es un cuerpo de agua que comparte con el municipio de Naucalpan.

Es un afluyente de 15.7 km de longitud ubicado en su mayor parte en el centro y el poniente de la Ciudad de México y parte del Estado de México, funcionaba como colector, aunque presentaba un alto grado de contaminación, por lo que la calidad del agua se fue deteriorando por las numerosas descargas residuales que se incorporan en su trayecto por el aumento de la manchas urbanas e industriales, de igual manera debido a su constitución de material arcilloso y por la sobreexplotación de los mantos acuíferos es un foco rojo que contribuye a la contaminación del agua subterránea.

Las fuertes lluvias provocan el desbordamiento de estas aguas negras, ocasionando severos congestionamientos viales en la Avenida Central y Centenario, así como el cierre del Circuito Exterior Mexiquense.

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Comisión Nacional del Agua (Conagua), y el Estado de México hicieron un convenio para encajonar el Río de los Remedios, ya que es uno de los peores focos de contaminación en el Estado de México.

En 2017 sería encajonado y secado para la conexión con la autopista Naucalpan - Ecatepec - Ecatepec - México Texcoco.

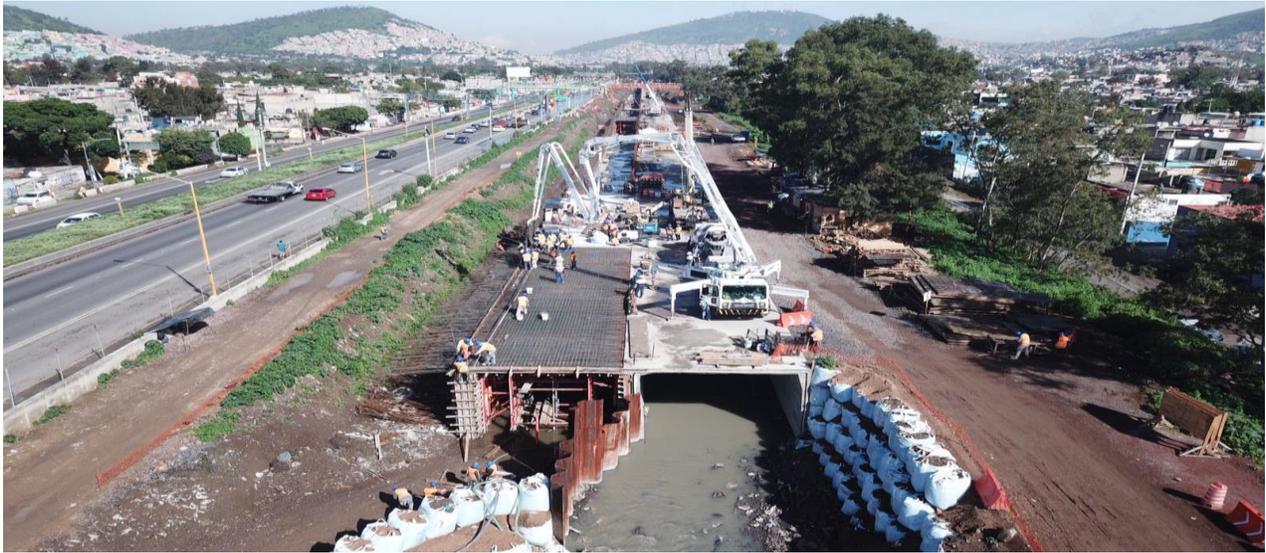


Imagen 14: Colado del encajonamiento Río de los Remedios con módulos de 27 m.

El encajonamiento del Río de los Remedios, que implica un alto costo de inversión, ha sido una de las obras que más interés ha causado durante esta administración entre las empresas de la construcción. La obra fue dividida en 2 tramos para su construcción, pero en ambos tramos para las empresas ganadoras contaban con 450 días para su construcción.

Las empresas ganadoras encargadas en su construcción argumentaban que se contaban con problemas por cuestiones del material suministrado por parte de Conagua, los cuales consistían en entregas tardías, problemas con la termofusión por la rigidez del material que llegó a provocar un incendio durante su proceso y si le agregamos los problemas sociales por cuestiones de seguridad en la zona donde se advertía que se deberían que considerar en los costos, la vigilancia armada profesional las 24 horas del día, provocaron que el tiempo de entrega no se cumpliera y se tomara la decisión de terminar anticipadamente el contrato.

La nueva licitación realizada por parte de Conagua daría el fallo a favor de la empresa ICA Constructora encargada de construir el encajonamiento con un nuevo procedimiento constructivo que será descrito en los siguientes apartados.

**En el anexo, se muestra el plano general del sistema hidráulico del Río de los Remedios.*

1.1 Fundamentos teóricos

Concreto: Es una mezcla homogénea de cemento, agua, arena (agregados finos), grava (agregados gruesos) y aditivo que permita cumplir con las características de proyecto y obra (si se llegase a requerir).

Acero de refuerzo: Es el conjunto de barras de acero corrugadas o lisas que permite absorber los esfuerzos a tensión de una estructura ante cualquier situación de carga o cambios de temperatura.

Aditivo: Compuesto químico que se adiciona durante o posterior al mezclado que permite mejorar las condiciones físicas del concreto.

Curado: El curado de concreto consiste en la aplicación de una membrana que evita la pérdida de agua por evaporación permitiendo que el concreto alcance su máxima resistencia a la edad final.

Control de proyecto: Es el conjunto de habilidades con las que cuenta la persona, el uso adecuado de las TI, conocimiento de los procesos, control de personal, control de los recursos y la correcta planeación de todos estos para tomar siempre la mejor decisión ante cualquier situación durante el desarrollo del proyecto.

DAN (cajón hidráulico): Estructura cerrada con forma rectangular que contiene dos cajones a lo largo de su longitud que permite conducir el cauce y aumentar la capacidad hidráulica.

PROFORMA: Es la valorización de los recursos a través del tiempo, lo que nos permite obtener información importante a la hora de controlar el proyecto.

EDT: EDT o estructura de desglose de trabajos, es el documento donde se muestra el desglose de las actividades que se deberán o se ejecutan durante el desarrollo completo de un proyecto.

2 Caso de estudio: Encajonamiento Río de los Remedios.

2.1 Descripción.

La autopista Macrolibramiento Mexiquense es una importante vía de comunicación que conecta diferentes regiones del Estado de México con la Ciudad de México, aliviando la congestión del tráfico en las áreas urbanas y promoviendo el desarrollo económico a través de la conectividad.

La autopista cuenta con puentes y estructuras especiales diseñados para soportar las cargas del tráfico a las que fueron diseñadas, donde se utilizaron materiales de alta resistencia como el concreto reforzado y acero estructural que cumplen con los estándares de la más alta calidad.

De manera general la construcción de la autopista cuenta con una gran cantidad de conceptos como lo son suelos blandos con altas cantidades de cloruros y sulfatos que van deteriorando la estructura por lo que propician el uso de concretos especiales resistentes a estos componentes químicos. A esto hay que agregarle la presencia de lentes de arenas que se encuentran a distintas profundidades y trayectorias.

En cuestión de la cimentación profunda, se utilizaron pilas y pilotes con distintos diámetros. La autopista cuenta con un retorno elevado de 13 apoyos especiales en donde de acuerdo con la geotecnia de la ubicación se utilizaron pilas de cimentación con profundidades mayores a 20 m y diámetros de 1.50 m. En esta estructura se emplean más de 200 pilotes para poder soportar las cargas a las que estará sometida, sin mencionar las zapatas especiales que fueron empleadas de hasta 12 metros de longitud con 2.0 m de profundidad.

Para el tema de la superestructura se emplearon sistemas de trabes prefabricadas tipo AASHTO para la gran mayoría de los viaductos y otros se utilizó estructura metálica con claros de hasta 50 m y pavimentos especiales de 15 cm de espesor y volúmenes de 7,200 m³.

Lo anterior es un resumen muy general de algunos puntos del Macrolibramiento Mexiquense del subtramo 4.1, ahora se hablará sobre el encajonamiento del Río de los

Remedios tema del presente documento y los principales beneficios que traerá la construcción de la estructura.

El encajonamiento del Río de los Remedios se logró gracias a un buen diseño hidráulico, geotécnico y estructural, que permitió la canalización y confinamiento del río, con el fin de controlar su cauce y prevenir inundaciones, que históricamente se ha experimentado durante la temporada de lluvias intensas debido a su cauce irregular y a la falta de infraestructura adecuada para su gestión.

El encajonamiento del Río de los Remedios ha permitido mejorar la capacidad de drenaje al aumentar la capacidad hidráulica en conducción hasta un 60% mayor al actual.

De igual manera el encajonamiento ha permitido mejorar las condiciones de salud de los pobladores aledaños, y al tener una estructura cerrada a disminuir los focos de contaminación de la zona.

Finalmente, El encajonamiento sirvió como eje de trayecto y soporte de la actual autopista Macrolibramiento Mexiquense.

2.2 Hidráulica e hidrología

Para el proyecto ejecutivo del DAN que cruza por Av. Insurgentes y terminando en Gran Canal, fue necesario determinar el funcionamiento hidrológico e hidráulico de ese tramo correspondiente en Río de los Remedios. La concesionaria Viabilis Infraestructura, S.A.P.I. de C.V. elaboró un estudio hidrológico e hidráulico, realizando la revisión de las características fisiográficas de las cuencas aportadoras al escurrimiento del río y mediante el análisis de lluvias utilizando los métodos estadísticos y probabilísticos, determinó los valores de la precipitación máxima probable, obteniendo los valores de los gastos máximos de diseño para diferentes períodos de retorno.

Como se mencionó anteriormente los vasos reguladores que comprende Río de los Remedios son Cristo, fresnos y Carretas, interceptor central, los ríos Tlanepantla y San Javier y Gran Canal de desagüé.



Imagen 15: Vaso regulador el Cristo.

De acuerdo con estas condiciones el dren de aguas negras (DAN) fue diseñado para poder conducir un gasto de $135 \text{ m}^3/\text{s}$ para un período de retorno de 1,000 años.

2.2.1 Localización de la zona de estudio

- Nombre de la corriente o vaso: Río de los Remedios
- Afluente: Gran Canal del desagüe
- Cuenca: Río Pánuco (Valle de México)
- Región Hidrológica: No.26

En la siguiente imagen se muestra el tramo del encajonamiento, objeto del presente caso de estudio.

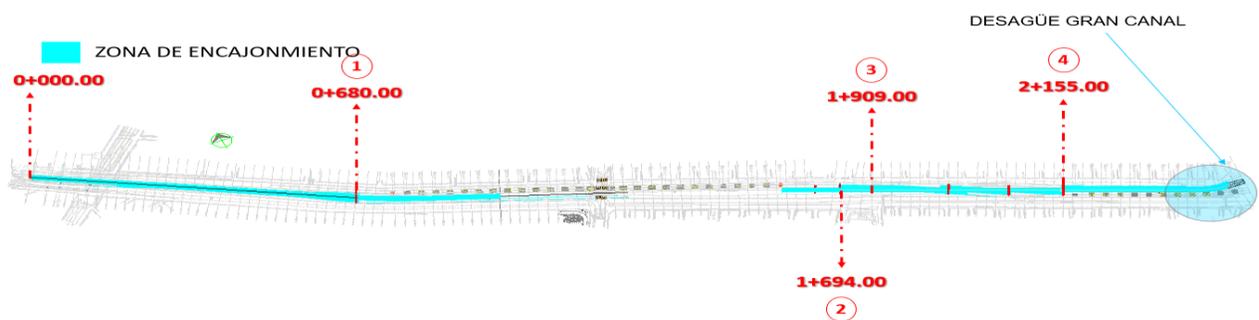


Imagen 16: Localización de la autopista Río de los Remedios.

2.2.2 Funcionamiento hidráulico de la zona de estudio

De acuerdo con el Plan Maestro de Drenaje de la Ciudad de México, al Río de los Remedios se le describía como un cauce a cielo abierto de gran importancia para el Sistema Poniente y Norte, drenando la zona norte de la Ciudad de México y parte de los municipios de Naucalpan, Atizapán, Tlalnepantla, Nezahualcóyotl y Ecatepec. Originalmente descargaba en el Lago de Texcoco, pero los hundimientos de la zona han motivado la disminución de la pendiente y con la obra de toma al Túnel Interceptor Oriente del drenaje profundo del Gran Canal, se invirtió el sentido del escurrimiento en el tramo de Gran Canal hacia el Lago de Texcoco.

El plan maestro del sistema de drenaje de la Ciudad era tener un correcto funcionamiento hidráulico evitando azolves que se llegarán a presentar, en la zona de la Ciudad de México.

Se presentaron las siguientes obras con la visión de cumplir con el plan maestro, que consisten en lo siguiente.

- Cajón en el Río de los Remedios entre el Gran Canal y el Dren General del Valle. Encajonamiento del Río y la construcción del Túnel Interceptor Río de los Remedios hacia la planta de bombeo de casa Colorada y la construcción de la laguna en la margen derecha del Dren General del Valle.
- Encajonamiento del Río de los Remedios entre el Vaso de Cristo y el Gran Canal, obra asociada con la construcción de la autopista Naucalpan-Ecatepec.
- Encajonamiento del Gran Canal en la zona de Ecatepec. Construcción del Túnel Emisor Oriente (TEO), se tiene en proyecto la ejecución de la rectificación y/o encajonamiento del Gran Canal.
- Rectificación de la zona dura del Río de los Remedios a la altura de San Juan Ixhuatepec y reconstrucción de alcantarillados.

De igual manera se realizó un análisis hidráulico e hidrológico para determinar el gasto y tirante en condiciones de estiaje, lluvia y período de retorno de 1,000 años, que se resumen a continuación.

Tabla 1: Análisis hidráulico en Río de los Remedios de la autopista Naucalpan - Ecatepec.

PERIODO	GASTO	PENDIENTE	TIRANTE
ÉPOCA DE ESTIAJE	25.00 m ³ /s	0.0026	0.80 m
ÉPOCA DE LLUVIA	68.33 m ³ /s	0.0026	1.35 m
Tr=1,000 AÑOS	135.00 m ³ /s	0.0026	2.16 m

2.2.3 Gatos de diseño

De acuerdo con el estudio hidrológico e hidráulico se obtuvieron los siguientes gastos de diseño para las obras del encajonamiento sobre el Río de los Remedios.

Tabla 2: Gastos de diseño en Río de los Remedios de la autopista Naucalpan - Ecatepec

OBRA	GASTOS DE DISEÑO (Qd) - M3	PERÍODO DE RETORNO (Tr) - AÑOS
Embovedamiento del Río de Los Remedios en un tramo de 9.5 Km, de la Calzada Vallejo a la confluencia con el Gran Canal del Desagüe, en los Municipios de Tlanepantla y Naucalpan, en el Estado de México y Delegación Gustavo A. Madero, en el Distrito Federal.	48.00, 8.02, 18.46, 44.62 y 68.33	1,000
Construcción del Puente entre el Gran Canal del Desagüe del Km 15+156.979 al 16+148.608 de la Autopista Los Remedios-Ecatepec.	68.33	1,000
Entubamiento del Río de Los Remedios en el tramo que comprende entre el Puente de Vigas y la Calzada Vallejo	67.00, 72.70, 75.80	1,000

MACROLIBRAMIENTO MEXIQUENSE



FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO RIO DE LOS REMEDIOS

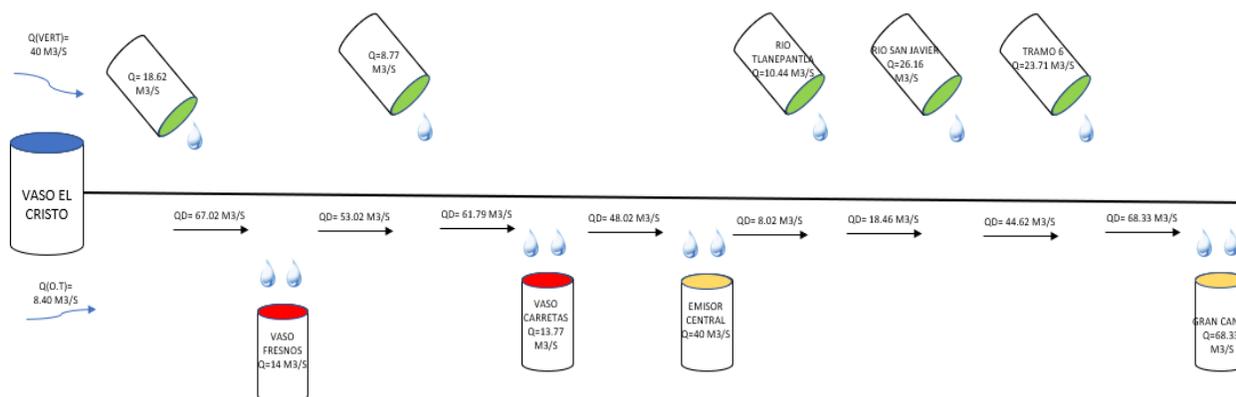


Imagen 17: Funcionamiento Hidráulico del Río de los Remedios.

2.3 Geotecnia

La geotecnia juega un papel fundamental a la hora de mantener estable cualquier estructura, y sin duda no es la excepción, a continuación, se resumirá los aspectos más importantes de la interacción suelo – estructura (ISE) de los puentes vehiculares y la Estructura cerrada del dren de aguas negras.

2.3.1 Estratigrafía

La geología de la zona en estudio consiste en costra superficial, la formación arcillosa superior (FAS), la primera capa dura, la formación arcillosa inferior (FAI) y los depósitos profundos, descritas a continuación para cada puente vehicular:

P.V. Insurgentes

0.0-2.0 m; costra superficial compuesta por arena limosa de color café claro, de compactación media y limos arenosos, de color café claro, de consistencia media.

2.0-21.0 m; secuencia aluvial compuesta por arcillas de color café verdoso, de consistencia blanda, con intercalaciones de arena limosa.

21.0-25.0 m; capa dura constituida por limos arenosos de color gris verdoso, de consistencia muy dura.

25.0-48.0 m; formación arcillosa inferior conformada por arcillas de color gris verdoso, de consistencia blanda a media, con materia orgánica e intercalaciones de arena limosa, de compactación densa a muy densa.

> 48.0 m; formación Tarango constituida por arenas limosas de color gris verdoso, de compactación muy densa.

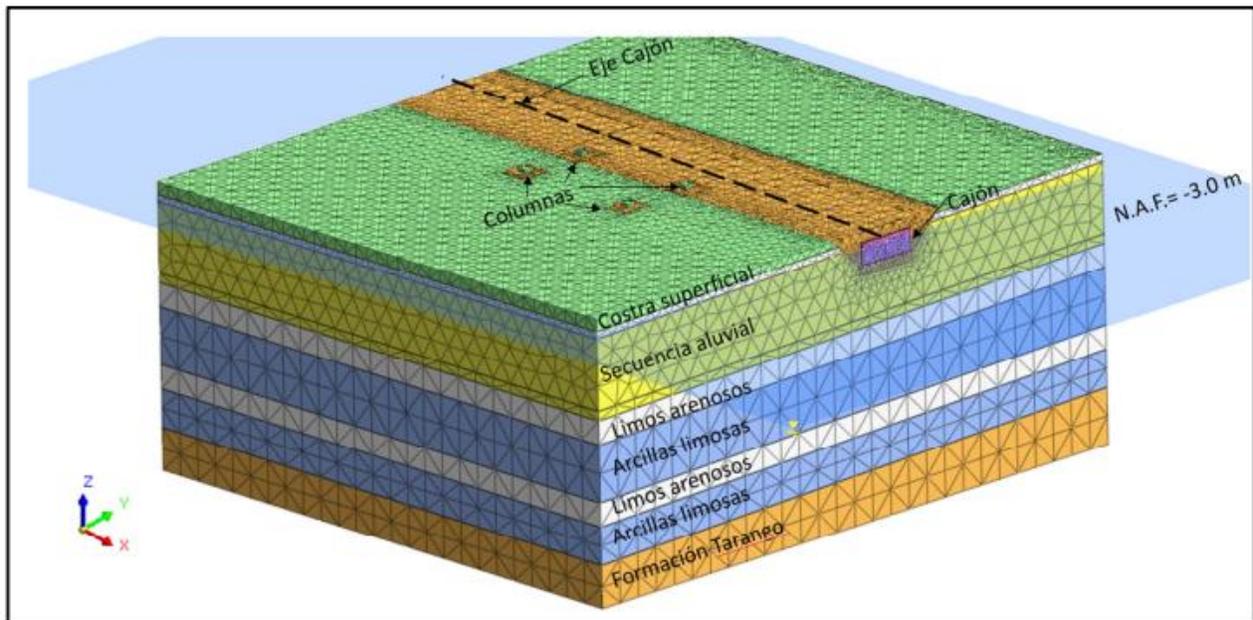


Imagen 18: Modelo geotécnico del dren de aguas negras con interacción de las Gasas de insurgentes 070.

P.V. Centenario

0.0-5.0 m; costra superficial en el cual predominan arena limosa de color café claro, de compactidad media y limos arenosos de color café claro, de consistencia media.

5.0-29.0 m; formación arcillosa superior compuesta por arcillas de color café verdoso, de consistencia blanda, con intercalaciones de arena limosa.

29.0-33.0 m; capa dura conformada por limos arenosos de color gris verdoso, de consistencia muy dura.

33.0-42.0 m; formación arcillosa inferior constituida por arcillas color gris verdoso, de consistencia blanda a media, con materia orgánica, con intercalaciones de arena limosa, de compactidad densa a muy densa.

> 42.0 m; depósitos profundos formados por arenas limosas de color gris verdoso, de compactidad muy densa.

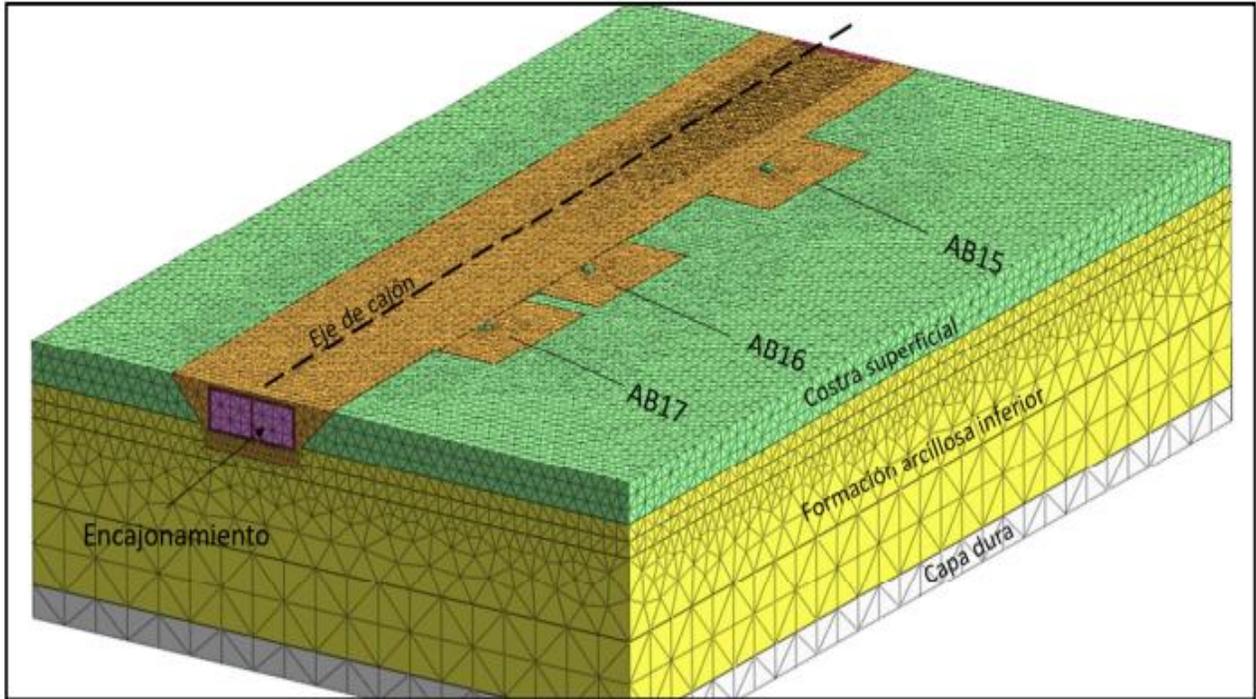


Imagen 19: Modelo geotécnico del dren de aguas negras con interacción del puente Centenario 090.

2.3.2 Dren de aguas negras y subestructura de viaducto

La estructura del DAN proyectado consiste en un cajón de concreto estructural de 5.10 m de alto por 13.5 m de ancho, espesores de losa fondo y losa tapa de 30 cm.

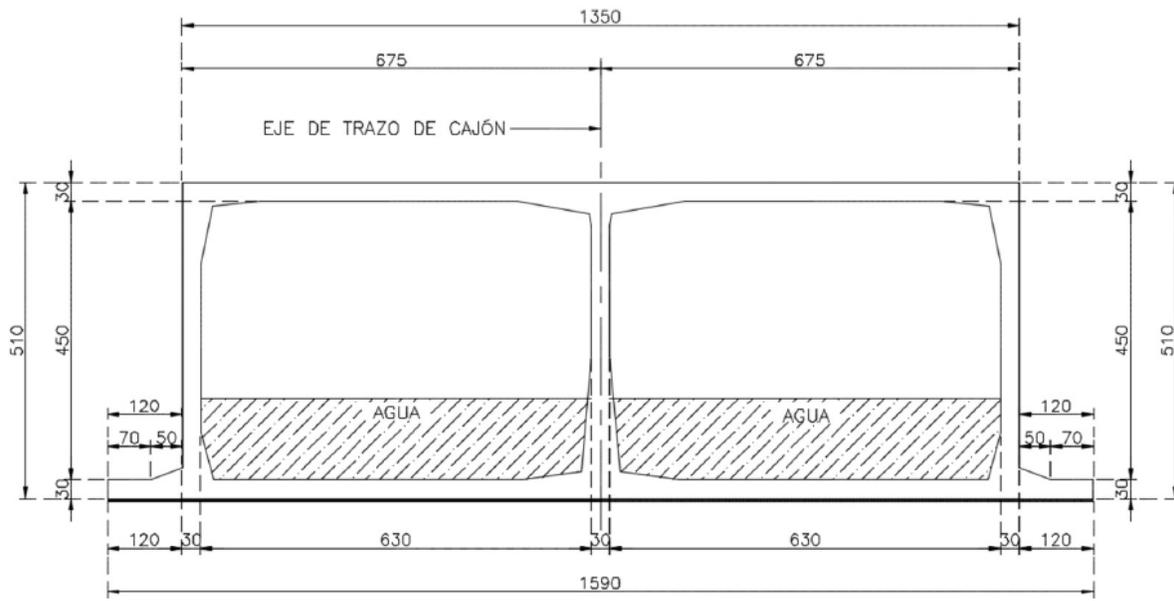


Imagen 20: Diseño tipo del dren de aguas negras subtramo 4.1.

La cimentación de los apoyos que se analizaron del P. V. Insurgentes está formada por una zapata cuadrada de 5.0 m x 5.0 m, con un espesor de 2.5 m, la que a su vez se apoya en un sistema de 4 pilas de 0.90 m de diámetro, desplantadas hasta los 36.0 m de profundidad.

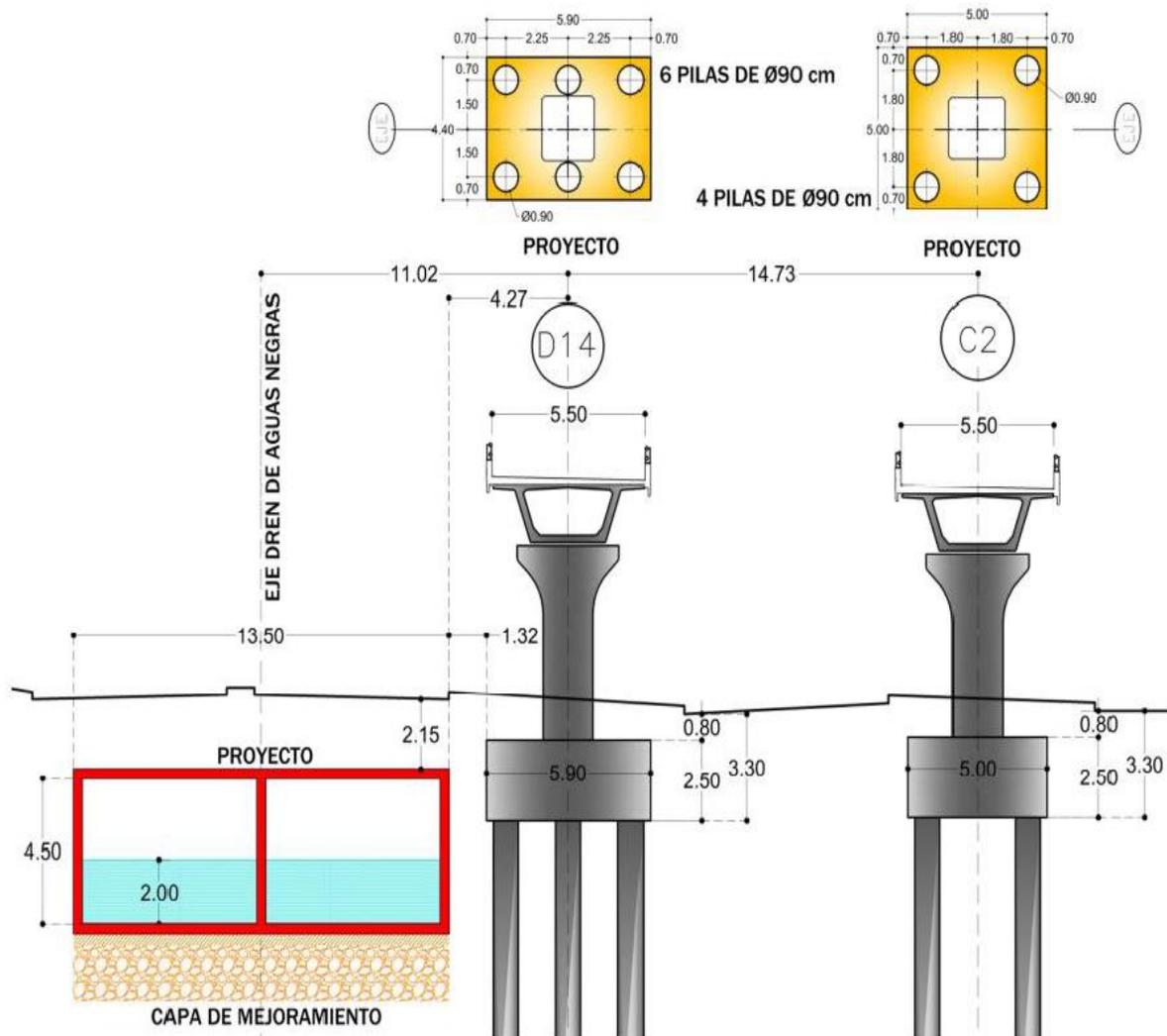


Imagen 21: Diseño estructural inicial del encajonamiento del DAN en interacción de las gazas de insurgentes 070.

Por su parte, la cimentación de los apoyos analizados del P. V. Centenario está formada por zapatas rectangulares de 10.6 m x 15.1 m, con un espesor de 2.6 m, apoyadas en grupos de 88 y 108 pilotes que se desplantarán a una profundidad de 25.0 m.

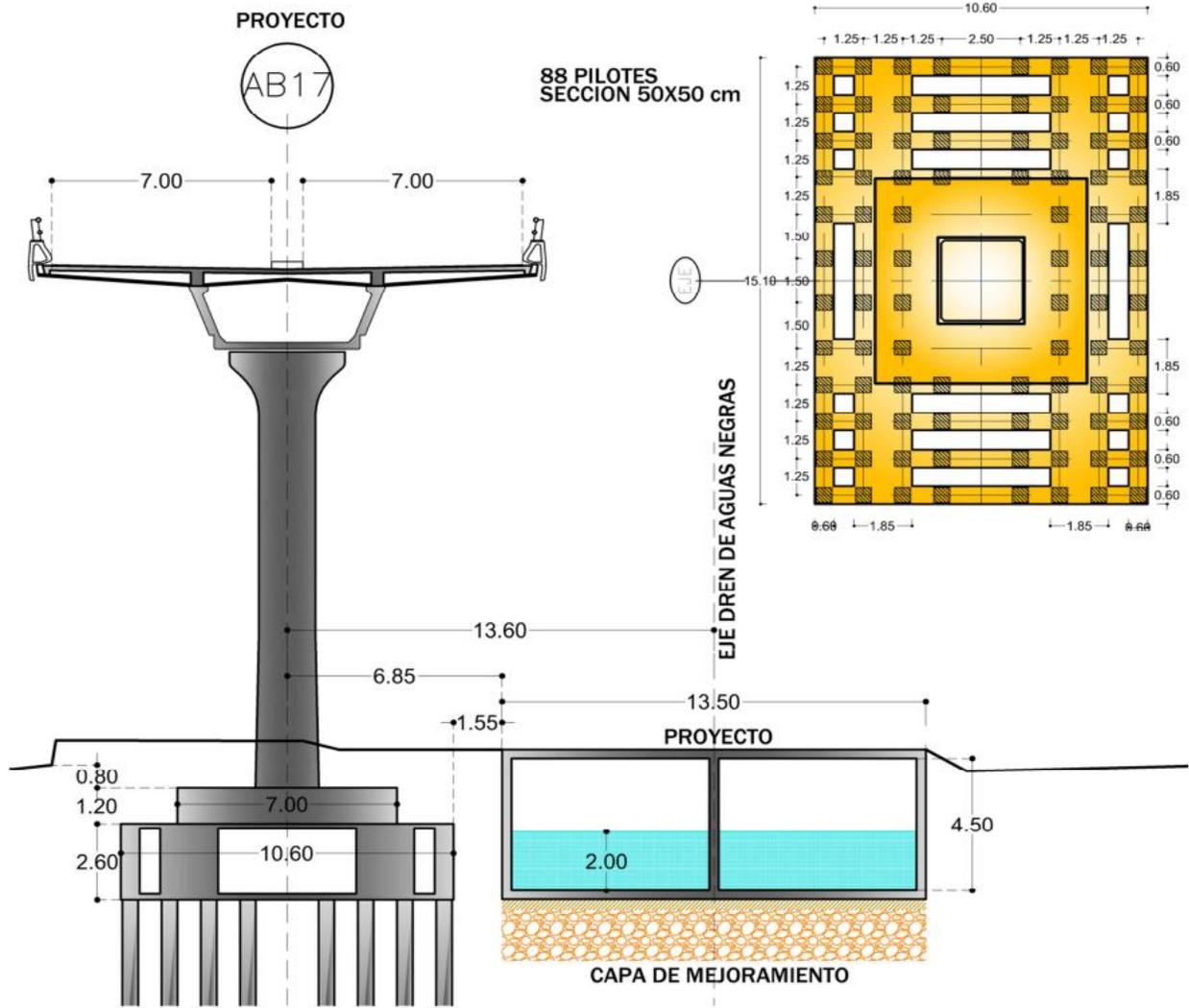


Imagen 22: Diseño estructural inicial del encajonamiento del DAN en interacción del puente Centenario 090.

2.3.3 Hundimientos

P.V. Insurgentes:

En el P.V. Insurgentes, los asentamientos anuales registrados son de 2.0 cm/año. Por lo anterior, en este sitio se obvia la interacción del hundimiento regional con la estructura del dren de aguas negras y la cimentación de los apoyos de la estructura vial.

P. V. Centenario:

El análisis considera que los asentamientos anuales registrados en el sitio del P.V. Centenario son alrededor de 12 cm/año.

2.4 Comentarios

- La interacción dren–cimentación de la estructura vial ante consolidación regional no generará emersión aparente importante del apoyo vial, tenderá con el tiempo, a reducir. Lo anterior, por el efecto de interacción entre los pilotes o pilas y el hundimiento regional que tendrán mayor fricción.
- Los esfuerzos inducidos al dren de aguas negras por la construcción y el servicio de la estructura vial vecina, los pueden resistir la estructura del DAN de concreto reforzado.
- El diseño del DAN es bueno para la construcción.

3 Construcción

Para la construcción de la Estructura cerrada DAN se tuvo la interacción de varias áreas de la ingeniería civil para poder lograr el proceso constructivo como lo fue la obra civil que engloba tres grandes conceptos como lo son el acero, cimbra y concreto para su construcción.

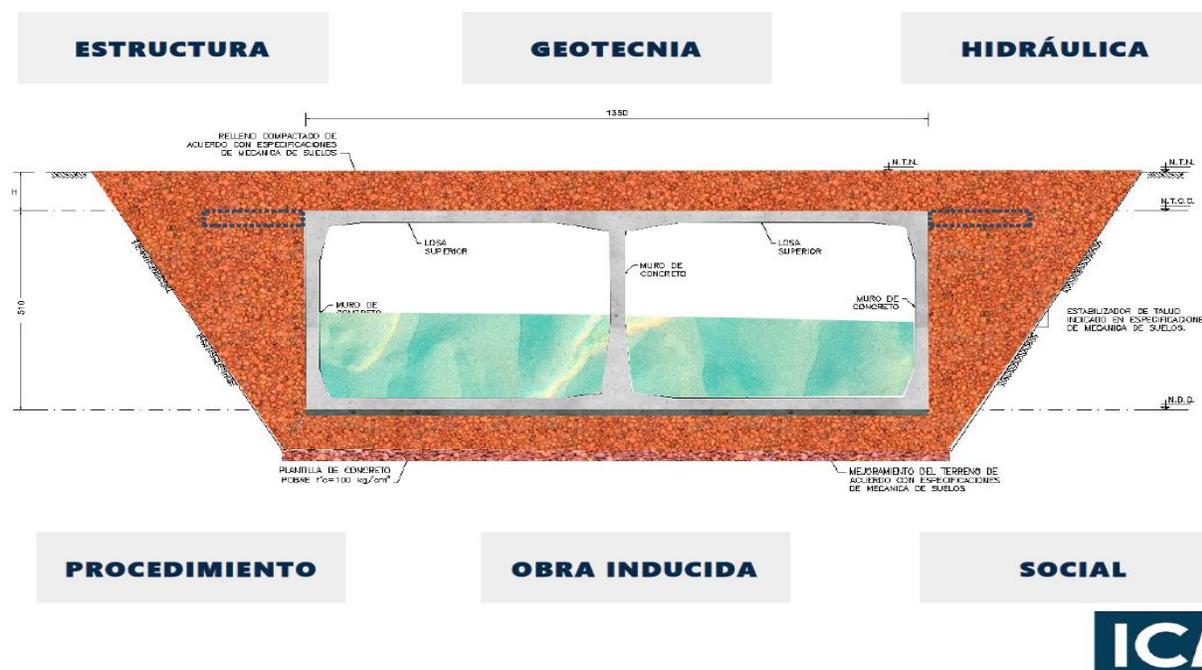


Imagen 23: Áreas esenciales durante la ejecución de la estructura cerrada del dren de agua negra.

A continuación, se describe el proceso tal cual fue ejecutado para poder lograr el cajón hidráulico.

3.1 Preliminares

1. De acuerdo a la información obtenida de proyecto y calas realizadas con anterioridad se deberá trazar sobre el terreno las trayectorias de las instalaciones municipales como lo pueden ser PEMEX, TELMEX, Agua, Luz, etc) con la finalidad de no provocar daños a la hora de empezar con la ejecución de los trabajos.



Imagen 24: Cala realizada bajo centenario con interferencia de líneas de TELMEX y CFE km 1+200.

2. Previo al inicio de las actividades se deberá realizar un levantamiento de las áreas de trabajo y si se requiere, se deberá realizar las adaptaciones del terreno para que trazos y niveles queden de acuerdo a proyecto. Se deberá retirar, demoler o mover las construcciones que interfieren con los trazos de proyecto del DAN.



Imagen 25: Trazo topográfico para el dren de agua negra.

3. Se deberá contar con el señalamiento adecuado con el objetivo de cuidar con la integridad del personal de la obra o ajeno a ella.
4. Antes de iniciar con los trabajos también se deberá contar con los confinamientos de las zonas de trabajo, los cuales deberán ser claros para evitar la incorporación de personal ajeno a la obra.



Imagen 26: impartición de placas de seguridad de 5 minutos previo al inicio de los trabajos.

3.2 Desvío del cauce para posterior proceso de hincado de tablestacado

1. Para el desvío de canal se construyó un muro a base de costalera con sección trapecial (diques) impermeable para formación de ataguía que soportará la carga de agua máxima.

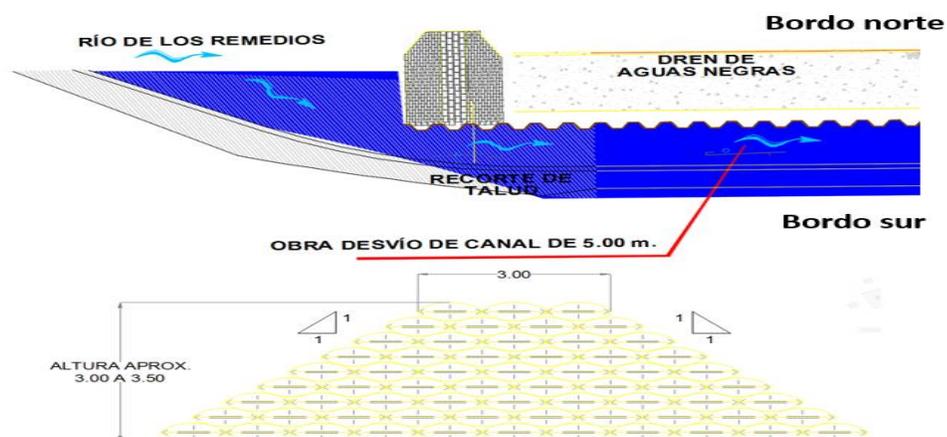


Imagen 27: Desvío del cauce mediante un dique de costaleras.

3.3 Conformación de plataforma para trabajos de tablestacado.

2. De acuerdo con las actividades preliminares, se realizó un deshierbe y despalme sobre la zona de trabajo para retirar cualquier capa vegetal de la zona o basura que se presentase. El material extraído de las actividades preliminares será enviado a bancos de tiro autorizados por el proyecto.

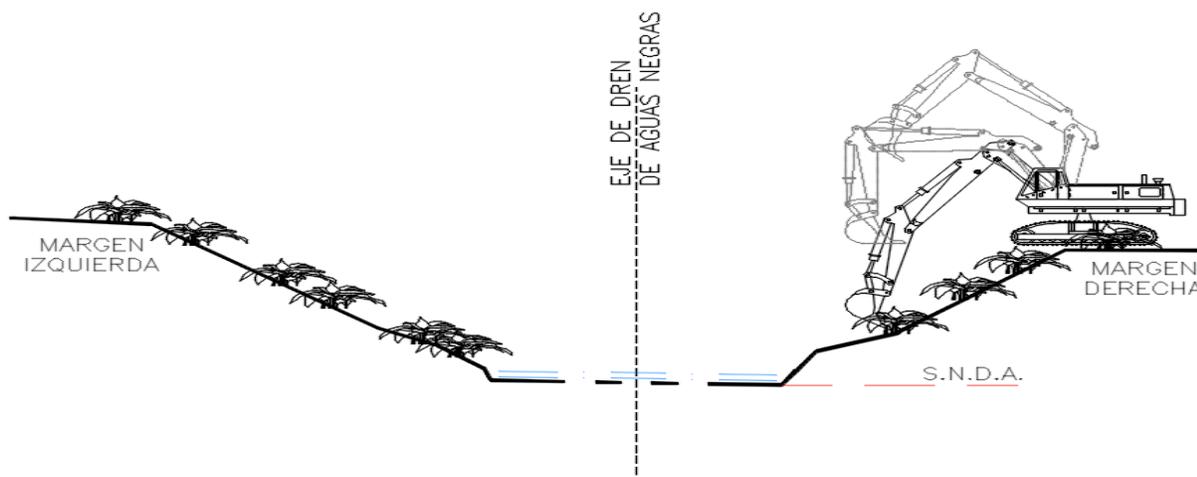


Imagen 28: deshierbe y despalme de la zona de trabajo y construcción del dren de aguas negras.

3. Una vez que se lograba tener limpia la zona de trabajo se procedía con la ubicación de donde se debería realizar los trabajos con ayuda de la brigada de topografía que deberán ser conciliados con la supervisión antes del inicio de las actividades con respecto a niveles y trazos realizados para las actividades.
4. Una de las actividades principales es el acondicionamiento de los accesos y pasos provisionales para equipo pesado, vehículos y como paso peatonal de obra. Como mencionó anteriormente, el área hidráulica durante el proceso constructivo debió permitir gasto de $25 \text{ m}^3/\text{s}$, por lo que fue necesario realizar lo siguiente.

Los pasos provisionales estuvieron conformados por tubería de concreto, con un diámetro mayor a 90" (2.29 m); sobre la tubería se colocó una capa de rodamiento de tezontle de 30 cm hasta 2.50 m de altura y un ancho mínimo de 6.00 m que permita el tránsito de vehículos y maquinaria pesada.



Imagen 29: Pasos provisionales con tubos de concreto para tránsito de maquinaria y peatonal.

5. Posterior a la creación de los accesos, se realizó la conformación de la geometría tipo de la plataforma de hincado que está regida por las dimensiones del equipo de hincado. Las dimensiones tipo consistían en un mínimo de 7.5 m de ancho y 1.50 m de altura con respecto al nivel de desplante de la plataforma. La pendiente del talud será de 45° que es ideal para mantener estable el mismo y una separación como mínimo de 1.50 m desde el eje de la tablaestaca al pateo del talud.
6. La conformación de la plataforma se realizó con equipo pesado como lo es el tractor D6 y excavadoras 320 y 330. Con el material extraído y tepetate se logró la conformación de la plataforma con su grado de compactación adecuado a través de capas de 30 cm compactadas a la altura requerida como se mencionó antes. De igual forma para su funcionamiento de soportar los empujes, deslizamientos o socavaciones en la plataforma de hincado se colocaron supersacos.
7. El desplante de la plataforma se realizó con tezontle en greña con espesor de 1.00 m en promedio, que permitirá el correcto drenado del agua.

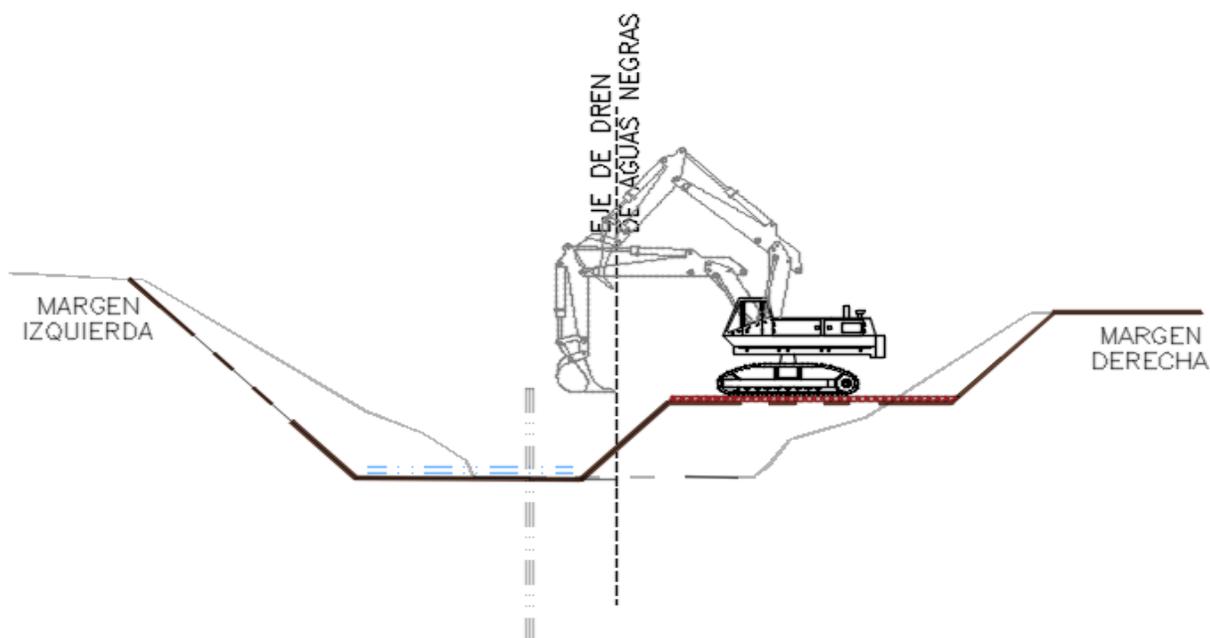


Imagen 30: Conformación de plataforma para hincado de tablestaca.

8. Al momento de transitar la grúa, se colocó módulos de durabase para poder distribuir los esfuerzos de manera uniforme y mantener la estabilización de la plataforma y grúa, durante el transito e hincado de la tablestaca.



Imagen 31: Grúa link belt con vibrohincador para hincado de tablestaca.

9. Una vez que se tiene el área libre y estable para el tránsito de la grúa se procedió con el hincado de la tablestaca metálica tipo AZ19-700 de 16 m de largo, respetando la separación de 2.00 m del pie de talud a eje de tablestaca. Se tuvieron que empotrar 12.00 m de profundidad con respecto al nivel máximo de excavación del DAN.

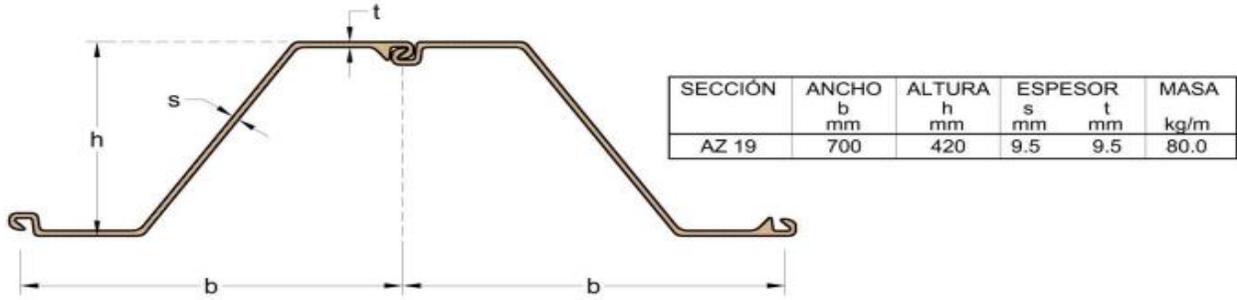


Imagen 32: Sesión típica de tablestaca AZ 19.

10. El hincado de la tablestaca se realizó con un vibrohincador hidráulico montado sobre grúa.

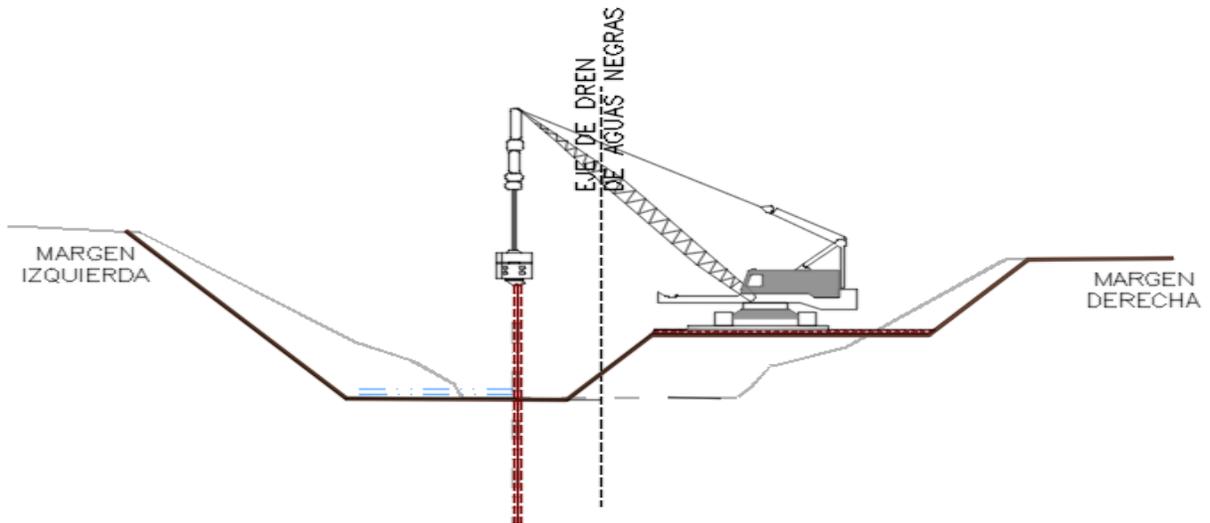


Imagen 33: Hincado de tablestaca.

11. Para el inicio y fin se cierra con una tablestaca a 45° para evitar la entrada del río en la zona de construcción del dren de aguas negras.

12. Una vez finalizada en tablestacado se amplió la plataforma de hincado hasta topa con la tablestaca con el fin de evitar futuras inestabilidades del talud.

13. Terminado lo anterior se procede con la excavación para el mejoramiento donde se desplantó el DAN.

3.4 Mejoramiento del terreno para desplante de la estructura cerrada del dren de aguas negras.

1. Durante el proceso de excavación de acuerdo a resultados geotécnicos y estructurales, se observó que se requería un mejoramiento del suelo para poder soportar las cargas que transmitirá la estructura cerrada en condiciones de servicio y para poder controlar los hundimientos regionales y diferenciales sobre el trayecto de la estructura.

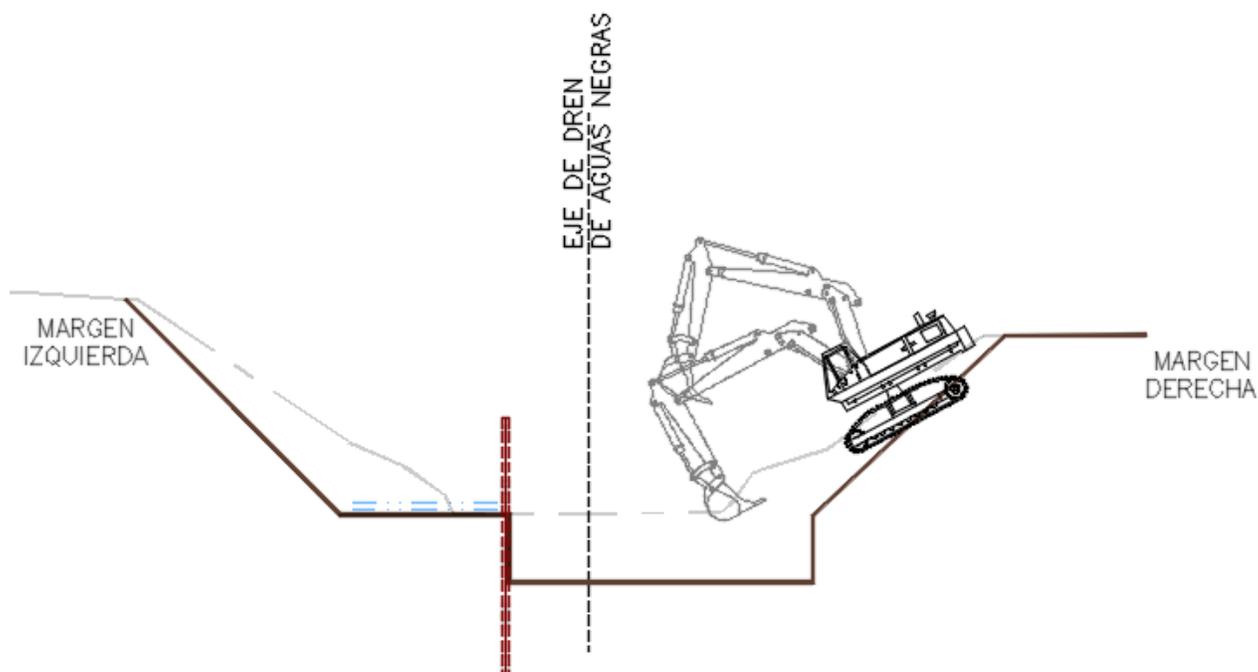


Imagen 34: Excavación a nivel de desplante del DAN.

2. Las capas se realizaron como se muestra en la siguiente imagen, con tolerancias de ± 5 cm, esto con la finalidad de respetar el espesor de la plantilla de proyecto que es de 5 cm y con un ancho mayor de 50 cm al ancho de cajón (14.50 m pasando por el eje del cajón).
3. De igual manera se colocó una geomalla tipo triaxial TX140 en el fondo de la excavación con una membrana de geotextil no tejido antes de la geomalla con la finalidad de controlar la pérdida de materiales finos.

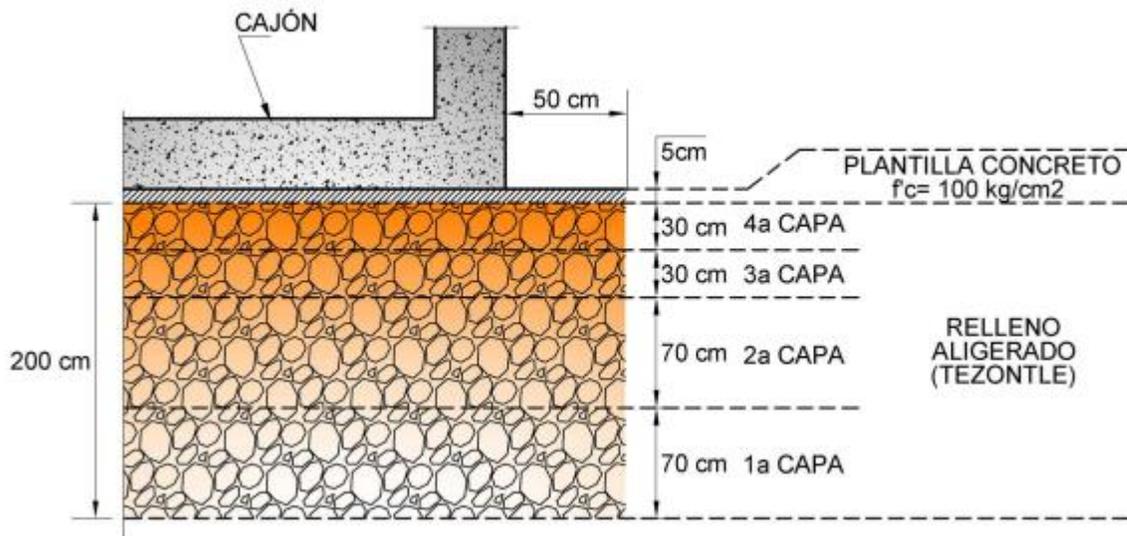


Imagen 35: Sección de proyecto para mejoramiento de suelos en el desplante del dren de aguas negras.

4. La excavación se realizó con excavadoras 320 y 330 donde se utilizó góndolas y camiones volteos para ser cargadas del material extraído hacia los bancos de tiro autorizados por el proyecto (solo el material que no cumplió con las características del proyecto para ser utilizados para mejoramiento). Las excavaciones son realizadas con relación en los taludes de 1:1, excepto en la zona mejorada de 2.00 m que fue el corte a 90°.
5. Posterior de que se alcanzó los niveles máximos de excavación se coloca el geotextil y geomalla extendiéndolos en dirección del tendido del material. posterior, se colocó las capas de tezonle extraídos de los bancos de material autorizados y conciliados por supervisión que cumplen con la calidad de proyecto.
6. El material de tezonle fue trasladado a la obra mediante góndolas y camiones volteos protegiendo el material ante la intemperie del ambiente, y banqueado en montículos con la cantidad requerida para su posterior extendido con tractores sobre orugas, en sentido de adentro hacia afuera pasando por lo menos tres veces sobre el material, siempre cuidando que el material se mantenga de forma homogénea.

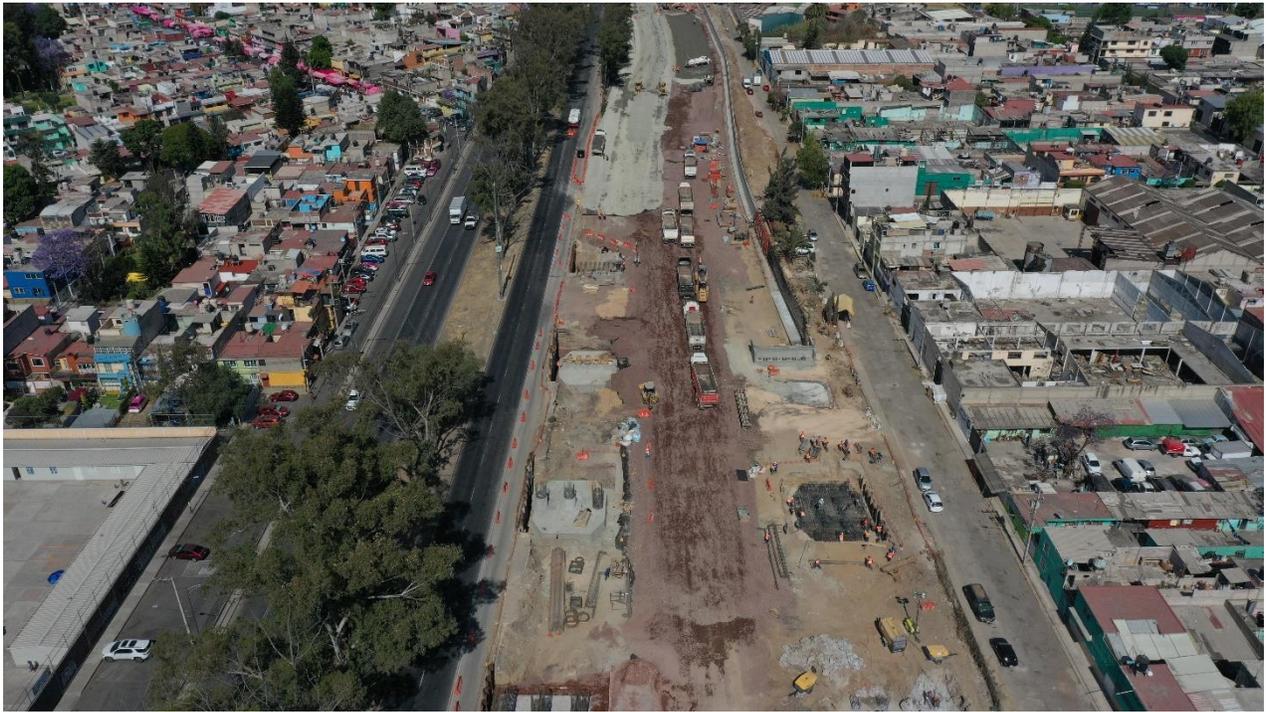


Imagen 36: Suministro de material en góndolas.

7. Para la 1 era y 2da capa se utilizó tezontle con tamaños de $\frac{3}{4}$ " a 6" y para la 3 era y 4ta capa se utilizó tezontle de $\frac{3}{4}$ " a arenosos.

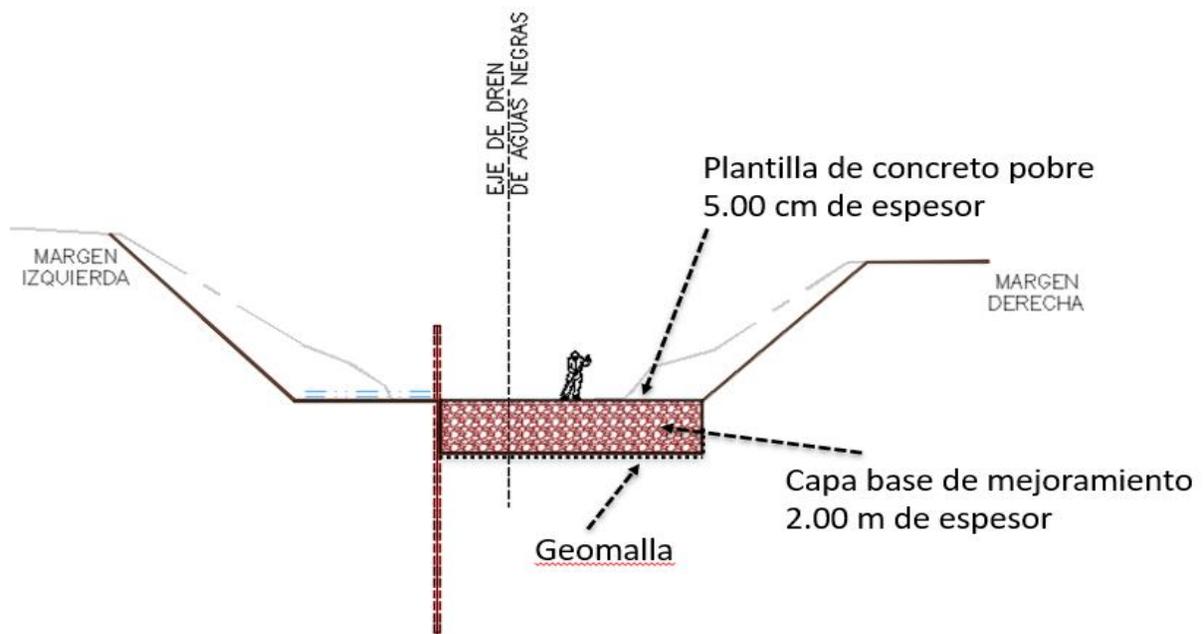


Imagen 37: Mejoramiento final para desplante del dren de agua negras.

8. Durante la excavación donde se presentará escurrimientos del nivel freático se utilizaron cárcamos de bombeo de 2' a 4' con separaciones de 15 m para poder lograr el mejoramiento de acuerdo a proyecto.

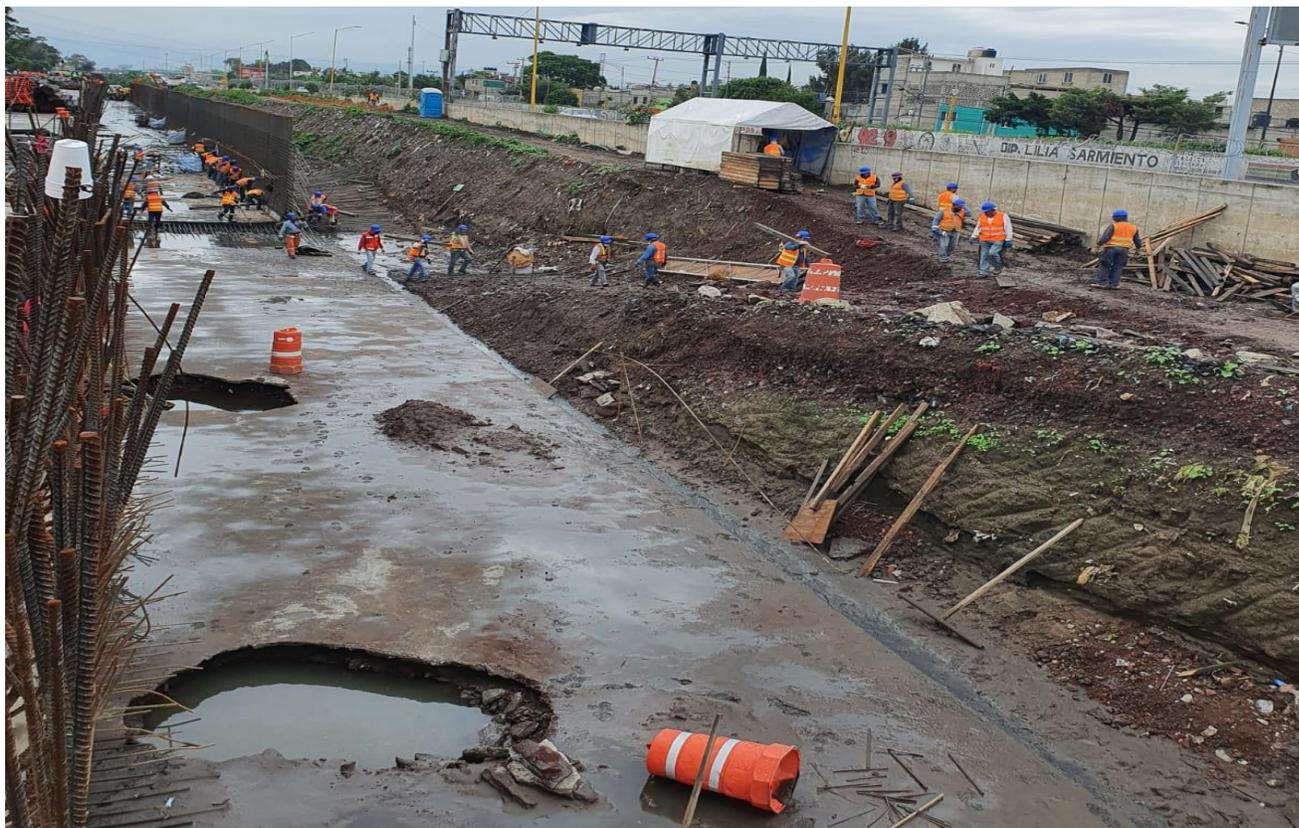


Imagen 38: Carcamos de bombeo para achique por inundación.

Es preciso mencionar que durante los periodos de lluvia extensa se presentaron inundaciones, se empleó el mismo proceso de achique para poder continuar con el proceso constructivo de la estructura cerrada.

3.5 Proceso constructivo para la estructura cerrada del dren de aguas negras.

1. Antes de iniciar las actividades de armado del DAN se planeó las actividades por lo que se revisaron los planos estructurales junto con sus recomendaciones para generar los volúmenes de obra, programa de obra y considerar la plantilla de personal necesaria para su ejecución.

2. Se revisó los planos de proyecto estructural vigente en su momento para generar los volúmenes de obra y proceder con el suministro de los materiales, como lo fue el acero, un material imprescindible para poder lograr la construcción del DAN.
3. Para el suministrado el acero recto se procedió a su incorporación a la planta de habilitado ubicada en la presa, ya que se contaba con los equipos mecánicos necesarios para poder cortarlo y doblarlo de acuerdo a los requerimientos y geometría del proyecto.



Imagen 39: Planta de habilitado del proyecto Río de los Remedios tramo 4.1, La presa.

4. Se llevó un control estricto en las salidas del material para evitar posibles robos y una falta del material en el futuro que repercutieran en el avance del mismo.
5. Posterior a su habilitado y cantidades necesarias de acuerdo con lo requerido en obra, se procede a su envío en plataforma o grúas titan a obra. Se llevó una relación del acero habilitado, suministrado y colocado para el correcto cobro de las estimaciones.



Imagen 40: Llegada habilitado de acero para el dren de aguas negras.

6. Anticipadamente se debió colar una plantilla de concreto pobre $f'c$ 100 kg/cm^2 con 5 cm de espesor, TMA $\frac{3}{4}$ " en toda el área de proyecto para nivelar la zona y evitar el contacto del acero con el terreno.



Imagen 41: Plantilla de concreto para dren de agua negras bajo Centenario km 1+200.

7. Llegado el acero a obra se procede a los trazos de los ejes y niveles por parte de topografía para su correcto colocado.
8. El acero se habilitó y suministró en volúmenes con traslapes al 33% lo que quiere decir que los traslapes no se realizaron en la misma línea para evitar futuras fallas en esos puntos.
9. Se procedió con el tendido del acero con ayuda de maestras que fueron colocadas por los oficiales fierreros y cabos. Tendido todo el acero de refuerzo se procedió con la colocación de silletas para poder cumplir con el recubrimiento indicado de proyecto de 5 cm.
10. Al momento de su colocado se estuvo verificado los diámetros del acero, traslapes, dobleces, separaciones y limpieza de la zona para su futura liberación por parte de la supervisión externa, de los elementos como la losa fondo. Es importante recordar que de acuerdo a la imagen 46 que representa el plano de proyecto, antes de colar la losa fondo se debió dejar ahogado los disparos (acero que amarra desde la losa fondo) para posterior revestido y colado de muros.

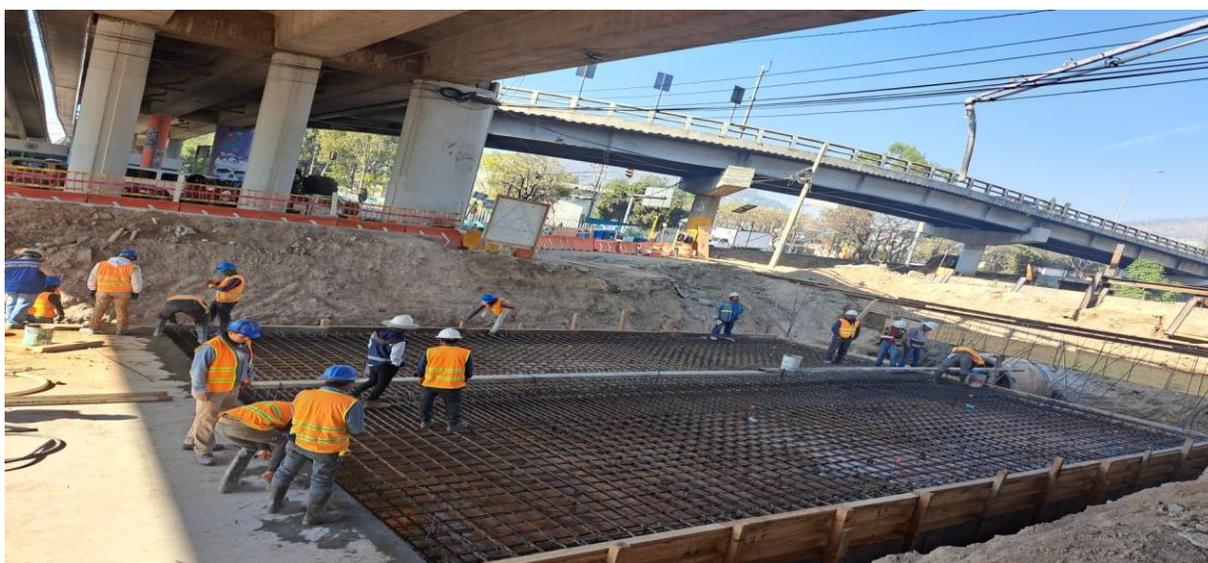


Imagen 42: Liberación para colado del dren de aguas negras bajo Centenario km 1+200.

11. Posteriormente a su verificación se procede con el cimbrado del elemento losa fondo, con ayuda de los oficiales carpinteros. Estos deberán con anterioridad habilitar la cimbra de acuerdo con la geometría requerida para su colado.
12. La cimbra debe cumplir con las siguientes características como lo son geometría, alineación, recubrimiento, plomeo, aplicación de desmoldante y limpieza de la misma para poder ser liberada por parte de supervisión.
13. Cuando se concluyeron ambas actividades se procede a notificar a supervisión externa en conjunto de su topografía para la verificación de las características de la losa fondo en cuestión del acero, cimbra y niveles para su programación de colado del elemento. El elemento deberá estar completamente sopleteado para evitar cualquier residuo que se encuentre.
14. Teniendo la liberación por parte de supervisión se comienza con la programación. Se deberá identificar el área para poder revisar accesos de las ollas de concreto (ya que los operadores tienen restringido poner en riesgo la unidad si los encargados no tienen las condiciones seguras para el vaciado).
15. Si el vaciado del elemento por las condiciones del acceso no es favorable, se debió programar con anticipación la bomba para poder dar alcance y profundidad del elemento a colar. Para esto se deberá revisar el alcance de la bomba pluma y la ubicación del área de la bomba (Esta deberá ser ancha para lograr la estabilización de la misma).
16. Como se menciona, el vaciado del concreto se puede realizar de dos maneras de acuerdo con las condiciones del terreno, las cuales pueden ser de tiro directo donde se deberán utilizar los canales para evitar segregaciones del mismo y dar un alcance de 1.5 m aproximadamente o por bomba pluma, las cuales en el proyecto se tenían contempladas por parte del proveedor con un alcance de 36 m.



Imagen 43: Colado de segunda fase, losa tapa con bomba pluma km 1+900.

17. Cuando se tenían todos los elementos necesarios se procede a comunicarlo al área de calidad para programar la brigada de laboratorio encargada de recibir y revisar que cumpla la unidad con las condiciones de proyecto como lo son, el revenimiento, el peso volumétrico, temperatura, tiempos, remisiones y condiciones visuales.

18. Las características esenciales para el elemento losa fondo del DAN son; un concreto $f'c$ 400 kg/cm², TMA $\frac{3}{4}$ ", Revenimiento 18 +/- 3.5 cm, temperatura no mayor a 35°C y no menor a 5°C y bombeable (Esto fue esencial ya que las longitudes de cada módulo de losa fondo, muros y losa tapa de acuerdo a proyecto debería ser de 27 m y juntas a cada 80m).



Imagen 44: Pruebas para calidad del concreto.

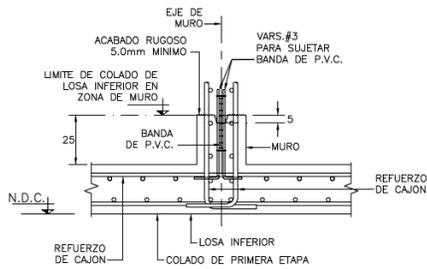
19. Revisada por laboratorio y dando su visto bueno se procede con el ingreso y vaciado de la misma. Ya vaciada una buena área del elemento se comienza con el vibrado, siempre respetando las recomendaciones del vaciado y vibrado del concreto, como lo es: 1. El concreto no deberá vaciarse a una altura mayor a 1.5 m, deberá tener una inclinación de 60° respecto a la horizontal si es posible, 2. El vibrado del elemento deberá estar espaciado entre 1m a 1.5 m con lapsos de 8 s sin inclinar el vibrador. Son recomendaciones con la finalidad de evitar segregación del concreto en su colocación.
20. Para el colado se debió prevenir todos los equipos y materiales que se requería como lo fueron vibradores, maxilight, generadores, curacreto, adchón, nailon de polietileno negro, gasolina, aspersor y botas para un correcto vaciado y curado.
21. Durante el colado es importante respetar los niveles y ejes de proyecto trazados por topografía para que la estructura pueda funcionar correctamente a las condiciones que fue diseñada.

22. Una vez vaciado y vibrado el concreto de la losa fondo se procede con el pulido con la cuchara. Para el curado de la losa fondo se utilizará curacreto con una porción de 4:1 con roció de 1 l por cada 4 m² de losa fondo y se coloca el nailon de polietileno negro como curado. Esto se deberá realizar en el fraguado inicial donde el concreto tiene una consistencia más rígida y brillante, para evitar la pérdida de agua y evitar agrietamientos en la losa fondo.



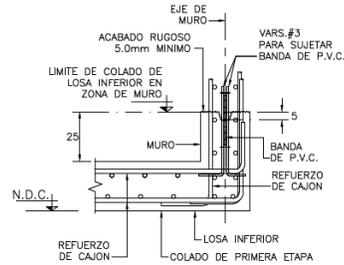
Imagen 45: Losa tapado con hule negro de polietileno para evitar perdida de agua.

23. El colado completo del dren de aguas negras se realizó siempre en dos secciones, la primera colando la losa fondo y posteriormente los muros en conjunto con la losa tapa para evitar el mayor número de juntas frías que se presentasen en el DAN. En donde se presentase junta fría (Entre la losa fondo y muro) de acuerdo al proyecto se colocó la banda ojillada de PVC (cloruro de polivinilo) de 20 cm de ancho, siempre teniendo la precaución de colocar el refuerzo en la banda para evitar que se deslice o se aplaste, según sea el caso (esta se dejaba colocada a la mitad entre el colado de la losa fondo y posterior colado de muros), como se indica en la siguiente imagen.



DETALLE - A

JUNTA DE COLADO DE LOSA INFERIOR CON MURO INTERIOR



DETALLE - B

JUNTA DE COLADO DE LOSA INFERIOR CON MURO EXTERIOR

Imagen 46: Ubicación de la banda ojillada en cada junta constructiva para evitar filtraciones de agua.

24. Al día siguientes se procedía con el acabado para posterior colado de los muros, el cual debería ser rugoso (escarificado) para un mayor agarre entre los elementos.
25. El departamento de calidad debería realizarse pruebas de resistencia a los cilindros obtenidos de cada olla para notificar a construcción el momento óptimo para el descimbrado del mismo (Como mínimo se debería lograr una resistencia del 80% para tener la autorización por parte de supervisión) y limpieza general del área.
26. Una vez teniendo escarificada y limpia la zona de conexión entre losa fondo y muros se procede con el revestido de los muros con varillas de temperatura (resistentes a los cambios de temperatura, estas suelen estar colocadas en la dirección de mayor longitud y de menor diámetro), siempre verificado los diámetros del acero, traslapes, dobleces, separaciones y limpieza de este para su futura liberación por parte de la supervisión externa. El armado deberá ser revisada con anterioridad por supervisión ya que se procedía con tapar los muros con cimbra especial capaz de resistir los empujes del concreto.
27. Para comenzar a cimbrar los muros del dren de aguas negras, esta deberá cumplir con los niveles y ejes trazados por la brigada de topografía como la limpieza de cualquier residuo que llegase afectar al colocado del concreto y nivel de desplante.

28. La cimbra utilizada es de paneles prefabricados con las geometrías de acuerdo a proyecto (Esta fue suministrado por un subcontrato de la empresa) y que cumple con los esfuerzos al que estuvo sometido los elementos al vaciado y fraguado del mismo.

29. Los módulos son deslizantes con longitudes de 27 ml de acuerdo con las juntas que debería tener cada colado de acuerdo a proyecto. Cada elemento de la cimbra deslizante debe ser diseñado, revisado y aprobado, para cumplir con los requerimientos en donde será utilizada, de acuerdo con los planos estructurales de proyecto.



Imagen 47: Armado de cimbra deslizante para el dren de aguas negras.

30. La cimbra poseía una cantidad de 19,233 piezas (armada completamente) con un valor total de \$ 20,408,800.60, por lo que se debería verificar que las piezas fueran colocadas en su totalidad con la finalidad de evitar extravíos o pérdidas.

31. Durante el proceso de armado de la cimbra, como responsable de obra, es importante prestar atención a varios puntos clave para garantizar una ejecución correcta. En primer lugar, es necesario verificar que la separación de la tapa de estanqueidad sea de 23.1 cm, y en los muros centrales, la separación sea de 19.3 cm, tal como se especifica en las instrucciones técnicas del proveedor.

A continuación, se procede al armado del bastidor central metálico de la siguiente manera: se colocan los lastres de madera de dimensiones 50.9 x 48 cm y una altura de 24 cm, respetando las separaciones mencionadas en las especificaciones técnicas. Sobre los lastres de madera se colocan las cuñas de elevación, las cuales se unen mediante una correa longitudinal y se conectan transversalmente con husillos de uso rudo mediante una pieza especial.

En la parte inferior del bastidor se colocan ruedas que facilitarán el desplazamiento de la cimbra cuando sea necesario.

32. Una vez formado el bastidor se colocan los perfiles verticales reforzados por conectores, y en la parte superior se colocan conectores SRU de acuerdo con la especificación técnica del proveedor.

33. Con el bastidor central armado, se procede a colocar los paneles de los muros con la ayuda de la Grúa Titán, los cuales previamente se ensamblaron, de manera que se forre el armado de los muros, las uniones de los paneles en muros tanto interiores como exteriores se realizarán mediante una barra dywidag sujeta con una tuerca mariposa, tal y como hace mención el proveedor a través de sus especificaciones.

34. Posteriormente se coloca las fronteras laterales de los muros para poder lograr el colado monolítico entre muro y losa del DAN, esto mediante cimbra común de segunda previamente habilitada.

35. Antes de comenzar a cerrar los muros, esta cimbra debería colocarse desmoldante para evitar la adherencia con el concreto. Colocada y cerrados los muros de la cimbra especial se procede con el armado de la losa superior.
36. Finalmente se colocan los paneles de la losa sobre el bastidor central siempre respetando las dimensiones geométricas del proyecto. Para este procedimiento debe estar el encargado de seguridad para el seguimiento de las actividades.
37. Logrado el cimbrado se notifica a la brigada de topografía para poder colocar los niveles y alineación correcta de la cimbra deslizante con la finalidad de mantener el área hidráulica necesaria de acuerdo a proyecto.
38. Armada y firme la cimbra de la losa se comienza con el tendido del acero siempre verificado los diámetros del acero, traslapes, dobleces, separaciones y limpieza.
39. Teniendo armado y cimbrado el elemento, corroborado los niveles y alineación de los mismos, se procede a notificar a supervisión para la revisión y liberación del elemento mediante un documento firmado de checklist el cual sirve como soporte para calidad y el área de estimaciones del proyecto para cobro de los trabajos. La supervisión revisará y dará correcciones si se llegasen a requerir para cumplir con las condiciones de proyecto, y posteriormente liberará el elemento.

FORMATO DE LIBERACION DE		01852066-C01-PIC-EST-002 A7.1		Rev. 00
CAJON BAJO CENTENARIO		Construcción del Tramo A.1 de la Autopista Los Remedios - Estatopac entre la Autopista México - Puebla a Gran Canal		OCTUBRE 2022
DATOS DE OBRA				
LUGAR: RIO DE LOS REMEDIOS	FRENTE: OBRA CIVIL	LOCALIZACION: FRENTE 2	FECHA:	
CONTRATO NUM.: S12020RE	TRAMO: 050	TURNO: DIA (/) NOCHE ()	ELEMENTO: PLANTILLA	
DATOS GENERALES				
NUMERO DE PLANO: 17-AN-EST-08-080-77607-P-00	VOLUMEN TEORICO SOLICITADO:	VOLUMEN REAL SUMINISTRADO:	CADENAMIENTO INICIAL:	FINAL:
HORARIO INICIAL: HORARIO FINAL:	RESISTENCIA DE CONCRETO (F'c): 300 kg/cm ²	REVENIMIENTO: 50 cm	T.M.A.L.: 2 cm	F'v (kg/cm ²):
TOPOGRAFIA		CROQUIS		
NIVEL DE TERRENO NATURAL (N.T.N.) PROYECTO: NIVEL DE TERRENO NATURAL (N.T.N.) REAL: NIVEL DISPLANTE DE COLADO (N.D.C.) PROYECTO: NIVEL DISPLANTE DE COLADO (N.D.C.) REAL: NIVEL TOPE DE CONCRETO (N.T.C.) PROYECTO: NIVEL TOPE DE CONCRETO (N.T.C.) REAL: INVIOLACION DE CIMBRA: CUMPLE SI (/) NO ()				
EQUIPO CUMPLE				
ESTACION TOTAL SI (/) NO ()				
NIVEL SI (/) NO ()				
PRISMA SI (/) NO ()				
TOPOGRAFO SI (/) NO ()				
CADENERO SI (/) NO ()				
ACERO DE REFUERZO CUMPLE				
DIAMETROS DE VARILLAS SI (/) NO ()				
LONGITUDINAL SI (/) NO ()				
ESTRIBOS SI (/) NO ()				
GANCHOS SI (/) NO ()				
TRASLAPES SI (/) NO ()				
SEPARACION DE VARILLAS SI (/) NO ()				
COPLES Y CUERDAS SI (/) NO ()				
RECUBRIMIENTO SI (/) NO ()				
ALINEACION SI (/) NO ()				
LIMPIEZA SI (/) NO ()				
CIMBRA CUMPLE				
GEOMETRIA SI (/) NO ()				
LINEAMIENTO SI (/) NO ()				
FRONTERAS LATERALES SI (/) NO ()				
TROQUELAMENTOS SI (/) NO ()				
TAPONES SI (/) NO ()				
RECUBRIMIENTO SI (/) NO ()				
LIMPIEZA SI (/) NO ()				
DESCONDIANTE SI (/) NO ()				
PLOMEO SI (/) NO ()				
CIMBRADO SI (/) NO ()				
APLICACION DE ADHESIVO SI (/) NO ()				
APLICACION DE CURADRO SI (/) NO ()				
EQUIPO CUMPLE				
VIBRADORES SI (/) NO ()				
BOMBO DE ACHIQUE SI (/) NO ()				
GENERADOR DE ENERGIA SI (/) NO ()				
BACIA SI (/) NO ()				
MAQUINARIA CUMPLE				
BOMBA ESTACIONARIA SI (/) NO ()				
BOMBA TELESCOPICA SI (/) NO ()				
TUBERIA SI (/) NO ()				
CANALONES SI (/) NO ()				
TITAN, GRUA O HERR. SI (/) NO ()				
SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE CUMPLE				
PERMISO DE TRABAJO SI (/) NO ()				
SEÑALIZACION Y CONFINAMIENTO SI (/) NO ()				
TORRE DE ILUMINACION SI (/) NO ()				
CERCO DEBARRANES O FIRMAS SI (/) NO ()				
Observaciones:				
CUADRO DE FIRMAS				
CONSTRUCCION SOLICITA	TOPOGRAFIA REVISAR	CALIDAD REVISAR	TOPOGRAFIA SUPERVISION EXTERNA	SUPERVISION EXTERNA
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA

Imagen 48: Formato de liberación para soporte de cobro de estimaciones.

40. Liberado el elemento, se procede con la programación de concreto mediante bomba pluma para el vaciado correcto del concreto. Para esto se debió prever el área requerida donde se estabilizará las ollas y el lugar de muestreo de las mismas.

41. Se realiza notificación al área de calidad del colado para recibir y revisar que cumplan las unidades conforme a proyecto.

42. Las características esenciales para el elemento muros y losa del DAN son; un concreto $f'c$ 400 kg/cm², TMA $\frac{3}{4}$ ", Revenimiento 18 +/- 3.5 cm, temperatura no mayor a 35°C y no menor a 5°C y bombeable. A diferencia de la losa fondo a este es que los muros es un concreto de resistencia rápida a 3 días y la losa a 1 día con respecto a la losa fondo que es a 7 días. Hay que recordar que todos los concreto utilizados para construcción del DAN deberán ser resistentes a los sulfatos.

43. Revisada por laboratorio y dando su visto bueno se procede con el ingreso y vaciado de la misma. Ya vaciada una buena área del elemento se comienza con el vibrado, siempre respetando las recomendaciones del vaciado y vibrado del concreto.

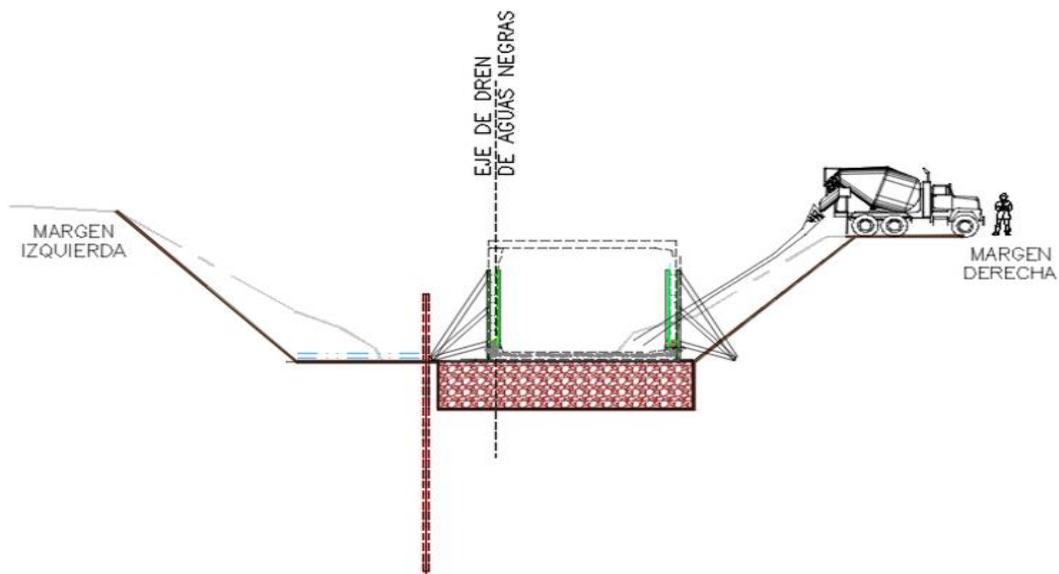


Imagen 49: Colado de los elementos del DAN.

44. Antes de comenzar con el descimbrado de los muros se deberá obtener a través de las pruebas de laboratorio una resistencia mínima del 80% para evitar cualquier falla en los elementos colados. Obteniendo la resistencia se procede con el retiro de los paneles en los muros con ayuda de una grúa titan.

45. Primero se deberán retirar las barras dywidag sujetas en las tuercas mariposas, se retira los puntales interiores, se colocará los gatos hidráulicos de 7 ton para poder levantar el bastidor central y poder retirar los lastres de madera en conjunto con la cuña de elevación.

46. Para el deslizamiento de la cimbra de 27 m en módulos de 9 m, se utilizó diferentes procedimientos como lo fue grúa titan, diferenciales y hasta personal para poder lograrlo. Todo esto se hizo con cuidado ya que en algunas ocasiones podría desprenderse elementos de la cimbra y caer con fuerza.



Imagen 50: Deslizamiento de módulos de cimbra para colado del siguiente cuerpo.

47. Para el curado de los muros y losa tapa se utilizará curacreto con una porción de 4:1 con roció de 1 l por cada 4 m² de área de concreto. Este curado se deberá realizar en el fraguado inicial donde el concreto tiene una consistencia más rígida y brillante, esto para evitar la pérdida de agua y con ello el agrietamiento de los elementos.

48. Una vez construido la primera sección del DAN se procedió con el relleno material en la sección lateral de la estructura. El material empleado fue tezontle en greña con capas de 90 cm de avance.

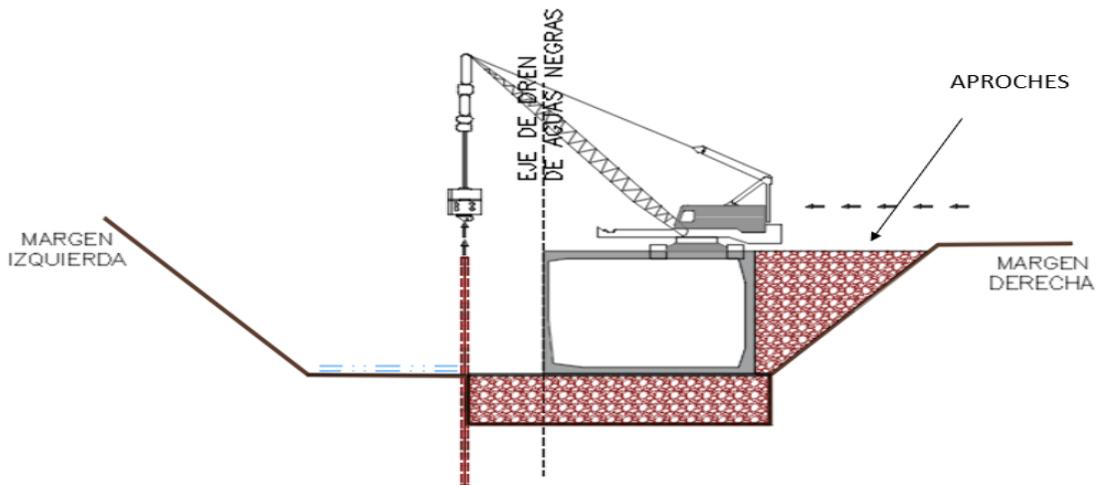


Imagen 51: Compactación de aproches de 90 cm. en la costilla del cajón.

49. Concluido el aproche se procedió con el desvío del cauce colocando muros de concreto a 45° y tablestaca. Una vez seco, se procedió con el mismo mejoramiento descrito anteriormente para la construcción de la segunda fase.



Imagen 52: Sistema muro-tablestacado para desvío del cauce.

50. Finalmente se procedió con el traslape de acero con las puntas dejas en la primera fase de construcción. Para esto se tuvo que retirar la tablestaca colocada para el desvío de la primera fase y se procedió de la misma manera con la segunda fase de la sección del DAN.

3.6 Seguridad y medio ambiente

1. Durante la ejecución de todas las actividades mencionados estaba el responsable de seguridad con la finalidad mantener el área delimitada, confinada y en conjunto con el responsable se realiza el IPER (Identificación de peligros y riesgos) para poder reducir los posibles riesgos que se llegasen a presentar en cuestión de seguridad. De igual forma el responsable de la actividad presentaba el permiso de actividades que se llegasen a ejecutar durante la semana (los más comunes hacían referencia a los permisos de grúa titan, de cimbra, acero y concreto) y estos deberán entregarse previo al inicio de las actividades.
2. Todo el personal de trabajo sin excepción debería portar EPP (Equipo de protección personal) de acuerdo con las actividades que se estén ejecutando, siendo responsabilidad del encargado de la actividad, esto para evitar el menor número de accidentes.



Imagen 53:Uso de EPP durante la ejecución de los trabajos.

3. De manera diaria se deberá impartir platica de 5 minutos a los trabajadores para concientizar de los riesgos que conllevan las actividades que se están ejecutando y minimizar los accidentes. Para estas platicas existe un cronograma de las pláticas a impartir con su sustento teórico que el responsable de seguridad deberá enviar al responsable de obra para su impartición.
4. También el encargado de seguridad en conjunto con el responsable de obra realizará inspecciones periódicas de las herramientas, con el fin de verificar su buen estado, en caso contrario, se tendrían que retirar y sustituir.
5. Finalmente, el encargado de medio ambiente en conjunto el responsable de obra identifica los impactos ambientales de las actividades y dará instrucciones del correcto manejo de los residuos generados por la ejecución de las actividades. Los residuos peligrosos y no peligrosos se depositarán en el almacén y/o depósitos destinados para tal efecto. En cuestión del concreto resultado del lavado de canalones de las ollas se realizará en una fosa de lavado.

3.7 Reparación de imperfecciones del colado

1. Posterior al colado de los elementos se realizará una inspección visual del área total colada para poder identificar posibles oquedades de los elementos por problemas a la hora del colado.
2. Si se llegase a identificar algunas imperfecciones como lo fueran oquedades, se procede con el procedimiento de reparación que consiste inicialmente en la limpieza del área, escarificado un espesor en promedio de 5 mm para un mayor agarre del reparador empleado.
3. Antes de aplicar el reparador se deberá humedecer el área y mantenerla limpia. En la mayoría de los casos se utilizó graout y mortero con una relación de cemento-arena de 1:2 y agregar agua hasta generar una consistencia homogénea, y finalmente se utiliza adechón para poder unirlo con el concreto viejo.

El proceso constructivo en general fue novedoso ya que implica la canalización de un curso de agua que anteriormente estaba a cielo abierto, mediante técnicas como lo fue el desvío del cauce usando el sistema tablestacas en un suelo tan complicado como lo es el de la Ciudad de México.

Los aspectos innovadores fue el diseño y modelado hidráulico, excavación y sostenimiento de los taludes en un principio para poder lograr el desplante del DAN sobre una zona que anteriormente pasaba el río.

1. Diseño y modelado hidráulico: Antes de iniciar la construcción, se realizó estudios hidrológicos y se emplean herramientas de modelado numérico para simular el flujo del agua y calcular las capacidades de diseño necesarias. Esto permite dimensionar adecuadamente el encajonamiento y determinar su eficacia en términos de manejo de inundaciones.
2. Excavación y sostenimiento: La construcción del encajonamiento a menudo requiere de técnicas de excavación especializadas, como excavadoras de alto rendimiento para poder extraer el material lodo y compresible para su posterior mejoramiento con geotextil y geomallas. Las excavadoras deberán tener un corte adecuado a los atules para evitar posibles fallas de ellos.
3. Tablestacado: La técnica de tablestacado en suelos blandos requirió un diseño adecuado para poder determinar la profundidad requerida de empotramiento que permitiría soportar las presiones del agua en su flujo normal como en épocas de lluvias intensas. Es importante mencionar que se tuvo un criterio fundamental en su diseño que consistía que a cierto nivel de agua provocado por las lluvias sumamente intensas se permitiera el desbordamiento del río sobre la zona de trabajo, esto para evitar que se provocará una inundación sobre las colonias aledañas y se presentará un problema mayor.

Gracias a la aplicación de estas técnicas y procesos innovadores, se logró un estructura resistente y duradera que servirá como soporte de la actual autopista Río de los Remedios con un control adecuado de los asentamientos diferenciales y regionales gracias al

mejoramiento del suelo, y todo esto se agrega al éxito de la estructura cerrada que disminuyó el foco de contaminación de la zona ya que estaba a cielo abierto anteriormente.

Como comentarios generales, se puede mencionar lo siguiente sobre el proceso constructivo:

1. Planificación y diseño: El proceso constructivo del encajonamiento requirió una planificación y diseño cuidadosos. Esto incluyó la identificación de las necesidades y objetivos del proyecto, la evaluación de las condiciones del terreno y el entorno, y la determinación de los parámetros y estándares técnicos a cumplir.
2. Excavación y construcción: El proceso de construcción implicó la excavación y el movimiento de grandes volúmenes de tierra y materiales. Donde se utilizaron maquinaria y técnicas de construcción especializadas para realizar la excavación y posterior construcción del encajonamiento.
3. Gestión de impacto ambiental: Durante el proceso constructivo, se tomaron medidas para minimizar el impacto ambiental. Esto incluyó la gestión adecuada de los residuos generados y la adopción de prácticas para proteger la biodiversidad y los ecosistemas circundantes que minimizó los efectos negativos en el ecosistema fluvial y los recursos hídricos.
4. Control de calidad y seguridad: Durante todo el proceso constructivo, se deben seguir rigurosos estándares de calidad y seguridad. Como conclusión es que la construcción del encajonamiento del río cumplió con los estándares de calidad establecidos, ya que la estructura construida es sólida y duradera que cumple con los requisitos de seguridad y funcionalidad a la cual fue proyectada.
5. Cumplimiento de los plazos: La construcción se llevó a cabo dentro de los plazos establecidos. Esto implica que las distintas etapas que intervinieron se lograron de manera oportuna y eficiente.

6. Coordinación y gestión de recursos: Se concluye que se logró una correcta y efectiva coordinación y gestión de los recursos durante el proceso constructivo, gracias a la adecuada planificación, asignación de personal, maquinarias y materiales, así como una coordinación eficiente entre los diferentes equipos de trabajo involucrados en la construcción del encajonamiento del río.

7. Seguridad en el sitio de construcción: Gracias a la correcta implementación de las medidas de seguridad con sus estándares que se mencionan con anterioridad se logró proteger a los trabajadores y garantizar un entorno de trabajo seguro.

Se observa que es un proyecto que cuenta con un proceso definido para su construcción, pero por experiencia de construcción se puede mencionar que existieron varias modificaciones o por situaciones ajenas al proyecto. Estas situaciones serán explicadas más adelante con su respectiva solución en sitio.

3.8 Recursos

Los recursos en la obra son un tema clave para poder definir si un proyecto será aprobado para su construcción o simplemente se quedará plasmado en papel para su construcción en el futuro.

Cuanto se habla de recursos de la construcción lo que se viene en mente son materiales, maquinaria y mano de obra, si bien son los factores más importantes para determinar el costo de un proyecto no lo son de todo considerados para poder dar aprobación a uno. A continuación, se describirán los recursos durante la construcción de la estructura.

Mano de obra: Se coincide que gracias al personal las obras pueden ejecutarse y realizarse de manera satisfactoria. En ello interviene el esfuerzo físico de los obreros y mental del personal técnico para poder afrontar de la mejor manera las adversidades que se llegasen a presentar durante su ejecución.

Materiales: Los materiales son de suma importancia para poder ejecutar los trabajos que se requieran, gracias al material que es suministrado por el área de procuración dentro de la empresa, los trabajos pueden ser completados.

Maquinaria y equipos: Existen actividades que la mano de obra no podría ejecutar en tiempo o simplemente no podrían ser realizados, ya que se requiere mayor fuerza para ciertas actividades como lo son las demoliciones o acarreos de material. Los equipos y materiales son otro factor que influyen en los precios de los trabajos.

Tiempo: Es un factor de suma importancia para poder determinar si el proyecto se concluye con éxito. En términos generales, el tiempo se puede definir como una medida de la sucesión de los eventos uno tras otro como sucede con las actividades particulares que se ejecutan en cada proyecto, en él va incluido de manera intrínseca el costo del proyecto. Por lo tanto, es de suma importancia el planificar y calendarización cada una de las actividades y darles el seguimiento que se requiera para poder ser concluidas con satisfacción.

Capital de trabajo: Se refiere al dinero que se necesita para financiar los gastos operativos diarios de un proyecto de construcción y que se requiere para poder financiar los costos mientras se estiman los trabajos o se obtiene un préstamo bancario, los gastos operativos son como la compra de materiales, el pago de salarios y los costos de mantenimiento. Es esencial para asegurar que el proyecto se complete a tiempo y dentro del presupuesto.

La medida del capital de trabajo en la construcción se realiza mediante el cálculo de la diferencia entre los activos corrientes (como el efectivo, las cuentas por cobrar y los inventarios) y los pasivos corrientes (como las cuentas por pagar y los préstamos a corto plazo). Esta diferencia se conoce como capital de trabajo neto y representa la cantidad de dinero disponible para financiar las operaciones diarias del proyecto.

Financiamiento: Se refiere a los recursos económicos que se necesitan para llevar a cabo un proyecto de construcción. Estos recursos pueden provenir de diferentes fuentes, como préstamos bancarios, inversores, fondos propios de la empresa constructora, entre otros.

El financiamiento es esencial para poder adquirir materiales, contratar mano de obra, pagar servicios y gastos operativos, y cumplir con los plazos de entrega del proyecto.

4 Modificaciones de proyecto

Durante la ejecución de los trabajos referentes a la prolongación de la Autopista Naucalpan – Ecatepec se tomaron decisiones importantes por la gerencia con la finalidad de reducir los tiempos de ejecución y costos iniciales de proyecto. Para poder determinar la factibilidad de alguna decisión que modificará el proyecto original se recurrió a estudios que permitieron la revisión y posibles optimizaciones de los trabajos que se estaban ejecutando.

Durante el mes de mayo, se sometieron a revisión dos decisiones cruciales que podrían cambiar el rumbo del proyecto. Estas decisiones requirieron un análisis minucioso. El objetivo original del proyecto era encajonar el tramo completo de 2 kilómetros, dado que gran parte de este tramo coincidía con el eje de la autopista. Dentro de este encajonamiento, se incluían dos lastres (uno en cada esquina) que permitían el flujo de tráfico vehicular y contrarrestaban los asentamientos elásticos y diferenciales durante y antes de la construcción. Entonces las dos decisiones que estuvieron en revisión constan en lo anterior mencionado.

1. Dejar sin encajonar los tramos que no eran coincidentes con el eje de proyecto de la prolongación de la Autopista Naucalpan – Ecatepec.
2. Eliminar los lastres y optimizarlos para reducir los costos y tiempos de ejecución de construcción.

Las decisiones se describirán con mayor detalle a continuación, pero se dará una breve introducción del antecedente vivido en ese momento.

Durante el mes de mayo de 2021 la construcción estaba en un 30% de avance físico con respecto al de proyecto, en el lado Norte del km 2+160 al km 1+620, y la otra mitad del lado Sur del km 1+100 al km 0+000 y del norte del 1+100 al km 1+000.

En el proyecto original se tenía contemplado la construcción de las ampliaciones al DAN (lastres), en las zonas donde existen salidas y entradas a la vialidad, como se muestra en la siguiente imagen.

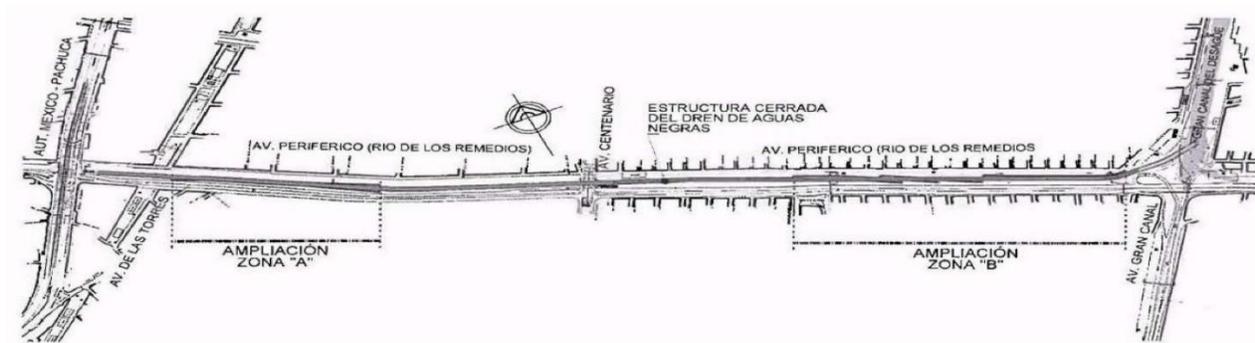


Imagen 54: Planta general del cajón del Río de los Remedios- con las ampliaciones originales.

Las ampliaciones “A” y “B” fueron propuestas principalmente por dos aspectos que son, la geometría de la Autopartista Naucalpan – Ecatepec, la topografía, geotecnia e hidráulica del cauce del Río de los Remedios. Estas ampliaciones tuvieron que ser optimizadas para poder concluir con el proyecto en tiempo y forma.

Para lograr optimizar las secciones de las ampliaciones “A” y “B” se recurrió a trabajos de campo que consistieron en la exploración y muestreo del subsuelo mediante prueba de penetración estándar, con muestreo inalterado mediante tubo Shelby de pared delgada.

Posteriormente se recurrió a pruebas de laboratorio para obtener los parámetros de diseño geotécnicos y así poder proponer un diseño estructural que permita optimizar las estructuras. Entre las pruebas de laboratorio estaban:

- Clasificación de suelos según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (norma ASTM D2488-93).
- Contenido de agua (norma ASTM D2216-92), w.
- Límites de consistencia líquido y plástico (norma ASTM D4318-95a), LL y LP.
- Compresión triaxial no confinada no drenada (UU).
- Compresión triaxial confinada no drenada (CU).
- Consolidación unidimensional.

De las pruebas de campo y laboratorio se procedió a obtener las propiedades geotécnicas de diseño para los distintos estratos del suelo, lo cual se muestra a continuación.

Unidad	Espesor	Peso volumétrico	Ángulo de fricción interna	Cohesión	Módulo de deformación elástica	Módulo de elasticidad	Módulo de compresibilidad volumétrica	Densidad relativa	Módulo de rigidez al esfuerzo cortante	Relación de Poisson
	d (m)	γ_m (t/m ³)	ϕ (°)	c (t/m ²)	M_v (m ² /t)	E (t/m ²)	M_v (m ² /t)	D_r	G (t/m ²)	ν
Rellenos	2.0	1.16	26	0	0.0500	1,113.1	0.0028	0.23	2,989	0.43
Secuencia Aluvial	18.7	1.16 - 1.28	0	3.7 - 6.4	0.0167	462.6 - 806.0	0.0144	0.19	1,175	0.45
Limos Arenosos	4.8	1.80	36	0	0.0010	12,043.0	0.0001	0.97	19,424	0.29
Arcillas Limosas	6.9	1.40	0	0.8 - 8.0	0.0069	430.9	0.0055	0.29	2,216	0.42
	3.6	1.40	0		0.0022	3172.2	0.0020	0.65	5,795	0.37
	4.7	1.86	0		0.0017	11,675.0	0.0001	0.86	16,777	0.31
	8.2	1.33	0		0.0034	4530.5	0.0003	0.55	6,452	0.37
Formación Tarango	-	1.80	38	0	0.0020	16,837.0	0.0001	1.00	17,404	0.33

Imagen 55: Parámetros de diseño geotécnico para ampliaciones de zona "A".

Unidad	Espesor	Peso volumétrico	Ángulo de fricción interna	Cohesión	Módulo de deformación volumétrica	Módulo de elasticidad	Módulo de compresibilidad volumétrica	Densidad relativa	Módulo de rigidez al esfuerzo cortante	Relación de Poisson
	d (m)	γ_m (t/m ³)	ϕ (°)	c (t/m ²)	M_v (m ² /t)	E (t/m ²)	M_v (m ² /t)	D_r	G (t/m ²)	ν
Costra superficial	2.0	1.40	25	4.00	0.0023	457	0.0070	0.45	6,206	0.39
Formación arcillosa inferior	5.0	1.40	0	4.00	0.0180	633	0.0193	0.25	341	0.50
	3.0	1.18	0	3.00	0.0114	878	0.0284	0.25	223	0.50
	7.5	1.15	0	3.50	0.0106	944	0.0229	0.25	283	0.50
	7.5	1.16	0	4.00	0.0097	1,034	0.0183	0.25	363	0.50
	4.5	1.19	0	4.30	0.0090	1,110	0.0172	0.25	388	0.50
Capa dura	2.5	1.60	31	0	0.0003	8,457	0.0001	0.78	13,154	0.33
Formación arcillosa inferior	5.0	1.22	0	4.50	0.0097	1,933	0.0104	0.25	682	0.50
	9.5	1.25	0	5.00	0.0089	1,129	0.0099	0.25	714	0.50
Depósitos profundos	-	1.80	36	0	0.0001	14,037	0.0001	1.00	23,443	0.25

Imagen 56: Parámetros de diseño geotécnico para ampliaciones de zona "B".

De los sondeos realizados se obtuvo la siguiente caracterización del suelo por donde recorre el encajonamiento.

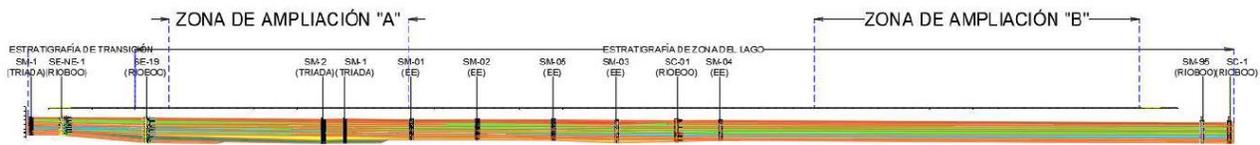


Imagen 57: Perfil estratigráfico del subtramo 4.1 Río de los Remedios.

Como se comentó anteriormente, la ampliación “B” es una zona complicada debido a que no se cuenta con suficiente información sobre estudios geotécnicos realizados por lo que se tuvo que realizar una interpolación entre los últimos sondeos más cercanos y de esa manera caracterizar el subsuelo de esa zona.

Es importante recordar que la ampliación “A” cae en transición y la ampliación “B” claramente en la zona III de lago la cual es más complicado de predecir y por ende de optimizar, esto sin tener una certeza de las propiedades y comportamiento que pueda tener el material que conforma esa zona.

El proyecto original estaba diseñado para que el Dren de aguas negras siguiera lo más posible la trayectoria de la autopista, pero se agregaron las aplicaciones (lastres) donde se encontraban las entradas y salidas de la autopista, pero también de acuerdo con el diseño original permitía prolongar la rigidez transversal de posibles asentamientos diferenciales que se llegarán a presentar en la extensión de la autopista.

La presencia de estos lastres da lugar a presentar excentricidades. Las cargas actuantes de acuerdo al diseño son la del peso propio del cajón, peso de los materiales sobre el mismo, tirante de agua de 2 m en condiciones de servicio y por la presencia del lastre que provoca la mayor excentricidad como lo muestra la siguiente imagen.

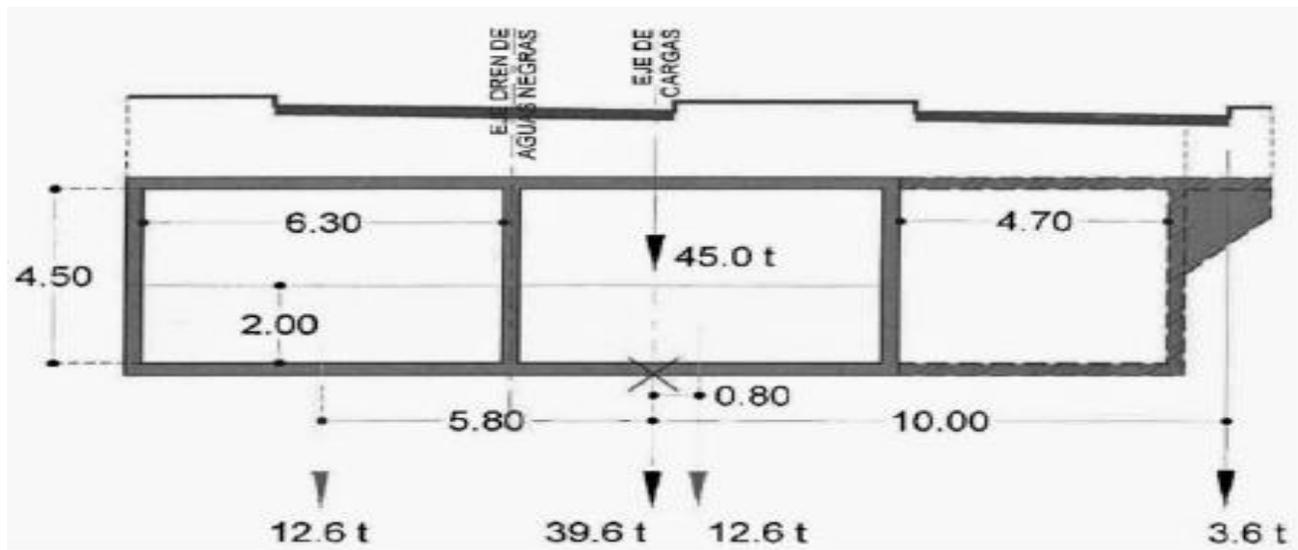


Imagen 58: Diagrama de cuerpo libre. Proyecto original el cual presenta excentricidades por la presencia de lastres.

De acuerdo a los parámetros de diseño obtenidos de las pruebas de laboratorio y campo, la estratigrafía del suelo de acuerdo a la zona geotécnica y al diagrama de cuerpo libre del proyecto inicial, se obtiene los siguientes asentamientos del cajón en condiciones de servicio en todo su trayecto.

Tabla 3: Asentamientos a largo plazo del cajón en condición de servicio.

Sección	Profundidad desplante (m)	Esfuerzo de servicio (t/m ²)	Asentamiento elástico (cm)	Asentamiento diferido (cm)	Asentamiento total (cm)
1 (0+180.00)	8.90	6.4	0.6	9.3	9.9
2 (0+480.00)	7.84	6.2	0.6	8.4	9.0
3 (0+680.00)	8.81	6.4	0.6	9.6	10.3
4 (1+760.00)	7.65	5.3	0.6	14.9	15.5
5 (1+920.00)	7.48	4.9	0.6	14.0	14.6
6 (2+140.00)	7.26	5.3	0.6	14.8	15.4
7 (2+400.00)	7.17	4.9	0.5	13.8	14.3

De lo anterior, la optimización se deberá centrar en la revisión de su estado límite de servicio, en especial de los asentamientos totales que experimentará el cajón a largo plazo. Para la optimización de la zona "A" se realizó bajo las siguientes consideraciones.

1. Los asentamientos elásticos serán de segundo orden y ocurrirán mayormente durante la construcción.

2. Los asentamientos a largo plazo que se calcularán se debe a la consolidación de los estratos arcillosos bajo los pesos del propio cajón, del agua en su interior, así como de los materiales y pavimento que se colocarán sobre el mismo
3. El asentamiento a largo plazo debido a la sobreexplotación de los mantos acuíferos, no se tomará en cuenta debido a que estos se consideraran uniformes sobre toda la trayectoria de la estructura.
4. El peso de la capa de mejoramiento de 2 m de espesor de tezontle, no se incluirá, porque se compensará con el material excavado para colocarlo.
5. Se adoptado un tirante promedio de 1.10 m para analizar el asentamiento que sufrirá el cajón a largo plazo.

Teniendo en cuenta estas consideraciones se procedió a replicar las condiciones más apegadas a la obra, con los siguientes parámetros de diseño.

- Concreto, 2.4 ton/m³
- Agua, 1.0 ton/m³
- Carpeta asfáltica, 2.2 ton/m³
- Base del pavimento, 1.9 ton/m³
- Sub-base del pavimento, 1.5 ton/m³
- Relleno lateral del cajón, 1.45 ton/m³

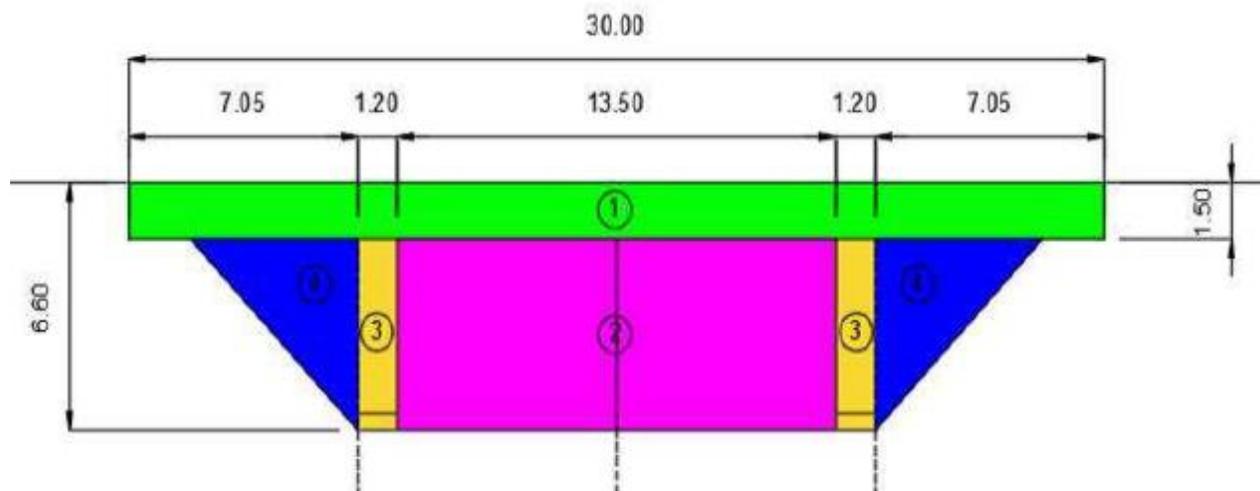


Imagen 59: Sección típica de las cargas que sufre el dren de aguas negras.

A partir de los incrementos de esfuerzos y pruebas de compresibilidad del laboratorio se calcularon asentamientos por consolidación a largo plazo, por lo que su asentamiento teórico sería relativamente uniforme de unos 42 cm, y el asentamiento diferencial entre su orilla y un punto situado a 2 m fuera de ella de 8 cm, aproximadamente.

El asentamiento es mayor a 30 cm, más a lo que permite las normas NTCDCC-RCDF, pero las mismas lo admiten siempre y cuando se justifique su buen funcionamiento y en construcciones aisladas.

Por lo que se concluye que el proyecto original el cual contenía los lastres, permitía una mejor distribución de los esfuerzos y por ende un mayor control de los asentamientos, pero esto repercutía en un costo inicial y tiempos de ejecución mayores, por lo que se tomó la opción de las secciones optimizadas que consistente en prolongar extensiones o “espolones” de la losa de fondo del cajón, que sobresalgan 1.2 m por fuera de éste a ambos lados, permitiendo un mejor control de los asentamientos diferenciales entre los muros del cajón y el relleno de material.

A continuación, se presenta un resumen de las comparativas de las ampliaciones “A”, las cuales fueron optimizadas para poder reducir tiempos y costos de ejecución.

OPTIMIZACIÓN DE AMPLIACIONES - AUTOPISTA NAUCALPAN - ECATEPEC 4.1			
CADENAMIENTO	LONGITUD	ORIGINAL	OPTIMIZADO
AMPLIACIÓN "A" 0+181.301 al 0+247.675	66.37 m		
AMPLIACIÓN "A" 0+000.000 al 0+181.301 AMPLIACIÓN "A" 0+247.675 al 0+290.000	223.63 m		
AMPLIACIÓN "A" 0+290.000 al 0+554.524	264.52 m		
AMPLIACIÓN "A" 0+554.524 al 0+685.982	131.46 m		
AMPLIACIÓN "A" 0+685.982 al 0+741.00	55.02 m		
TOTAL LONGITUD	741.00 m	Secciones proyecto	Secciones optimizadas

Imagen 60: Comparativa de las secciones optimizadas.

Las secciones optimizadas presentarán pequeños desniveles por lo que es importante contrarrestar esta situación con mejoras en los sistemas de construcción en los pavimentos como se explica a continuación.

4.1 Pavimentos

Al proyecto se le asignó un Tránsito Diario Promedio Anual Inicial (TDPAI) de 14,050 vehículos en dos direcciones, con una tasa de crecimiento de 2% o menor, según el tipo de vehículos.

A partir de esa información, se aplicó el método del Instituto de Ingeniería de la UNAM DISPAV 5.3, para calcular una estructura de 13 cm de carpeta de asfáltica, 20 cm de base hidráulica, 20 cm de sub-base hidráulica y subrasante ligera de 60 cm, concediendo al terreno de apoyo un CBR del 4 % y parámetros de resistencia de las capas que se apegan a los valores mínimos de las especificaciones de la SCT.

Para el refuerzo del pavimento de la autopista se propone la solución que se ilustra en las Imágenes 20 y 21, a base de geomallas formadas por geoceldas del sistema PRS-Neoloy patentado, o similar.

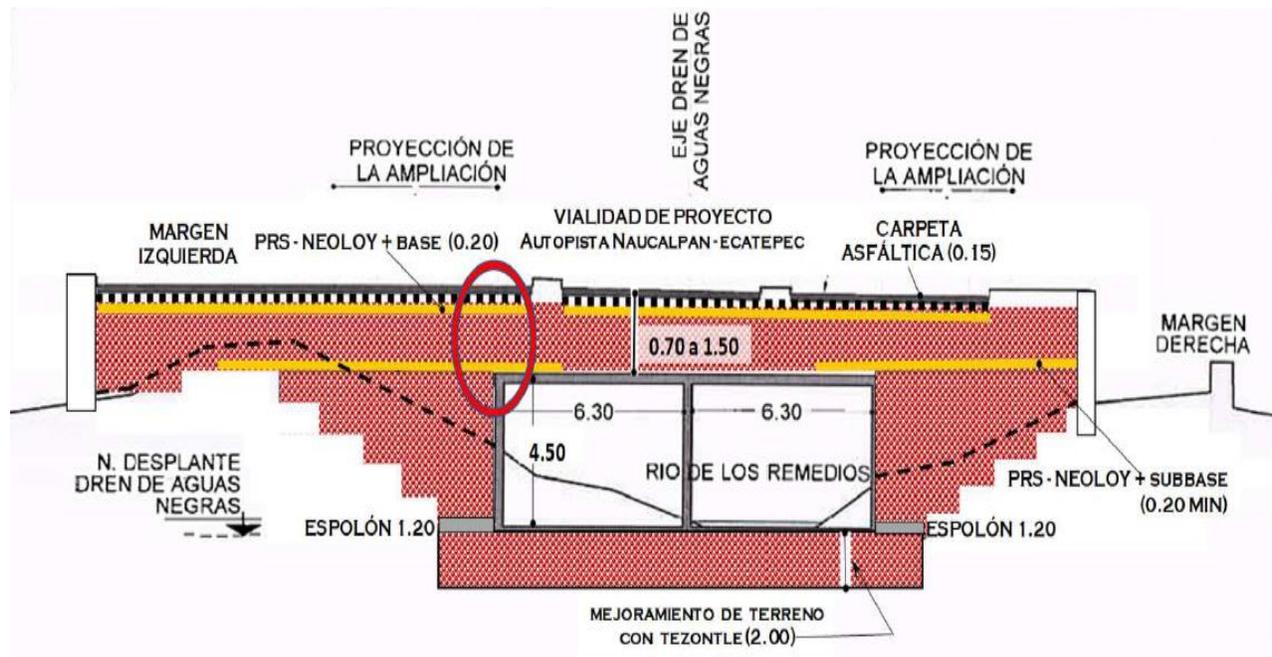


Imagen 61: Sección transversal típica de pavimentos.

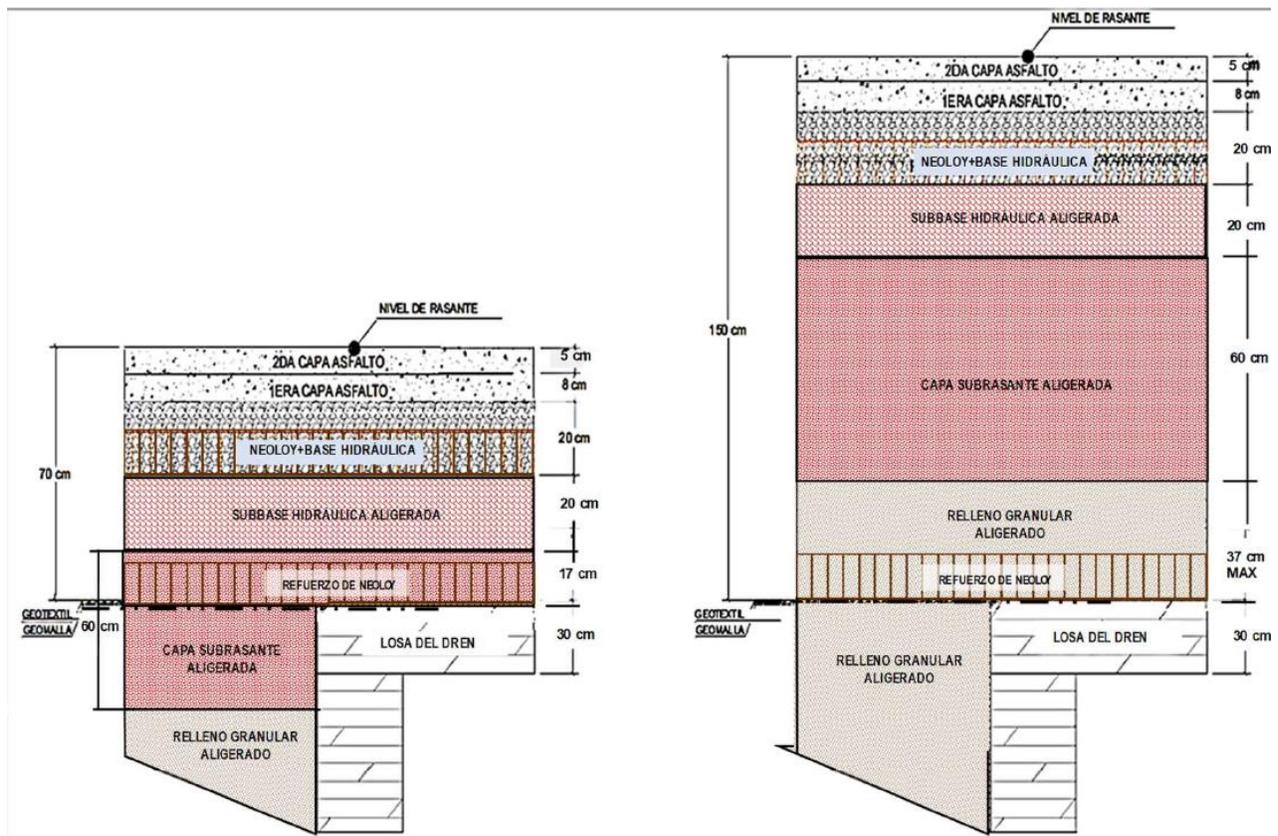


Imagen 62: Detalle del ovalo rojo.

5 Control financiero

El control de proyectos en la construcción es el proceso de planificación, administración, monitoreo y mitigación de cualquier riesgo o evento que pueda afectar el costo y el cronograma de un proyecto. Los controles del proyecto abarcan los procesos, la experiencia, las habilidades de las personas y las herramientas utilizadas para planificar, administrar y monitorear.

En resumen, el control de proyectos en la construcción es una herramienta importante para garantizar que los proyectos se realicen en tiempo y dentro del presupuesto.

Dentro de la empresa existen varios departamentos con funciones específicas para poder darle un correcto seguimiento del proyecto, como lo es el área de estimaciones, control documental, contratos, de precios, sistemas, etc, todas estas áreas trabajan en conjunto para darle la mayor fluidez a los requerimientos de la obra.

Dentro de este control se recurrió a la utilización del sistema SAP que permite una mejor colaboración y comunicación entre los departamentos de la organización. Además, el sistema SAP excluye las operaciones repetitivas, lo que significa que no necesita ingresar datos manualmente.

Esta herramienta se utiliza para distribuir recursos y fondos donde sea necesario, así como controlar cada etapa del proyecto para asegurarse de que se entregue a tiempo y dentro del presupuesto.

Objeto	Total de años					
	Presup.	Real	Compromet.	PlanResOrd	Asignado	Disponible
PRO C/21006 Autopista Remedios -	0	2,253,936,204	198,402,663	846,977,213	3,299,316,080	3,299,316,080-
PEP C/21006 Autopista Remedios -	0	2,253,936,204	198,402,663	846,977,213	3,299,316,080	3,299,316,080-
PEP C/21006-01 COSTO DIRECTO	0	1,789,131,809	154,713,604	715,927,597	2,659,773,010	2,659,773,010-
PEP C/21006-01.01 TRAMO 4.1	0	1,789,131,809	154,713,604	715,927,597	2,659,773,010	2,659,773,010-
PEP C/21006-01.01.01 VIALIDADES	0	1,789,131,809	154,713,604	715,927,597	2,659,773,010	2,659,773,010-
PEP C/21006-01.01.01.01 DREN AGUAS NEGRAS	0	563,332,655	40,133,309	141,524,530	744,990,493	744,990,493-
PEP C/21006-01.01.01.01.01 ACONDICIONAMIENTO SI	0	0	0	0	0	0
PEP C/21006-01.01.01.01.02 MEDIO AMBIENTE	0	1,692,367	1,080,645	1,724,641	4,497,653	4,497,653-
PEP C/21006-01.01.01.01.03 PRELIMINARES	0	0	0	0	0	0
PEP C/21006-01.01.01.01.04 HINCADO DE TABLA EST	0	64,340,805	333,732	12,642,976	77,317,512	77,317,512-
PEP C/21006-01.01.01.01.05 EXCAVACIONES	0	85,295,880	2,464,840	47,269,156	135,029,876	135,029,876-
PEP C/21006-01.01.01.01.06 RELLENOS	0	53,564,731	2,713,357	12,124,544	68,402,633	68,402,633-
PEP C/21006-01.01.01.01.07 OBRA CIVIL	0	356,598,768	33,277,240	67,264,289	457,140,297	457,140,297-
OGF C/21006_007 0001 ACERO DE REFUERZO	0	201,425,000	0	0	201,425,000	201,425,000-
OGF C/21006_007 0002 CIMBRA MODULAR	0	58,143,556	12,296,276	0	70,439,832	70,439,832-
OGF C/21006_007 0003 CONCRETO HIDRAULICO	0	73,643,142	3,521,988	0	77,165,130	77,165,130-
OGF C/21006_007 0413 Traspaso Almacén	0	36,412,194	0	0	36,412,194	36,412,194-
PEP C/21006-01.01.01.01.08 ALERTA TEMPRANA	0	1,105,573	254,624	195,009	1,555,205	1,555,205-

Imagen 63: Plataforma SAP para asignación de recursos a los distintos frentes.

Es importante el conocer dentro de la empresa el potencial y usos para el proyecto, ya que esta manera se facilitan las solicitudes de los distintos frentes. La herramienta te permite realizar diferentes actividades como lo son las siguientes:

5.1 Solicitudes de materiales

Dentro del software existen distintas pestañas, y una de ellas consiste en las solicitudes de materiales las cuales se le asignan un presupuesto para poder ser compradas por el departamento de procuración.

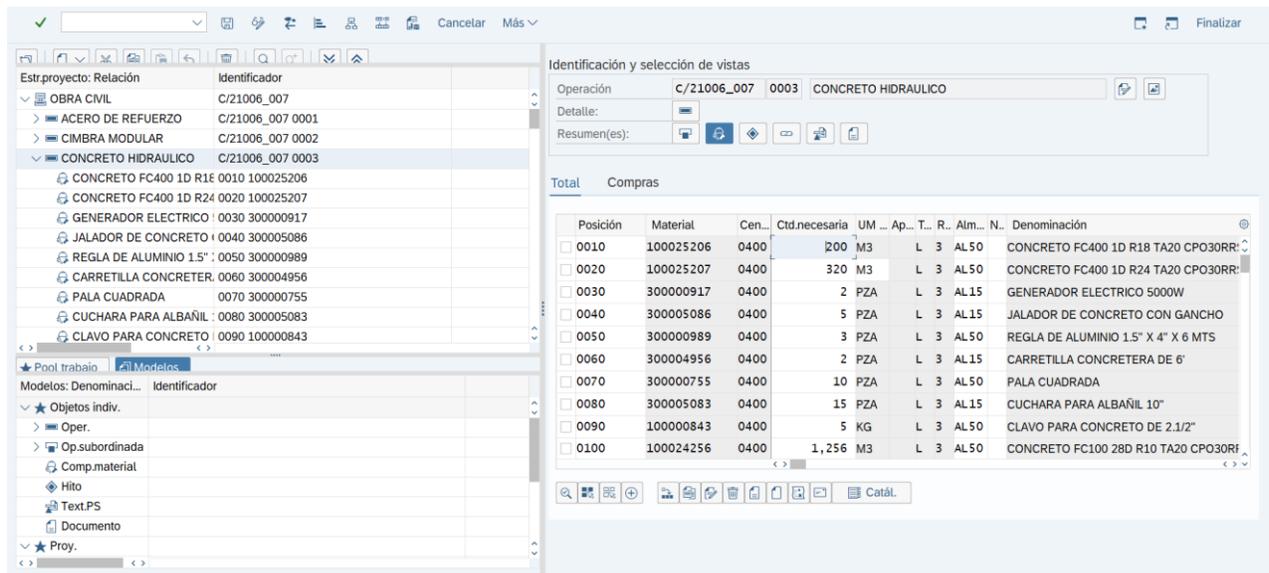


Imagen 64: Interfaz de SAP para solicitud de materiales.

Dentro de la interfaz de manera resumida (para no abarcar gran espacio en el presente documento) el usuario ingresa el código de proyecto, posteriormente el código de la actividad y dentro de la interfaz (imagen anterior) se ingresa en la sub – operación para posteriormente ingresar ID del material para comenzar con el proceso de solicitud.

Es importante recordar que para proceder con la solicitud se deberá verificar la cantidad de dinero disponible o en su caso solicitar suministro financiero a esta actividad para poder general la solicitud de pedido (solped) para que el área de procuración comience con la cotización de los materiales y el suministro del mismos.

5.2 Subcontratos

De igual manera se pueden cargar subcontrato (que son cargadas con descripción en específico, PU, volúmenes y tiempos de ejecución) dentro de la interfaz anterior. Posteriormente el área de subcontratos será el encargado generar el número de contrato a la empresa asignada para su ejecución (antes de esto el área de construcción convoca a las distintas subcontratistas para la asignación a la mejor oferta técnica y financiera) dentro de la obra.

Es importante mencionar que es más laborioso el proceso en comparación a lo que se menciona, pero en palabras resumidas es el proceso que se sigue internamente.

Una vez asignada la subcontratista y definido el lugar de las actividades para dar inicio al proyecto, es de vital importancia como encargado de obra realizar un seguimiento adecuado de los trabajos ejecutados y garantizar su calidad. Esto permitirá que los trabajos sean estimados y facturados correctamente por el área de contabilidad encargada de los pagos y cobros correspondientes.

5.3 Contabilidad

Otra área dentro de la cual fue importante interactuar en el sistema, es el área de contabilidad donde existe una pestaña de entrada de servicios para que se pueda realizar el pago de servicios que se requieran dentro de la obra como lo fueron en su momento durante la construcción del encajonamiento (facturas de bombeo de concreto, servicios de cimbras especiales, colocación de malla en derecho de vía, guarniciones, iluminación, etc). En esta pestaña se deberá generar la Hoja de entrada de servicio (HES) para poder soportar las facturas con contabilidad y poder realizar los procesos de pagos.

The screenshot displays the SAP 'Hoja de entrada de servicios' (HES) form. On the left, a list of services is shown under the heading 'Pedidos/Hojas de entrada'. The selected service is 'SERVICIO DE BOMBEO DE CONCRETO' (Line 10), with a quantity of 29 and a net value of 8,874.00 MXN. The right side of the form provides detailed information for this service, including the document number (1000322740), item number (20), and various dates and prices. The 'Tipo imputación' is set to 'Grafo', and the 'Número externo' is 'HMOFAC 1808949'. The 'Lugar serv.' is 'RIO DE LOS REMEDIOS', and the 'Período' is '06.03.2023 - 06.03.2023'. The 'Ref.precio' is '01.04.2023', and the 'Encarg.int.' is 'HERNANDEZO.'. The 'Encarg.ext.' is 'HOLCIM'.

Línea	L. N. N° servicio	Cantidad	Precio bruto	Txt.br.	UM	Mon.	Valor neto
10	1006976	29	306.00	SERVICIO DE BOMBEO DE	M3	MXN	8,874.00
20		0.000	0.00			MXN	0.00
30		0.000	0.00			MXN	0.00
40		0.000	0.00			MXN	0.00
50		0.000	0.00			MXN	0.00
60		0.000	0.00			MXN	0.00
70		0.000	0.00			MXN	0.00
80		0.000	0.00			MXN	0.00

Imagen 65: Entrada de servicios en SAP.

En general el sistema que se implementa dentro de la empresa es de gran beneficio para poder acelerar los procesos de manera más automatizada y poder verificar el estado de salud económica del proyecto en la que se encontraba en sus distintas etapas de construcción.

Los datos que se pueden obtener dentro del sistema son de suma importancia para la gerencia y de esa manera tomar las decisiones más asertivas a las que se encontraba el proyecto en su proceso constructivo. Algunos reportes que eran entregados en gerencia, consistían en los flujos de efectivos diarios para poder revisar el desarrollo de los gastos y en qué aspectos impactaba con mayor fuerza.

Cómo se mencionó en los anteriores capítulos un documento que se realizaba y revisaba constantemente consistía en la realización de PROFORMAS de las distintas actividades que se estaba desarrollando en los distintos frentes de trabajo, esto para conocer los costos, tiempos, avances, financiamiento, etc en que se deberían ejecutar las actividades.

El PROFORMA sigue siendo un parámetro económico-financiero de la empresa, que nos sirve para poder asignar los recursos económicos en el tiempo que se PROFORMAN los proyectos. Esto le permite a la dirección poder tener buena distribución del capital disponible a las distintas obras, programas de capacitación, sociales, fondos de inversión, etc., de los gastos que se planeaban realizar y de esa manera tener un correcto flujo. Lo anterior describe de manera general el funcionamiento del uso del PROFORMA para la dirección.

De igual manera tomando como base la definición de PROFORMA (Valorización de los recursos a través del tiempo), nos sirve para asignar los recursos como mano de obra, materiales, maquinaria y subcontratos en los tiempos que se consideran en el PROFORMA.

Esto nos sirve para que la gerencia evalúe los avances de los distintos frentes y poder comparar entre los costos directos que realiza la empresa contra los que se van a cobrar. Estas revisiones se realizan de manera trimestral entre gerencia y las distintas superintendencias de los frentes.

Otro punto que se realiza dentro del control de proyectos durante la construcción del encajonamiento consistía en el control de volúmenes mediante seguimiento semanal de los trabajos ejecutados. Para esto como encargados de obra se nos asignaba el realizar cuantificaciones y programas de ejecución de obra para que el encargado de control de proyectos lo programe y le de presentación y seguimientos a los trabajos de acuerdo a los valores que construcción haya enviado.

A continuación, se presenta una imagen de manera general del seguimiento de los distintos frentes de trabajo, donde se puede observar desglosada cada actividad de trabajo para tener más detalles sobre la ruta crítica, de igual manera se encuentran volúmenes, tiempo, avances, etc. que son de suma importancia para el control de proyectos y la gerencia.

Trabajo	Semana de Corte					11-mar																												
	Inicio	Fin	Cantidad	Unidad	%	Enero																												
						01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Macro Libramiento Tramo 4.1	01/01/2023	31/05/2023	1.00	lote	44%	42%																												
Puente San Juan Ixhuatepec	02/03/2023	15/05/2023	1.00	lote	42%	5%																												
Preliminares	02/03/2023	14/04/2023	1.00	lote	75%	9%																												
Limpieza y despalme	02/03/2023	14/04/2023	40.00	m2	100%	9%																												
Aproche Ext	02/03/2023	14/04/2023	441.00	m3	50%	0%																												
Colón del OAN	10/03/2023	17/04/2023	30.00	m	55%	0%																												
Excavación	10/03/2023	26/03/2023	1,600.00	m3	99%	0%																												
Cimbra Modular	26/03/2023	13/04/2023	1,131.34	m2	44%	0%																												
Acero	19/03/2023	08/04/2023	65,280.97	kg	46%	0%																												
Concreto	31/03/2023	15/04/2023	422.81	m3	27%	0%																												
Conformación de Vialidad	15/04/2023	12/05/2023	60.00	m	0%	0%																												
Subrasantes	15/04/2023	29/04/2023	9,389.00	m3	0%	0%																												
Bases	21/04/2023	03/05/2023	327.60	m3	0%	0%																												
Obras de Drenaje	23/04/2023	05/05/2023	53.56	m	0%	0%																												
Riego Impregnación	05/05/2023	12/05/2023	509.60	m3	0%	0%																												
Riego de liga	05/05/2023	12/05/2023	873.60	m3	0%	0%																												
Carpetas Asfálticas	05/05/2023	12/05/2023	56.00	m3	0%	0%																												
Vialidad	28/04/2023	15/05/2023	25.00	m	0%	0%																												
Guarniciones y Banquetas	28/04/2023	08/05/2023	78.00	m	0%	0%																												
Banquetas	30/04/2023	08/05/2023	50.00	m ²	0%	0%																												
Parapeta Metálica	05/05/2023	10/05/2023	76.50	pza	0%	0%																												
Señalización Horizontal y Vertical	12/05/2023	15/05/2023	1.00	lote	0%	0%																												
Iluminación	12/05/2023	15/05/2023	6.00	pza	0%	0%																												
Señalización Vertical	08/05/2023	11/05/2023	1.00	lote	0%	0%																												
Parques	01/01/2023	01/04/2023	47,846.11	m2	65%	0%																												
Hermillo Mena	01/01/2023	02/03/2023	2,751.78	m2	62%	0%																												
11 de Noviembre	01/01/2023	31/01/2023	930.00	m2	99%	100%																												
La Laguna	01/01/2023	02/03/2023	6,460.28	m2	62%	100%																												
Centenario Relleno	01/01/2023	15/02/2023	9,323.00	m2	51%	100%																												
Centenario	15/02/2023	01/04/2023	10,393.99	m2	21%	-1%																												
Camellón Insurgentes- Gran Canal	01/01/2023	02/03/2023	17,987.06	m2	99%	100%																												
Túnel Pista Centenario	01/01/2023	20/02/2023	1.00	lote	88%	100%																												
Terrazas	05/01/2023	08/02/2023	5,013.00	m3	100%	100%																												
Excavación	05/01/2023	08/02/2023	1,250.00	m3	100%	100%																												
Demolición	08/01/2023	13/02/2023	100.00	m3	100%	100%																												
Estructura	13/01/2023	14/02/2023	1.00	lote	75%	100%																												
Plantilla F<=100 kg/cm2	13/01/2023	14/02/2023	461.47	m2	73%	100%																												
Apuntalamiento	23/01/2023	12/02/2023	192.75	m	90%	100%																												
Acero de Refuerzo	14/01/2023	18/02/2023	58,814.02	kg	74%	100%																												
Cimbra Modular	16/01/2023	19/02/2023	1,131.34	m2	70%	100%																												
Colocación de Concreto F<=400 Kg/cm2	17/01/2023	20/02/2023	379.59	m3	73%	100%																												
Carpeta de concreto Hidráulico ST 090	03/04/2023	03/04/2023	117.60	m3	100%	100%																												
Carpeta de concreto Hidráulico ST 090 Oriente	03/04/2023	03/04/2023	78.40	m3	0%	0%																												
Rellenos y Adecuaciones	17/02/2023	20/02/2023	1.00	lote	9%	100%																												
Rellenos ST 090	17/02/2023	20/02/2023	125.00	m3	38%	100%																												
Riego Impregnación ST 090	17/02/2023	20/02/2023	1,060.15	lt	0%	100%																												
Riego liga ST 090	17/02/2023	20/02/2023	1,817.40	lt	0%	100%																												
Carpeta Asfáltica ST 090	17/02/2023	20/02/2023	116.50	m3	0%	100%																												
Señalización	17/02/2023	21/02/2023	1.00	lote	0%	100%																												
Muros de Contención canal abierto ST05	16/02/2023	06/04/2023	1.00	lote	94%	100%																												
Plantilla de concreto	16/02/2023	23/03/2023	521.25	m2	99%	50%																												
Colado de acero de refuerzo	16/02/2023	23/03/2023	25,250.77	kg	99%	50%																												
Colocación de cimbra	16/02/2023	23/03/2023	1,918.20	m2	99%	50%																												
Colado de concretos	16/02/2023	23/03/2023	279.39	m3	99%	50%																												
Malla Cíclica	09/03/2023	06/04/2023	3,260.00	m	67%	0%																												
Luminarias Retorno Elevado	01/01/2023	31/01/2023	34.00	pza	0%	100%																												
Luminarias sobre Retorno Elevado	01/01/2023	31/01/2023	16.00	pza	0%	100%																												
Luminarias bajo Retorno Elevado	01/01/2023	31/01/2023	18.00	pza	0%	100%																												
Muros de Contención definitivo ST070	02/03/2023	08/03/2023	105.00	m	0%	17%																												
Excavación	02/03/2023	05/03/2023	5,096.00	m3	0%	100%																												
Relleno de muro	04/03/2023	06/03/2023	327.60	m3	0%	67%																												
Adecuaciones Viales ST070	01/04/2023	31/05/2023	2.00	lote	0%	0%																												
Nororiente	01/04/2023	01/05/2023	1.00	lote	0%	0%																												
Trazo y nivelación	01/04/2023	04/04/2023	60.00	m	0%	0%																												
Demoliciones	02/04/2023	16/04/2023	60.00	m	0%	0%																												
Conformación	04/04/2023	18/04/2023	72.00	m3	0%	0%																												
Bases	14/04/2023	22/04/2023	126.00	m3	0%	0%																												
Guarniciones y Banquetas	22/04/2023	27/04/2023	60.00	m3	0%	0%																												
Carpeta Asfáltica	27/04/2023	29/04/2023	43.20	m3	0%	0%																												
Señalamiento Horizontal	29/04/2023	01/05/2023	1.00	lote	0%	0%																												
Suroriente	01/05/2023	31/05/2023	1.00	lote	0%	0%																												
Trazo y nivelación	01/05/2023	04/05/2023	70.00	m	0%	0%																												
Demoliciones	02/05/2023	16/05/2023	70.00	m	0%	0%																												
Conformación	04/05/2023	18/05/2023	84.00	m3	0%	0%																												
Bases	14/05/2023	22/05/2023	147.00	m3	0%	0%																												
Guarniciones y Banquetas	22/05/2023	27/05/2023	70.00	m3	0%	0%																												
Carpeta Asfáltica	27/05/2023	29/05/2023	50.40	m3	0%	0%																												
Señalamiento Horizontal	29/05/2023	30/05/2023	1.00	lote	0%	0%																												
Oficinas de Caseta ST100	01/04/2023	26/04/2023	1.00	lote	0%	0%																												
Estructura	01/04/2023	26/04/2023	1.00	lote	0%	0%																												
Reubicación de Líneas de Alta Tensión	01/01/2023	31/05/2023	1.00	lote	37%	42%																												
Gestión CFE	01/01/2023	01/04/2023	1.00	lote	67%	70%																												
Reubicación de Líneas Eléctricas	01/04/2023	11/05/2023	1.00	lote	0%	0%																												
Reubicación de Líneas telecomunicación	01/05/2023	31/05/2023	1.00	lote	0%	0%																												
Reubicación de muros ST100 (sentados)	08/03/2023	06/04/2023	1.00	lote	60%	0%																												
Colocación de acero de refuerzo	08/03/2023	15/03/2023	649.80	kg	100%	0%																												
Colocación de cimbra	11/03/2023	18/03/2023	91.50	m2	100%	0%																												
Colado de concretos	14/03/2023	21/03/2023	11.10	m3	100%	0%																												
Malla Cíclica 6.30 m	21/03/2023	28/03/2023	6.30	m	0%	0%																												
Malla Cíclica 9.30 m	28/03/2023	04/04/2023	9.30	m	0%	0%																												
Registros Instalación Pluvial ST090	01/01/2023	27/01/2023	1.00	lote	100%	100%																												
Excavación	01/01/2023	20/01/2023	30.72	m3	100%	100%																												
Colocación de Tubería	17/01/2023	24/01/2023	30.00	m	100%	100%																												
Rellenos	23/01/2023	27/01/2023	24.58	m3	100%	100%																												
Puentes Peatonal Permanentes Insurgentes ST070	22/04/2023	22/05/2023	1.00	lote	50%	0%																												
Velaria Parque La Laguna	01/03/2023	31/03/2023	1.00	lote	0%	16%																												
Velaria Parque La Laguna	01/03/2023	31/03/2023	1.00	lote	0%	-6%																												
Equipamiento y Operación	01/01/2023	31/05/2023	1.00	lote	42%	42%																												
Caseta Gas D	01/01/2023	01/04/2023	1.00	lote	85%	70%																												
Equipamiento y Operación	29/04/2023	29/05/2023	1.00	lote	0%	0%																												
ITS	01/04/2023	31/05/2023	1.00	lote	0%	0%																												

Imagen 66: Avance de volúmenes por ejecutar - Macrolibramiento Mexiquense subtramo 4.1.

Cómo se puede observar, el control de proyectos en la empresa fue de suma importancia para la toma de decisiones dentro de la gerencia y tener el mejor rendimiento en costos dentro del proyecto, y esta actividad se retroalimenta con los datos que van compartiendo los encargados de los frentes con sus actividades, avances en volúmenes y tiempos de ejecución.

6 Tiempos de ejecución

En la construcción, el tiempo se refiere al período que se necesita para completar un proyecto de construcción. Esto incluye la planificación, el diseño, la adquisición de materiales, la construcción y la finalización del proyecto. Es importante tener en cuenta el tiempo en la construcción ya que cualquier retraso puede tener un impacto significativo en los costos y en la satisfacción del cliente. Por lo tanto, es esencial establecer un cronograma realista y asegurarse de que se cumpla para garantizar el éxito del proyecto.

Cómo se pudo ver en los capítulos anteriores “Modificaciones de proyecto” la optimización del proyecto tuvo tres fundamentos principales los cuales fueron, la seguridad vial, ahorros en los costos del proyecto para tener un mejor rendimiento y finalmente en los tiempos de ejecución en que debería entregarse el proyecto.

Por lo que en este apartado se hablara exclusivamente sobre los tiempos de ejecución de dicha optimización en las secciones y como el tema político de entrega fue un factor clave para despertar la necesidad de mejorar en todos aspectos.

El tiempo de ejecución del proyecto de manera integral (incluye, pasos vehiculares de insurgentes, Centenario, obras inducidas, retorno elevado, encajonamiento y la terracerías y pavimentos de la vialidad, es importante que para poder lograr darle cuerpo a la autopista fue necesario primero terminar el cajón hidráulico) se tenía contemplado para un período de 730 días naturales y se ejecutó 915 días naturales, esto por diversos factores externos y por decisiones de dirección como lo fue en apoyo a otros proyectos, uno de ellos fue el “Acceso libre a Tonanitla” de 14.1 km de autopista y “obra de emergencia del derrumbe del cerro del chiquihuite”, por lo que esto provocó atrasos al proyecto.

Es importante mencionar que para poder concluir el proyecto lo más cercano a los tiempos de ejecución se empleó la regla 80/20, también conocida como la Ley o el Principio de Pareto, encuentra que 80% de los efectos provienen del 20% de las causas de cualquier situación dada.

Esto se aplicó en el proyecto ya que las decisiones de la gerencia consistían en detectar los procesos donde se debería concentrar el esfuerzo y el suministro de dinero para conseguir los mejores resultados en cuestiones de tiempo, calidad, costos y detectar las ineficiencias y asegurarse que se eliminen.

Se siguió la siguiente serie de pasos para poder aplicarla lo mejor posible al proyecto.

1. Identificar las tareas del 80/20: hacer una lista con todas las tareas que se realizan a diario en el proyecto.
2. Cuestionarse: cuestionarse si éste beneficiará o perjudicará el 80% de las actividades.
3. Focalizar el esfuerzo: detectar aquellos procesos donde se debe focalizar el esfuerzo para conseguir mejores resultados.
4. Detectar ineficiencias: detectar las ineficiencias y asegurarse que se eliminan.

Cómo se puede observar esto es muy efectivo para poder ahorrar tiempo en la toma de decisiones y una mejor distribución de los recursos tanto económicos, mano de obra y materiales, pero esto va muy enfocado en maximizar las ganancias de la empresa en cuestión de distribución de recursos, pero que sucede si llegará existir una actividad la cual no tiene gran impacto económico en la obra, pero si en el tiempo de ejecución. Esto fue lo que se previno durante la ejecución de los trabajos, un ejemplo claro fue la obra inducida para las líneas de PEMEX principalmente, donde los costos a comparado con otras actividades no son tan impactantes pero si en cuestión de tiempo ya que por no tramitar los permisos con anticipación para reubicación o protección u otra cosa que se requiera puede tener un retraso importante en los tiempos de entrega del proyecto de manera general.

Entonces, un análisis 80/20 resulta insuficiente para lograr un control óptimo de la obra y maximizar las ganancias debido al empleo de la mano de obra o maquinaria inactiva. Por lo tanto, es crucial incluir un análisis más detallado del tiempo, que nos permita identificar con precisión aquellas actividades que pudieron generar un retraso significativo.

El análisis de tiempo en la construcción es un proceso clave para la planificación y ejecución efectiva de proyectos. Permite estimar el tiempo requerido para completar un proyecto y hacer ajustes si se llegaran a requerir.

El análisis de tiempo también es útil para determinar cuándo se necesitarán recursos, como mano de obra, materiales y equipo, para llevar a cabo una tarea específica y de qué manera estas necesidades pueden afectar el cronograma general del proyecto.

Una herramienta común utilizada en el análisis de tiempo en la construcción es el diagrama de Gantt, que desglosa las tareas y sub-tareas en un proyecto mostrando la duración y la secuencia en la que deben ser completadas. Las tareas críticas también se identifican en un diagrama de Gantt las cuales se les deberá tomar importancia para no afectar el avance del proyecto.

El análisis de tiempo también puede ser útil para determinar los costos del proyecto como lo pueden ser mano de obra, materiales, maquinaria, subcontratos, etc., también la estimación precisa de los plazos de entrega y la identificación de retrasos potenciales permiten.

En resumen, el análisis de tiempo en la construcción es una herramienta valiosa que permite planificar, ejecutar y administrar proyectos eficientemente para cumplir las entregas y costos del cliente y empresa.

Para poder realizar un análisis de tiempo de manera correcta, existe una serie de pasos definidos a seguir para poder determinar las mejores decisiones dentro del proyecto. Esta serie de pasos es la que se aplicó en el proyecto y describe a continuación.

1. Definir el alcance del proyecto: es necesario aclarar los objetivos, los requisitos y los resultados esperados del proyecto.
2. Identificar las actividades y tareas del proyecto: se deben identificar todas las actividades y tareas necesarias para alcanzar los objetivos del proyecto. Estas deberán ser lo más detalladas posibles.
3. Cronología de las actividades: se debe establecer la secuencia correcta en la que las actividades deben ser realizadas para cumplir los plazos y objetivos del proyecto, por lo que se deberá estimar el tiempo que se necesita para completar cada actividad o tarea.
4. Recursos: Se debe asegurar que los recursos como mano de obra, materiales y equipo, a cada actividad o tarea y estén disponibles durante el tiempo necesario para cumplir con los plazos del proyecto.
5. Diagrama de Gantt: se debe crear un diagrama de Gantt, para visualizar el progreso del proyecto y los plazos críticos.
6. Evaluación de plazos críticos: se deben identificar los plazos críticos del proyecto y desarrollar un plan de contingencia para minimizar los retrasos potenciales.
7. Monitoreo, revisión y ajuste del plan: el plan de tiempo debe ser revisado periódicamente y se deben realizar ajustes si es necesario para cumplir los plazos y objetivos del proyecto.

En resumen, el análisis de tiempo en la construcción es un proceso complejo que requiere la coordinación de múltiples factores, áreas o disciplinas para garantizar que un proyecto se complete dentro de los plazos y objetivos deseados como lo fue el caso de la autopista Macrolibramiento Mexiquense subtramo 4.1.

En realidad, la obra se entregó dentro del plazo lo más apegado posible al contrato, esto ya que influyeron otros factores y toma de decisiones por direcciones que modificaron los tiempos de ejecución. Pero podemos resumir que las decisiones que tomo gerencia tanto en tiempos como costos fue las correctas.

Tomando en cuenta la optimización de los lastres en las secciones "A" y "B", así como los cambios en las dimensiones y estructura de los apoyos del paso vehicular Centenario (inicialmente planeado como travesaños de concreto, pero modificado a estructura metálica), se logró obtener beneficios significativos. Además, se realizó una reducción en la longitud de las gasas de insurgentes, lo que resultó en ahorros tanto en tiempo como en trámites con la CFE. Estos ajustes permitieron a la empresa mejorar su rendimiento financiero, aumentando la ganancia proyectada de un 12.1% a un 18%, lo que representa prácticamente una optimización de costos del 50%.

7 Aseguramiento, calidad, seguridad y medio ambiente (ASCMA)

ASCMA en la construcción (Aseguramiento, Calidad, Seguridad y Medio Ambiente) se refiere a un enfoque integral para gestionar aspectos relacionados con la calidad, la seguridad laboral y el impacto ambiental en los proyectos de construcción.

1. Aseguramiento: Se refiere a garantizar la calidad en la construcción. Este proceso implica establecer estándares, realizar inspecciones, llevar a cabo pruebas y asegurar el cumplimiento de los requisitos normativos.
2. Calidad: Se centra en asegurar que la construcción cumple con los estándares establecidos normativos, de proyecto y las expectativas del cliente. Esto incluye la planificación y ejecución de actividades de control de calidad y auditorías.
3. Seguridad: La seguridad laboral es un aspecto crucial en la industria de la construcción. El enfoque de seguridad se centra en la prevención de accidentes y lesiones en el lugar de trabajo. Esto implica la identificación y mitigación de riesgos, la implementación de medidas de seguridad y la capacitación del personal.

4. Medio Ambiente: La gestión ambiental en la construcción se ocupa de minimizar el impacto negativo en el entorno natural durante todo el proyecto de construcción. Esto incluye la evaluación de los impactos ambientales, la adopción de prácticas sostenibles, la gestión adecuada de los residuos y la promoción de la conservación ambiental.

En general el enfoque ASCMA en la industria de la construcción busca integrar estos aspectos en la planificación, ejecución y control de proyectos de construcción como lo fue en la construcción del encajonamiento del Río de los Remedios.

Cómo se puede observar el área de ASCMA que forma parte del proyecto del encajonamiento jugó un papel fundamental para poder concluir la construcción de la mejor forma, ya que una parte importante es la seguridad de los trabajadores bajo la filosofía de cero accidentes que quiere eliminar bajo varias medidas la accidentabilidad de los trabajadores durante los procesos constructivos.

¿Cómo se puede llegar a cumplir la filosofía de cero accidentes en la construcción del encajonamiento del Río de los Remedios?

Fue complicado lograr el cero accidentes durante la construcción del encajonamiento ya que la construcción fue muy dinámica con ritmos acelerados pero el área de seguridad siempre estuvo presente durante su proceso, esto a través de la impartición diaria de la plática de 5 minutos para poder concientizar a los trabajadores sobre las diferentes actividades que desempeñan y sus consecuencias sino se toman en cuenta las medidas de seguridad.

De igual manera la implementación de permisos de seguridad debidamente firmado por los trabajadores, responsable de la actividad y el supervisor de seguridad, donde se describe de manera precisa la actividad que se va a ejecutar como las acciones que se deberán tomar para evitar accidentes con el uso de EPP que se portar durante la ejecución de los trabajos.

Antes de autorizar o adecuar un permiso de seguridad para alguna actividad, se deberá presentar un IPER (Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos) que deberá ser

revisado por el coordinador del área de seguridad y visto bueno para su implementación y ejecución y de caso contrario no dará autorización para poder ejecutarse dicha actividad.

Esto con respecto el área de seguridad, ahora con respecto el área de calidad se describe a continuación sus beneficios que trajo consigo en la construcción del encajonamiento del Río de los Remedios con aplicaciones en la normatividad en la industria de la construcción.

El control de calidad es un conjunto de procedimientos tanto visuales como de laboratorio realizados durante todo el proceso constructivo, con la finalidad de que de que la construcción cumpla con los estándares de calidad establecidos de acuerdo a proyecto y normatividad. Estos procedimientos incluyen la inspección y pruebas de los materiales utilizados, la supervisión de la mano de obra, la revisión de los planos y especificaciones, y la validación de la correcta aplicación de normas y reglamentos, entre otros. El objetivo es garantizar la seguridad, durabilidad y funcionalidad de las estructuras, así como satisfacer las expectativas de los clientes y usuarios finales.



Imagen 67: Pruebas de granulometría de los materiales.

El control de calidad fue crucial durante la construcción del Macrolibramiento Mexiquense subtramo 4.1, ya que desde el inicio del proyecto (diseño geométrico) hasta el final de la construcción (entrega de la construcción y entrega de reportes). Se enfoca en la prevención de defectos y anomalías en lugar de corregirlos después de que hayan ocurrido, aunque también si llegarán a presentarse después de su ejecución deberán corregir. Esto es de suma importancia para garantizar que la estructura del Dren de Aguas Negras sea segura y esté libre de fallas y cumplan con los estándares de calidad deseados de acuerdo a proyecto y normatividad.

El área de calidad llevó a cabo las siguientes actividades de manera continua, que incluyen:

Inspección de materiales: Se examinan los materiales de construcción y componentes importantes para asegurarse de que cumplan con los requisitos de calidad y especificaciones técnicas. Se llevan a cabo pruebas para garantizar que los materiales sean adecuados para su uso.

1. Verificación de los planos y especificaciones: Los planos y especificaciones se revisan para asegurarse que se ejecuten de manera correcta y de que reflejen las necesidades y requisitos del cliente, las normas y los requisitos de la ley y se ajusten a los estándares de calidad deseados.
2. Pruebas estructurales: Se utilizan pruebas para evaluar la calidad de las estructuras construidas, asegurando que sean resistentes y estables, y cumplen con las normas y requisitos de seguridad de acuerdo al proyecto como lo pueden ser pruebas de corazón si se llegasen a requerir, de compresión, tensión en las varillas, consistencia, etc.
3. Por lo tanto, el control de calidad en la construcción es un proceso riguroso y continuo siempre asegurando la calidad de los materiales, la mano de obra, la seguridad y cumplimiento de normas y la calidad que requiere el proyecto lográndose mediante la revisión continua.



Imagen 68: Prueba a compresión de cilindro de ensayo estándar.

7.1 Beneficios del control de calidad.

Todos estos procesos mencionados anteriormente son de suma importancia que trajeron beneficios múltiples durante su proceso constructivo, estos fueron tanto económicos, en seguridad, satisfacción, durabilidad, entre otros. A continuación, se menciona estos beneficios que se lograron gracias al departamento de calidad y construcción de manera conjunta.

Seguridad: Gracias a los controles de calidad de acuerdo a normatividad y proyecto las estructuras tienen menos probabilidades de sufrir daños o fallas estructurales, lo que mejora la seguridad de los usuarios que transitarán por la vía.

Reducción de costos a largo plazo: Gracias a la correcta selección de los materiales y sistemas de alta calidad la estructura tiene una vida útil más larga y requieren menos mantenimiento, lo que reduce los costos a largo plazo, esto se puede ver debido a los asentamientos diferenciales que sufre la estructura y afecta a los pavimentos, por lo que una correcta selección reduce la periodicidad de mantenimiento.

Mayor durabilidad: Las estructuras de alta calidad son capaces de resistir mejor los efectos de sismos, hundimientos diferenciales y regionales, inundaciones, etc. Por lo tanto, pueden durar más tiempo en buenas condiciones.

Mayor satisfacción del cliente: La calidad se traduce en clientes más satisfechos, que pueden ser más propensos a volver a trabajar con la misma empresa y a recomendarla a otros.

Mayor eficiencia en el proceso de construcción: Cuando se utiliza la calidad durante todo el proceso de construcción, desde la planificación y el diseño hasta la construcción y el mantenimiento, se pueden reducir los errores y las ineficiencias, lo que a su vez reduce los costos en el tiempo de construcción y mantenimiento.

En general los altos estándares de calidad a los que estuvo sometido el proyecto de la Autopista Macrolibramiento Mexiquense subtramo 4.1 se puede ver reflejado en una construcción más duradera, menores costos de ejecución y mantenimientos, eficiencia de la autopista, seguridad en los usuarios y satisfacción del cliente y usuarios. Gracias a esto la empresa va creciendo su reputación e imagen para futuros proyectos de esta magnitud.

Todo lo anteriormente mencionado se reportaba mediante evidencia fotográfica, reportes de laboratorio tanto del concreto, acero, materiales, entrega de checklist, etc.

**INFORME DE PRUEBAS PARA TERRACERÍAS
(Terraplén o relleno, Subyacente y Subrasante)**

Revisión: 00 Fecha de Revisión: nov-20 Formato: LABT-INF-001 Elaboró: DAPA
 Codificación del Informe: LSG-BOL A.TE-ANESA-399 Fecha de emisión: 24/04/2023

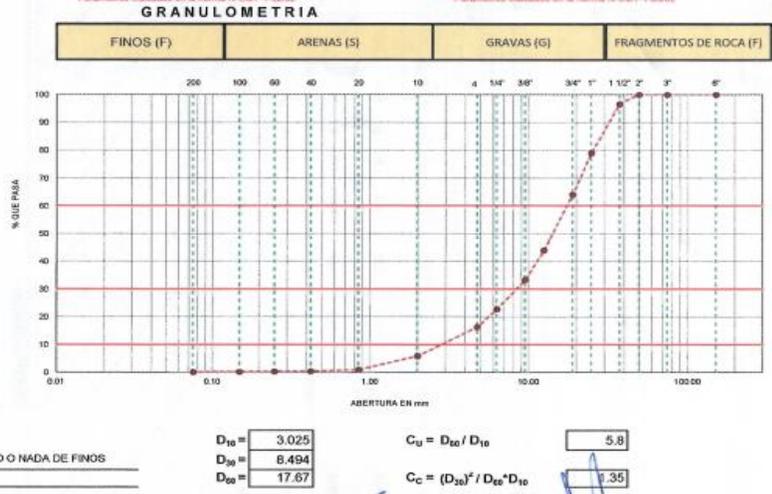
DATOS DEL CLIENTE
 Cliente: AUTOPISTA NAUCALPAN-ECATEPEC, S.A.P.I. DE C.V. (ANESA)
 Dirección: Avenida Patriotismo número 201, piso 5. Colonia San Pedro de los Pinos, Alcaldía de Benito Juárez, Ciudad de México, C.P. 03800.

DATOS DE LA MUESTRA
 Obra: 01052106RE AUTOPISTA RIO DE LOS REMEDIOS FASE II Lugar de muestreo: ALMACEN Fecha de muestreo: 20-abr-23
 Procedencia: MINA ACULCO Material: TEZONTLE 3° A FINOS Fecha de recepción: 20-abr-23
 No. Muestra: A.TE-ANESA-399 Tamaño, mm: 37.5 Fecha de ensaye: 23-abr-23
 Cantidad de material recibido, kg: 50 Lugar de ensaye: CALLE DE LAS INDUSTRIAS S/N COLONIA LA PRESA, TLALNEPANTLA EDO. MEX
 Material para usarse en: Terraplén Subyacente Subrasante

PRUEBAS	MÉTODO NMX/ASTM/SCT	TERRAPLEN		SUBYACENTE		SUBRASANTE	
		VALOR OBTENIDO	LÍMITE ESPECIFICADO*	VALOR OBTENIDO	LÍMITE ESPECIFICADO**	VALOR OBTENIDO	LÍMITE ESPECIFICADO***
GRAVEDAD ESPECÍFICA SSS	C164-08NCCCE/D127-128/MMP 1.00	---	-	---	-	---	-
ABSORCIÓN, %	C164-08NCCCE/D127-128/MMP 1.00	---	-	---	-	---	-
MASA VOLUMÉTRICA SUELTA, kg/m³	C528-08NCCCE/D29/MMP 1.00	937	-	---	-	---	-
MASA VOLUMÉTRICA SECO MÁXIMO, kg/m³	C476-08NCCCE/D689/MMP 1.09	1268	-	---	-	---	-
CONTENIDO DE AGUA ÓPTIMO, %	C476-08NCCCE/D689/MMP 1.09	8.6	-	---	-	---	-
TAMANO MÁXIMO, mm	C416-08NCCCE/D423/MMP 1.00	37.5	-	---	Compactable	76 mm	-
% QUE PASA MALLA DE 3" (76 mm)	C416-08NCCCE/D423/MMP 1.00	100	-	---	-	---	-
% QUE PASA MALLA No. 4 (4.75 mm)	C416-08NCCCE/D423/MMP 1.00	16	-	---	-	---	-
% QUE PASA MALLA No. 40 (0.425 mm)	C416-08NCCCE/D423/MMP 1.00	0	-	---	-	---	-
% QUE PASA MALLA No. 200 (0.075 mm)	C116-08NCCCE/D423/MMP 1.00	0	-	---	-	---	-
LÍMITE LÍQUIDO, %	C416-08NCCCE/D423/MMP 1.07	26	50 Máx	---	50 Máx	40 Máx	-
LÍMITE PLÁSTICO, %	C416-08NCCCE/D423/MMP 1.07	NP	-	---	-	---	-
ÍNDICE PLÁSTICO, %	C416-08NCCCE/D423/MMP 1.07	NP	-	---	-	---	-
VALOR RELATIVO DE SOPORTE (CBR), %	C522-08NCCCE/D426/MMP 1.11	23.4	5 Min	---	10 Min	20 Min	-
EXPANSIÓN, %	C522-08NCCCE/D426/MMP 1.11	NP	5 Máx	---	3 Máx	2 Máx	-
CLASIFICACIÓN SUCS	C528-08NCCCE/D248/MMP 1.02	GW(GRAVA BIEN GRADUADA)		---	-	---	-

* Parámetros indicados en la norma N-CMT-1-01/79 ** Parámetros indicados en la norma N-CMT-1-02/02 *** Parámetros indicados en la norma N-CMT-1-03/02

MALLA	ABERTURA	%RET	% PASA
40"	1000	0	100
30"	750	0	100
15"	381	0	100
6"	152	0	100
3"	75	0	100
2"	50	0	100
1 1/2"	37.5	3	97
1"	25.0	18	79
3/4"	19.0	15	64
1/2"	12.5	20	44
3/8"	9.50	11	33
1/4"	6.30	11	23
No. 4	4.750	6	16
No. 10	2.000	11	6
No. 20	0.850	5	1
No. 40	0.425	1	0
No. 60	0.250	0	0
No. 100	0.150	0	0
No. 200	0.075	0	0
Pasa 200	0.001	0	0



OBSERVACIONES MEZCLA DE GRAVA Y ARENA CON IPOCO O NADA DE FINOS

Imagen 69: Reporte de laboratorio para prueba de granulometría de material para terraplén.

Gracias a esto se concibió la actual Autopista Marcolibramiento Mexiquense en operación. La calidad nos permitió tener una construcción del dren de aguas negras que tiene asentamientos diferenciales mínimos comparados con los proyectados hoy en día, el puente Centenario duradero, los pavimentos duraderos y mínimos costos de mantenimientos, recuperación de espacios sociales, las gasas de insurgentes que nos permiten mejorar el tráfico de la zona, etc.

8 Resultados

Gracias a la construcción de la nueva autopista Macrolibramiento Mexiquense subtramo 4.1 se ha logrado múltiples beneficios para la población, principalmente para la zona metropolitana como lo son económicos, sociales, hidráulicas, seguridad, calidad de vida de los usuarios vehiculares. Los principales beneficios logrados a la construcción son:

1. Mejoras en el tráfico: Esta autopista ha permitido mejorar las condiciones del tráfico en la zona de la Ciudad de México, especialmente en la zona metropolitana.
2. Ahorro de tiempo: Gracias a la construcción de la autopista se ha permitido el ahorro de tiempo en los desplazamientos de los usuarios, ya que permite llegar a las distintas zonas del Estado de México de forma más rápida y eficiente. Con la autopista, es posible reducir el tiempo de viaje entre las distintas zonas del Estado de México en un 40%, en promedio.
3. Mejora en la seguridad: Esta autopista ha sido diseñada con los estándares de seguridad más altos como se describió anteriormente, lo que ha mejorado la seguridad en la carretera y ha disminuido los índices de accidentes viales.
4. Fomento al desarrollo económico: Gracias a la autopista ha permitido el desarrollo económico de la región, impulsando la creación de nuevos empleos y empresas, al mejorar las comunicaciones entre las distintas zonas del Estado de México, ya que ha mejorado el flujo de mercancías en la región, lo que ha resultado en un aumento en el comercio y una mayor competitividad de las empresas.
5. Reducción de emisiones contaminantes: Al disminuir el tráfico en la zona de la Ciudad de México, la autopista ha contribuido a reducir las emisiones contaminantes y mejorar la calidad del aire en la región.
6. Reducción de costos de transporte: Al acortar las distancias entre las distintas zonas del Estado de México, la autopista ha reducido los costos de transporte y ha permitido un uso más eficiente de los recursos.
7. Ahorro en combustible: Al reducir el tiempo de viaje y el tráfico, la autopista ha permitido un ahorro significativo en combustible para los usuarios.
8. Generación de empleos: La construcción de la autopista generó más de 1,000 empleos directos.

Lo que se menciona anteriormente fue gracias a la construcción del encajonamiento ya que gran parte de la autopista se apoyó encima de la estructura, pero de igual manera a continuación se menciona los beneficios de manera particular que trajo la construcción del encajonamiento, como lo fue lo siguiente:

1. Control de inundaciones: Al encajonar el río, se reduce el riesgo de inundaciones en las áreas cercanas, ya que se evitó que el agua se desborde de su cauce natural.
2. Mejora de la calidad del agua: El encajonamiento ayuda a mejorar la calidad del agua del río, ya que se reduce la cantidad de sedimentos y contaminantes que ingresan al agua como el tiradero de basura de los propios habitantes.
3. Uso del espacio: Al encajonamiento del río, se libera espacio en la superficie que se utilizado para otros fines, como la creación de parques.
4. Mejora la apariencia de la zona: El encajonamiento mejora la apariencia de un área urbana, ya que se oculta el río y se crean nuevos espacios verdes y de recreación.

En resumen, la autopista ha sido una obra clave para el desarrollo económico y social del Estado de México, mejorando la calidad de vida de sus habitantes y promoviendo la competitividad de la región.

A continuación, se muestra una imagen de la autopista en la actualidad ya en operación y terminada.



Imagen 70: Autopista Macrolibramiento Mexiquense subtramo 4.1

9 Conclusiones y áreas de oportunidades

Gracias al esfuerzo de todas las áreas que intervinieron durante el desarrollo de la construcción en la actual Autopista Macrolibramiento Mexiquense subtramo 4.1 se pudo culminar satisfactoriamente con los objetivos del proyecto. Gracias a este proyecto me pude llevar varias experiencias de gran valor que me fueron construyendo como futuro ingeniero, con habilidades y capacidades para lograr el desarrollo integral de un proyecto de gran magnitud como lo fue la actual autopista.

Es importante mencionar que el proyecto se logró culminar en tiempo, forma y costos, pero también es necesario comentar que existen varias actividades que se pudieron mejorar con la implementación de tecnología, que no sea necesariamente de punta, sino que exista el seguimiento adecuado de ello para evitar retrasos en las distintas áreas que afecta en los tiempos de los procesos constructivos.

Uno de los puntos de mayor impacto que se puede mejorar en proyectos similares, es el trabajo colaborativo dentro del equipo. Como se puede lograr esto, pues mediante la

comunicación de todas las actividades, la retroalimentación de los compañeros para la toma de la mejor decisión, seguimiento continuo de la actividad, un tiempo durante la semana para retroalimentar el avance de todos los involucrados del equipo, y todo esto con sus respectivos reportes o documentación que ampare los trabajos que se están ejecutando en la nube.

Es sorprendente los beneficios que se pueden lograr con el correcto archivado de la documentación en la nube y el avance, ya que con ellos se puede lograr que todos los involucrados dentro del equipo puedan estar enterados del avance día a día, la entrega y firma de los checklist como soporte de pagos y evitar extravíos totales ya que pueden ser recuperados gracias al almacenamiento virtual.

Durante mi experiencia, en el trabajo colaborativo con el área de ACSMA (Aseguramiento, Calidad, Seguridad y Medio Ambiente), pude observar que la entrega de documentación no se realizaba de manera oportuna por parte de la mayoría de las áreas de construcción. Específicamente, había retrasos en la entrega de los checklist (documentos para liberar elementos), IPER (Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos y Controles) y PTC (Proceso Técnico Constructivo). Ante esta situación, considero que sería beneficioso implementar un enfoque colaborativo en línea que involucre a todas las áreas de trabajo.

Propongo la creación de un programa en el cual se pueda cargar la liberación de cada elemento, con la firma de todas las áreas involucradas. Esto permitiría que el área siguiente sepa de inmediato cuándo puede proceder con su actividad sin temor a posibles retrabajos. Además, se establecerían límites de tiempo para completar las actividades siguientes. En caso de no poder cumplir con el plazo establecido, se notificaría a la gerencia para que pueda brindar apoyo y garantizar la finalización de la actividad lo más pronto posible.

En este presente informe no se pretende programar de alguna manera lo anterior mencionado, ya que solo se plantea el proceso constructivo innovador para proyectos similares en un futuro. Es importante mencionar que esto no quiere decir que como autor

dejare a un lado la idea para optimizar procesos, por lo que se estará trabajando de alguna manera para lograr programar lo anterior en mención.

Otro punto de suma importancia que se deberá hacer en la gran mayoría de las empresas constructoras es la capacitación constante de las distintas tecnologías de la información empleadas, como lo son SAP, AutoCAD, Project, Neodata, Excel o cualquier otro TI que se emplee. Gracias a este tipo de decisiones se puede lograr múltiples beneficios como lo son un sistema con mayor control en los recursos y una comunicación más optimizada y clara entre las distintas áreas con el uso de SAP, una cuantificación de los materiales requeridos a emplear más precisa con el uso de AutoCAD (Es importante mencionar que este programa es esencial en la ingeniería civil y no muchos lo saben usar para poder ejecutar sus tareas diarias se propone esta manera más eficiente), también un análisis de tiempo con mayor precisión con el uso del software Project o la valorización monetaria de las distintas actividades que se llegarán a ejecutar con el uso de programas como Neodata o similares.

Como se puede observar una buena capacitación y constante se puede lograr múltiples beneficios para la empresa y proyectos, ya que con estos pueden tomar decisiones con menor incertidumbre y por ende con pocas posibilidades de fracasos, y por supuesto con mayor rapidez de las actividades que pueden convertirse en un ahorro económico.

Un correcto programa de obra y el uso de fichas de procesos que le den un correcto seguimiento a las distintas actividades se puede ver reflejado en un ahorro económico al revisar constantemente el avance ejecutado vs el programado. Las fichas de procesos nos sirven para observar de manera concisa la información de las actividades sin tanta pérdida de tiempo, y poder emplear ese tiempo en otras actividades de mayor valor.

Otro punto importante a mencionar es la asignación de puntos definidos de cada actividad para un correcto análisis de flujo de la distinta maquinaria o lugares donde se pueda muestrear con ayuda de laboratorio las ollas de concreto, esto para evitar pérdidas de las mismas que pueda generar los vencimientos de las ollas por norma y que pueda repercutir en un costo mayor o en su caso una posible afectación de los elementos por la generación

de justas frías y afectar a la seguridad estructural de los elementos y que puedan tener consecuencias de segundo grado tanto en costo como tiempos de ejecución.

Un punto importante para que la información esté al alcance de todos, es la programación de reuniones no mayores a 20 minutos donde se pueda integrar todos los encargados de construcción y proponer programas de ejecución de acuerdo con los requerimientos de obra ya en tramo. Esto es importante para que se pueda tomar la mejor decisión en cuanto a proceso constructivo sin afectar a las áreas involucradas en el proceso.

La revisión del rendimiento por parte de los trabajadores en las distintas actividades para poder programar lo más apegado a obra y tomar la mejor decisión o en su caso para posibles propuestas en cuestión de incentivos a los trabajadores para que la obra pueda avanzar lo más armónica y rápido posible sin comprometer la calidad del proyecto.

Lo anteriormente se menciona para que exista un antecedente de las distintas áreas de oportunidad que pueden ser aprovechadas en proyectos futuros de gran magnitud como lo fue este. Estos comentarios no se deberán ver como errores sino como aprendizajes durante la construcción que permitirán mejorar o bien implementarse en un futuro con la finalidad de obtener mejores resultados.

El proyecto de la Autopista Río de los Remedios actualmente Macrolibramiento Mexiquense es una obra integral ya que intervienen distintas áreas como lo son construcción, geotecnia, hidráulica, diseño estructural, tránsito, topografía, terracerías, control de proyecto entre muchas otras, donde el ingeniero puede lograr la integridad de su profesión.

Gracias al proceso constructivo innovador como lo fue el desvío del cauce Río de los Remedios se creó un canal temporal para redirigir el flujo del agua mientras se lleva a cabo la construcción del encajonamiento esto para lograr el mejoramiento del suelo y desplantar la estructura, podemos decir plenamente que se logró con el objetivo principal, como lo fue el encajonamiento del río para mejorar las condiciones de salud de los habitantes aledaños.

Anexo 1.

El sistema hidráulico del Río de los Remedios es una red de canales y estructuras diseñadas para la gestión del agua en la Ciudad de México, específicamente en la zona norte de la Ciudad. Se encuentra en el Valle de México y atraviesa varios municipios, incluyendo Ecatepec, Nezahualcóyotl y Gustavo A. Madero. A continuación, se presenta un esquema general.

Anexo 2.

En el siguiente plano se muestra los planos constructivos de las optimizaciones realizadas en la ampliación A, donde anteriormente se poseían lastres en ambos lados.

Fuentes de información

Agua, C. N. (21 de 03 de 2021). Obtenido de <https://www.gob.mx/conagua/prensa/embovedamiento-del-Río-de-los-Remedios-mejorara-su-funcionamiento-hidraulico#:~:text=Este%20proyecto%20contempla%20el%20embovedamiento,cauce%20y%20de%20la%20regi%C3%B3n>

Arreazola, L. (03 de 10 de 2016). *Río de los Remedios, pesadilla pluvial del Estado de México*. Obtenido de <https://megalopolismx.com/noticia/8240/Río-de-los-Remedios-pesadilla-pluvial-del-estado-de-México>

Embovedamiento del Río de los Remedios mejorará su funcionamiento hidráulico. (22 de 03 de 2021). Obtenido de <https://www.portalambiental.com.mx/sustentabilidad/20210322/embovedamiento-del-Río-de-los-Remedios-mejorara-su-funcionamiento>

<https://www.bnamericas.com/es/noticias/ica-concluira-carretera-Río-de-los-Remedios-ecatepec-hacia-fines-de-ano>. (2007). <https://www.bnamericas.com/es/noticias/ica-concluira-carretera-Río-de-los-Remedios-ecatepec-hacia-fines-de-ano>. Ciudad de México.

ICA concluirá carretera Río de Los Remedios-Ecatepec hacia fines de año. (22 de 06 de 2012). Obtenido de <https://www.bnamericas.com/es/noticias/ica-concluira-carretera-Río-de-los-Remedios-ecatepec-hacia-fines-de-ano>

M.A.R.O. (2018). *ESPECIFICACIÓN DE ACERO DE REFUERZO - ESTRUCTURA CERRADA DEL DREN DE AGUAS NEGRAS*. Ciudad de México.

M.A.R.O. (2018). *ESPECIFICACIÓN DE CONCRETO - ESTRUCTURA CERRADA DEL DREN DE AGUAS NEGRAS*. Ciudad de México.

Río de los Remedios. (2023). Obtenido de <https://metro.cdmx.gob.mx/la-red/linea-b/Río-de-los-Remedios#:~:text=El%20r%C3%ADo%20de%20los%20Remedios,la%20regi%C3%B3n%20hidrol%C3%B3gica%20del%20P%C3%A1nuco>

RÍOBO. (2017). *ANÁLISIS HIDRÁULICO RÍO DE LOS REMEDIOS*. Ciudad de México.

RÍOBO. (2018). *INTERACCIÓN DE LA CIMENTACIONES DEL DISTRIBUIDOR VIAL EN LA ESTRUCTURA CERRADA DEL DREN DE AGUAS NEGRAS, CON MODELOS NUMÉRICOS 2D Y 3D*. Ciudad de México.

RÍOBO. (2021). *ESPECIFICACIÓN GENERAL PARA EL PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA ESTRUCTURA CERRADA DEL DREN DE AGUAS NEGRAS Y OBRA DE DESVÍO*. Ciudad de México.

Rosa, A. d. (12 de 09 de 2017). *Río de los Remedios, pendiente de la Conagua*. Obtenido de <https://agua.org.mx/Río-los-Remedios-pendiente-la-conagua/>

Vidal, M. (21 de 03 de 2021). *Encapsulan gases y malos olores al embovedar el Río de los Remedios*.
Obtenido de <https://lajornadaestadodeMéxico.com/encapsulan-gases-y-malos-olores-al-embovedar-el-Río-de-los-Remedios/>