



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**DIVISIÓN DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMÁTICA**

**DESAZOLVE DEL VASO REGULADOR  
“CIÉNEGA GRANDE”**

**T E S I N A**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A:  
**GERARDO GONZÁLEZ LAURRABAQUIO**

DIRECTOR DE TESINA:  
**M. I. CRISTIAN EMMANUEL GONZÁLEZ REYES**

CIUDAD DE MEXICO, 2016.



## **Jurado designado**

Presidente: **Ing. Ernesto Rene Mendoza Sánchez**

Vocal: **M. en I. Cristian Emmanuel González Reyes**

Secretario: **M. en I. Héctor Javier Guzmán Olguín**

1° Suplente: **Dr. Enrique Cesar Valdez**

2° Suplente: **M. en I. Rodrigo Takashi Sepúlveda Hirose**

# Índice

Resumen.....	4
1. Introducción .....	5
1.1 Objetivo .....	5
1.2 Alcances.....	5
2. Sistema de drenaje en la Ciudad de México .....	5
2.2 Sistema de Drenaje en la Delegación Xochimilco .....	15
3. Proyecto integral de drenaje como solución a inundaciones. ....	16
3.1. Colector de alivio San Bernardino .....	18
3.2 Planta de Bombeo San Bernardino. ....	20
3.3 Laguna de Regulación Ciénega Chica .....	21
3.4 Laguna de Regulación Ciénega Grande .....	22
4. Descripción del procedimiento de desazolve .....	23
4.1 Levantamiento de poligonales .....	23
4.2 Suministro, tendido, bandeado y conformación de tezontle. ....	26
4.3 Desazolve. ....	34
4.4 Carga mecánica y acarreo en camión de material deshidratado a zona de disposición final. ....	43
4.5 Trabajos de limpieza.....	48
5. Procedimiento de cobro.....	53
6. Resultados de la rehabilitación .....	54
7. Conclusiones.....	57
Anexo A .....	62
Anexo B .....	78
Anexo C .....	92
Anexo D .....	100
Bibliografía .....	106

## **Resumen**

Este trabajo se desarrolla en una serie de capítulos como se muestra a continuación:

### **1. – Introducción.-**

Establece el objetivo, los alcances y justificación de este trabajo escrito

### **2. – Sistema de drenaje en la Ciudad de México.-**

Describe el Sistema General de Drenaje de la Ciudad de México así como la problemática que enfrenta su funcionamiento. Posteriormente se enfoca en la parte del sistema que corresponde a la zona de Xochimilco y cómo es que los trabajos de desazolve de los vasos reguladores tienen por objetivo evitar las inundaciones.

### **3. – Proyecto integral de drenaje como solución a inundaciones.-**

Describe el proyecto integral de drenaje en la zona de Xochimilco afectada por las inundaciones.

### **4. – Descripción del procedimiento de desazolve.-**

Describe el procedimiento utilizado en la rehabilitación, iniciando con los trabajos preliminares, subsecuentemente con los trabajos de desazolve y por último el cierre de los trabajos.

### **5. – Procedimiento de cobro.-**

Se describe el procedimiento administrativo para efectos de cobro de los trabajos realizados.

### **6. – Resultados de la rehabilitación.**

Muestra los volúmenes de obra realizados en la obra en cuestión así como las condiciones iniciales y finales del vaso regulador.

### **7. – Conclusiones**

Se exponen las conclusiones así como comentarios obtenidas de este trabajo.

# 1. Introducción

## 1.1 Objetivo

Describir el procedimiento de desazolve del Vaso Regulador “Ciénega Grande” en la Delegación Xochimilco, D.F.

## 1.2 Alcances

En este trabajo se aborda la descripción del procedimiento de desazolve llevado a cabo en la obra denominada “**Rehabilitación para incrementar la capacidad de regulación y desalojo de las aguas pluviales de la Ciénega Grande, Delegación Xochimilco**”, llevada a cabo en el **periodo del 24 de febrero al 23 de junio de 2014**.

## 2. Sistema de drenaje en la Ciudad de México

La infraestructura hidráulica de la Ciudad de México es una de las más complejas a nivel mundial dada la gran cantidad de mecanismos e ingeniería que se requieren para su correcto funcionamiento, lo cual se refleja en la magnitud de sus obras más importantes, como lo es su sistema de drenaje profundo (*ver figura 1*) el cual, a pesar de las diversas obras desarrolladas para satisfacer las necesidades de drenaje de una urbe en rápido crecimiento como la Ciudad de México, comenzaron a verse rebasadas sus capacidades en el año de 1959; el hundimiento mostrado por el doctor Nabor Carrillo era aún más evidente, al ubicarse el nivel del lago de Texcoco 5.50 metros más arriba del centro de la ciudad respecto a los 1.90 metros por debajo que se encontraba en el año 1910 (SACMEX 1)(SACMEX 5).

Estas condiciones evidenciaron la necesidad de contar con un sistema de drenaje que por sus características de construcción no fuera afectado por los hundimientos del terreno ni demandará el uso de bombeo al operar por gravedad (SACMEX 5).

Además debía expulsar las aguas por una nueva salida artificial, dando origen a lo que hoy se conoce como el Sistema de Drenaje Profundo de la Ciudad de México (SACMEX 5).



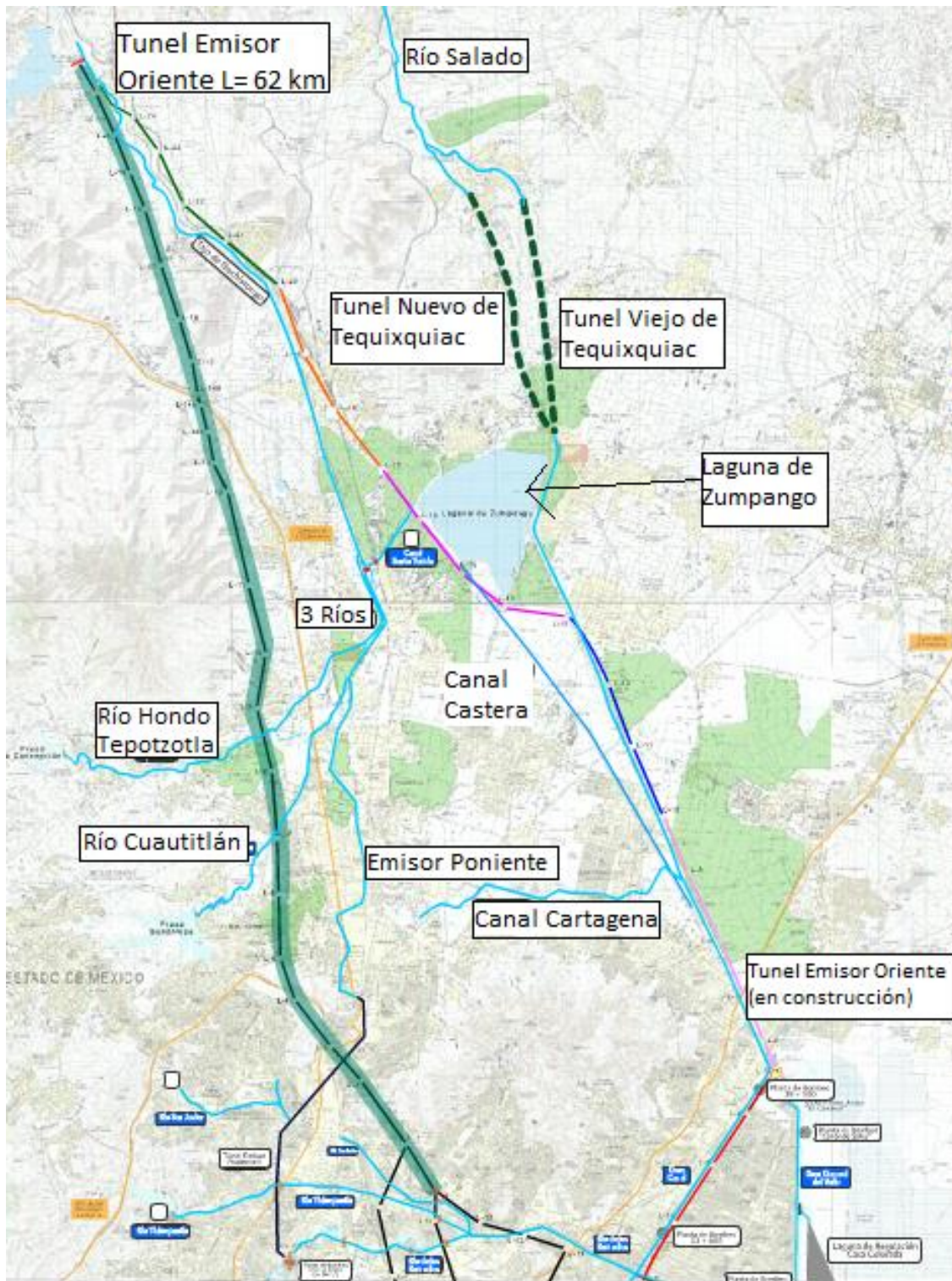
Figura 1. Infraestructura de drenaje de la Ciudad de México. (Tomada de SACMEX 1)

Fue así como el proyecto del Sistema de Drenaje Profundo, cuya operación se basaba en la construcción de interceptores que desembocarían en un emisor profundo en el sitio identificado como Lumbrera 0 y cuyos caudales serían descargados al final de su trayecto en el río Tula, representó una solución para el desalojo eficiente de las aguas (SACMEX 5).

Durante los años posteriores se llevaron a cabo los estudios necesarios para el desarrollo del proyecto, que iban desde la determinación de la trayectoria hasta los análisis geológicos de estratigrafía y sismicidad. Finalmente, en 1967 se aprueba y da inicio esta importante obra de la ingeniería mexicana del siglo XX (SACMEX 5).

La primera etapa de su desarrollo fue concluida en 1975 con la construcción del túnel del Emisor Central, el cual posee un diámetro de 6.50 metros, una longitud de 50 kilómetros, una capacidad de 200 metros cúbicos por segundo y cuenta con lumbreras cuyas profundidades van desde 50 hasta 237 metros (SACMEX 5).

La función más importante del Emisor Central es conducir fuera de la cuenca del Valle de México las aguas del Sistema de Drenaje Profundo; su trayecto inicia en Cuauhtepac, en la delegación Gustavo A. Madero, y su recorrido lo lleva a descargar en el río El Salto, a partir de donde las aguas son conducidas hasta la presa Requena y más adelante al río Tula y a la presa Endhó (figura 2). Por un lado, esta última satisface las demandas de riego de la zona; por otro, el río Tula es influente del Moctezuma y éste a su vez del Pánuco, que descarga en el Golfo de México (SACMEX 5).



**Emisor Central**

Figura 2. Trayecto del emisor central (Adaptada de CONAGUA2)



Al Emisor Central confluyen principalmente los tres interceptores siguientes:

—Interceptor Centro-Poniente

Se inicia en la lumbrera 14 del Interceptor Poniente cerca del Museo de la Comisión Federal de Electricidad en la segunda sección del Bosque de Chapultepec, terminando en la lumbrera 1 del Emisor Central, en el Cerro del Tenayo (figura 3). Posee estructuras de captación de cinco lumbreras que reciben la aportación de los colectores: Rubén Darío, Río San Joaquín, Refinería Trujillo, Salomón Lerdo de Tejada y al Colector 15; beneficia a gran parte de las delegaciones Miguel Hidalgo y Azcapotzalco, además del Interceptor del Poniente en la lumbrera 14 (SACMEX 5).

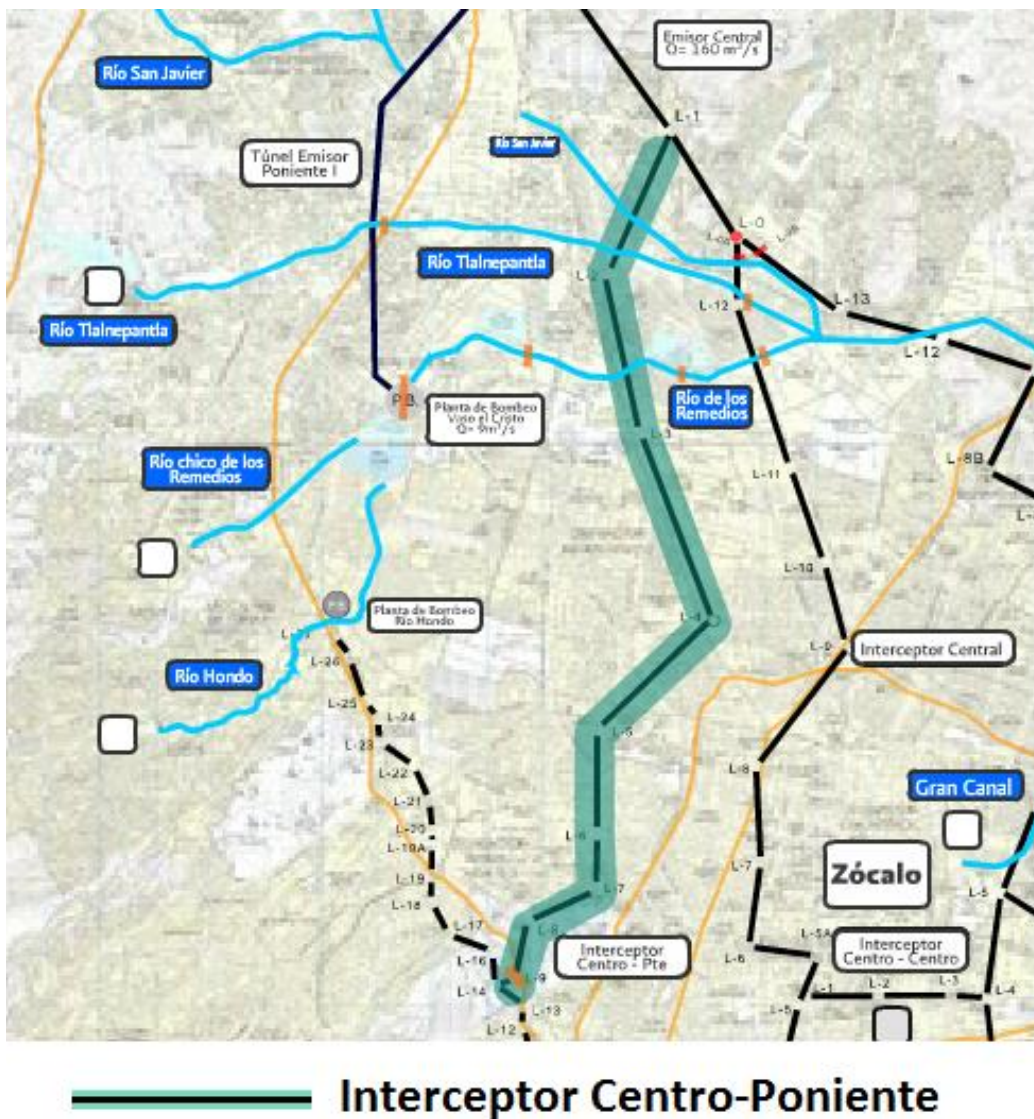
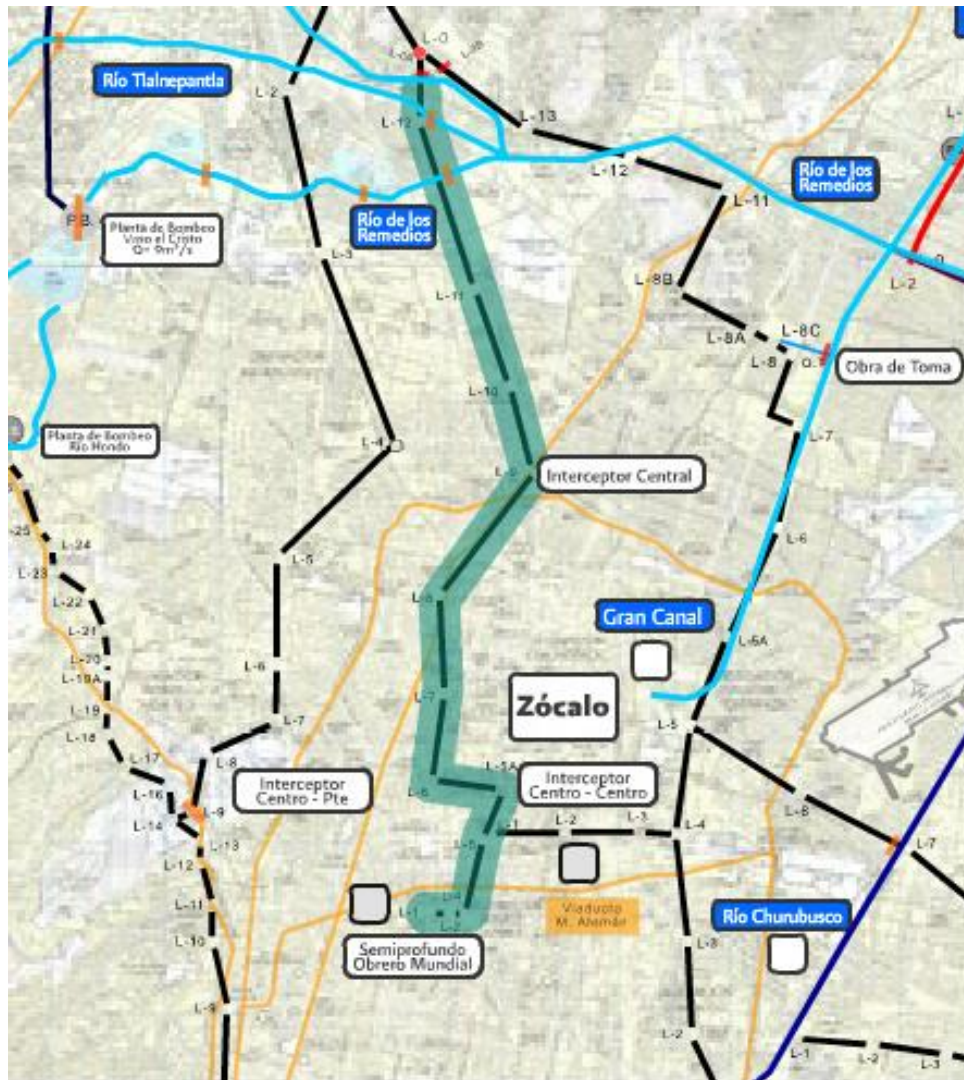


Figura 3. Trayecto del Interceptor Centro-Poniente (Adaptada de CONAGUA2)

## —Interceptor Central

Su recorrido lo inicia desde el cruce de las avenidas Doctor Vértiz y Obrero Mundial, donde se ubica la lumbrera 4A, hasta la lumbrera 0 del Emisor Central, en Cuauhtépec; en su trayecto alivia al río La Piedad y capta los colectores: Tabasco, 5 de Mayo, Héroes, río Consulado, Cuitláhuac, Fortuna y Moyobamba (figura 4); cuenta también con obras de toma de los ríos: Los Remedios, Tlalnepantla, San Javier y Cuauhtépec; beneficiando a las delegaciones Gustavo A. Madero, Azcapotzalco, Cuauhtémoc y parte de la Benito Juárez (SACMEX 5).

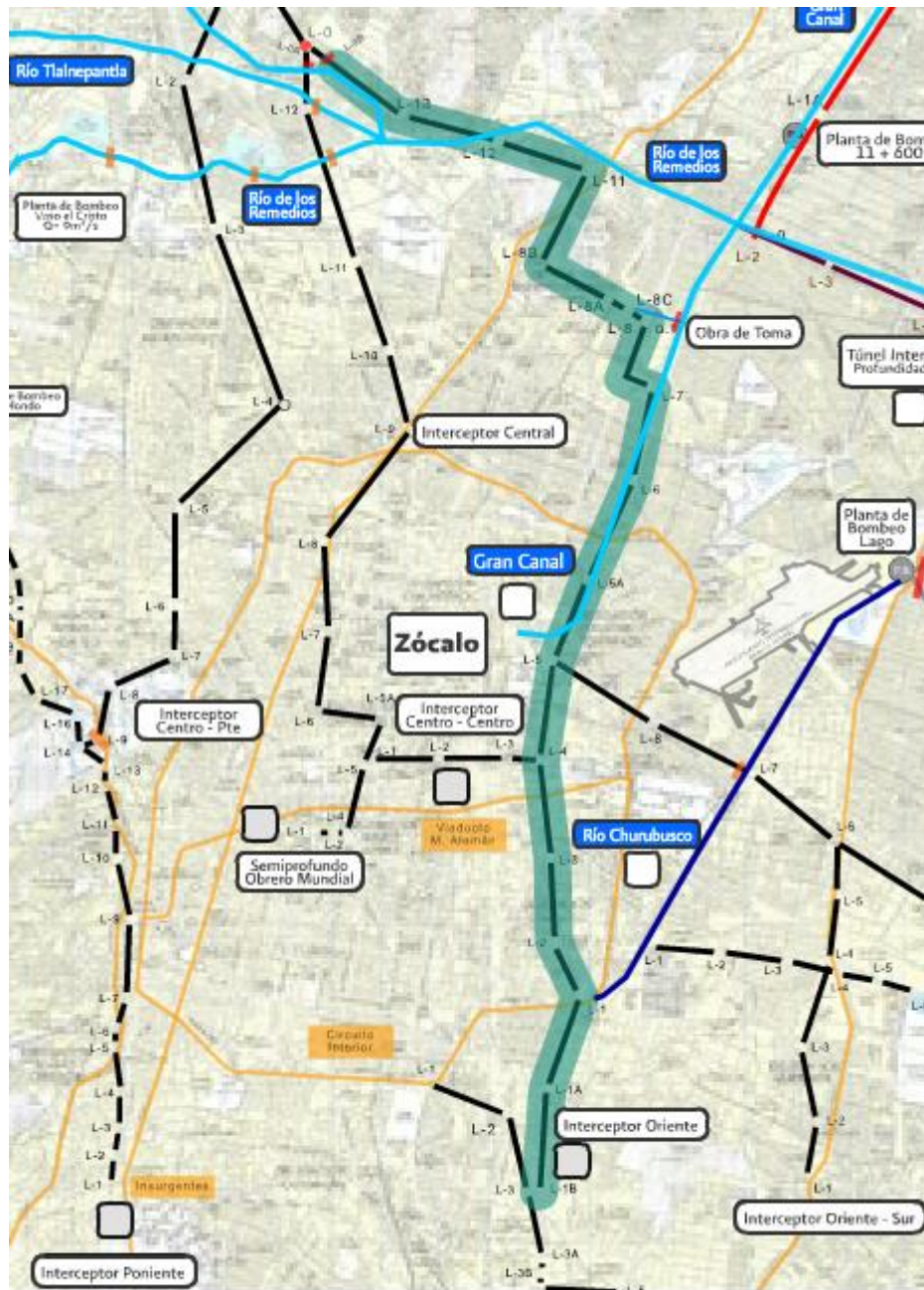


## — Interceptor Central

Figura 4. Trayecto del Interceptor Centro (Adaptada de CONAGUA2)

## —Interceptor Oriente

Su tramo norte principia en las calles de Agiabampo y Troncoso, desde donde se dirige hasta la calzada Zaragoza, punto en donde el túnel es desviado para continuar en forma paralela al Gran Canal hasta la calzada San Juan de Aragón, posteriormente se dirige hacia el oriente para alcanzar la avenida Eduardo Molina y así llegar hasta la lumbrera 8C ubicada en la colonia Salvador Díaz Mirón, y termina en la lumbrera 0 del Emisor Central, en Cuauhtepac (Figura 5). Hacia el sur, el Interceptor Oriente corre por el Eje 3 Oriente a partir de la calle Agiabampo, en la intersección con el Interceptor Centro-Oriente en la lumbrera 4, hasta la avenida Taxqueña, donde se conecta al Interceptor Canal Nacional-Canal de Chalco. En el cruce con la calle Tlazintla se ubica la lumbrera 3, cercana a ella es captado el colector Plutarco Elías Calles directamente al túnel. En la lumbrera 2, ubicada en la esquina con avenida Apatlaco, capta al colector del mismo nombre. Las aguas del cauce entubado del Río Churubusco son captadas en la lumbrera 1 (SACMEX 5).



**Interceptor Oriente**

Figura 5. Trayecto del Interceptor Oriente (Adaptada de CONAGUA2)

La función principal del Interceptor Oriente es aliviar al Gran Canal de Desagüe a través de la obra de toma del que depende el drenaje de gran parte del centro y norte de la Ciudad de México sumado a la captación en la lumbrera 13, ubicada en la colonia La Pastora, para el desagüe de la laguna de regulación (SACMEX 5).

Desde el inicio de su operación este sistema de drenaje conducía aguas pluviales, sin embargo, a partir de 1992, como resultado de la pérdida de nivel del Gran Canal se conducen también aguas negras que se reciben del interceptor oriente y del central (SACMEX 5).

Actualmente el Sistema de Drenaje Profundo cuenta con 153.3 kilómetros de túneles en operación, siendo la tercera salida de desalojo de aguas residuales y pluviales fuera del valle (SACMEX 5).

El drenaje profundo está integrado por los siguientes elementos (SACMEX 5):

Estructura.	Longitud excavada (km).	Diámetro (m).	Capacidad (m <sup>3</sup> ).	Profundidad (min-max) (m).
Emisor Central	50	6.5	220	48-217
Interceptor Central	16.1	5.0	90	22-41
Interceptor Centro-Centro	3.7	5.0	90	25-26
Interceptor Oriente	22.2	5.0	85	37-55
Interceptor Centro-Oriente	16	4.0	40	22-51
Interceptor del Poniente	16.5	4.0	25	20-40
Interceptor Iztapalapa	5.5	3.1	20	11-16
Interceptor Obrero Mundial	0.8	3.2	20	10-16
Interceptor Oriente Sur	13.8	5.0	85	20-23
Interceptor Canal nacional-Canal de Chalco	8.7	3.1	20	15-17

#### **Características del sistema de drenaje profundo (SACMEX 5).**

Las instalaciones hidráulicas del sistema de drenaje y sus componentes electromecánicos se encuentran operando las 24 horas del día los 365 días del año, lo que conlleva desgaste en dichos componentes y un deterioro constante, lo que ocasiona que algunas instalaciones no funcionen adecuadamente, y se ponga en riesgo su capacidad de respuesta (SACMEX 1).

El sistema de drenaje recibe de forma programada y permanente trabajos de mantenimiento preventivo y, en última instancia, mantenimiento correctivo. El mantenimiento que se da a las instalaciones y equipos electromecánicos que conforman el sistema de drenaje tiene como finalidad la conservación de las condiciones óptimas de servicio, ya sea manteniendo las condiciones de trabajo especificadas por los fabricantes de los componentes, o bien, cuando lleguen al fin de su vida útil, reemplazando dichos equipos; lo anterior evita afectar a otros elementos del sistema y al mismo tiempo garantiza la continuidad del servicio hidráulico (SACMEX 1).

El sistema de drenaje es de suma importancia para la Ciudad de México, ya que su función es garantizar el desalojo de aguas residuales y pluviales, para lo cual está conformado, de manera general, de 12,344 km de redes primarias y secundarias, 84 plantas de bombeo; asimismo cuenta con un sistema de desfogue formado por presas, colectores, cauces a cielo abierto, lagunas de regulación y un sistema de drenaje profundo, el cual es regulado por una diversidad de equipos, como son: bombas, compuertas y mecanismos de izaje, que requieren de mantenimiento constante para su buen funcionamiento y operación (SACMEX 1).

El sistema de drenaje de la Ciudad de México opera de manera combinada, desalojando las aguas residuales domésticas, industriales y municipales, contribuyendo a disminuir y controlar el riesgo de inundaciones durante la época de lluvias (SACMEX 1). El incontrolable crecimiento de la mancha urbana de la Ciudad de México y su zona conurbada, ha generado la necesidad de más servicios públicos, que a la vez se vuelvan más complejos; dentro de los cuales se encuentra un sistema de drenaje apropiado para conducir y desalojar, de la cuenca del Valle de México, las aguas pluviales y residuales con eficiencia y de manera segura (SACMEX 2).

Además, este constante crecimiento ha generado asentamientos importantes de núcleos de población, principalmente en las partes altas de su área geográfica. Los desperdicios generados por estos núcleos, la erosión y la deforestación, han provocado diferentes problemas hidráulicos; por lo que en los principales cauces y barrancas de la zona oriente se construyeron presas y lagunas reguladoras (SACMEX 2).

En los cauces ubicados en la zona oriente de la Ciudad de México, con la finalidad de disminuir los picos de las avenidas originadas por fuertes precipitaciones presentadas en esta zona, se construyeron estructuras reguladoras como presas, represas y lagunas. También se entubaron ríos que cruzan la Ciudad, tal es el caso del Río Churubusco, Río Consulado, Río Viaducto Piedad y, en los últimos años, parte del Gran Canal del Desagüe (SACMEX 2).

En la actualidad el sistema de drenaje de la Ciudad de México que fue construido como alivio para el desalojo de las aguas pluviales y residuales de la Ciudad de México demanda una mayor capacidad de regulación y conducción, ya que la original se ha visto rebasada debido a la ya mencionada e incontrolable urbanización y a la gran cantidad de azolve que se deposita en las estructuras (SACMEX 2).

Con la finalidad de mejorar la capacidad de regulación y conducción de las estructuras que conforman el sistema de drenaje, es necesario durante el periodo de estiaje realizar trabajos de limpieza y desazolve (SACMEX 2).

Al realizar trabajos de desazolve en los vasos reguladores, éstos además de atenuar los picos de las avenidas que se presentan en la cuenca del Valle de México, toman la función de desarenadores a gran escala, ya que evitan que los residuos sólidos y la basura ingresen al drenaje profundo (SACMEX 2).

Lo anterior tiene como finalidad evitar, hasta donde sea posible, que los diferentes conductos que integran el sistema de drenaje rebasen su capacidad de operación y provoquen inundaciones. Bajo este contexto, se han realizado a través de la historia del sistema hidráulico diferentes obras como son las presas, los tanques de tormenta y los vasos reguladores, que en la actualidad conforman un amplio sistema de regulación (SACMEX 2).

## **2.2 Sistema de Drenaje en la Delegación Xochimilco**

La necesidad de desalojar las aguas pluviales y residuales provoca que el sistema de drenaje tenga una evolución acorde al crecimiento poblacional de la Delegación. En 2005 el 97% de la población de Xochimilco contaba con este servicio; el 3% restante carecía del mismo por estar constituido como asentamientos irregulares (SACMEX 3).

Para que la Delegación Xochimilco desaloje las aguas pluviales y residuales, cuenta con la siguiente infraestructura en drenaje: redes primarias y secundarias de tipo combinado y separado, conductos a cielo abierto, cárcamos de bombeo, presas y lagunas de regulación; siendo la mayor parte de tipo combinado, es decir, los conductos se utilizan para desalojar las aguas residuales y pluviales (SACMEX 3).

La red secundaria cuenta con una longitud aproximada de 433.7 km; capta y conduce las aguas pluviales y residuales a la red primaria, con una longitud total de 75.2 km, constituida por ductos cuyos diámetros nominales oscilan entre 61 y 315 cm. Además, se cuenta con drenaje pluvial con una longitud total de 3.7 km (SACMEX 3).

En cuanto a ríos y canales se cuenta con los siguientes: Río San Buenaventura, Río Santiago, Río San Lucas, Río San Gregorio y Río Ameca. Los canales que existen dentro de

los límites de la delegación son: Canal Nacional, Canal de Chalco, Canal la Noria, Canal Caltongo, Canal Japón, Canal de Cuemanco y Canal Xilopa (SACMEX 3).

Además, se cuenta con estructuras de regulación, como son la Ciénega Chica y Ciénega Grande (objeto de este trabajo); la laguna de San Luis Tlaxialtemalco y la presa San Lucas Xochimanca; así como unas esclusas sobre los canales Xilopa y Caltongo que permiten mantener un nivel de agua adecuado para la zona turística de Xochimilco (SACMEX 3).

Las plantas de Bombeo que se encuentran en la delegación Xochimilco son: Nativitas, Santa Cruz Acalpixca, San Gregorio Atlapulco, San Luis Tlaxialtemalco, Barrio San Sebastián, Canal Nacional-Canal de Chalco, San Buenaventura, San Esteban, San Cristóbal y Caltongo; estas plantas de bombeo tienen una capacidad conjunta de 30.32 m<sup>3</sup>/s y sirven a las poblaciones del mismo nombre. Dichas plantas son de gran importancia, pues el nivel del terreno ha descendido tan notoriamente que no es posible que las aguas residuales ingresen por gravedad a los conductos principales (SACMEX 3).

### **3. Proyecto integral de drenaje como solución a inundaciones.**

Derivado de los problemas de inundación que afectan seriamente tanto a vías de comunicación como a desarrollos habitacionales en la zona norte de Xochimilco, en la cual se asienta una población mayor a 50 mil habitantes que eran ocasionados por la insuficiencia de conducción y desalojo de los caudales pluviales, fue necesario llevar a cabo la planeación integral del drenaje de la zona, concretamente en las colonias Potrero de San Bernardino, Tierra nueva, Paseos del sur, San Lorenzo La Cebada, INFONAVIT División del Norte, Ampliación San Marcos Norte, Amalacachica, Barrio 18, Las Peritas, San Juan Tepepan y Unidad habitacional Xochimilco (figura 6), teniendo como resultado el desarrollo del proyecto para la construcción del Colector de Alivio San Bernardino, de 1,689 m de longitud con tubería de Polietileno de Alta Densidad (PEAD) corrugado y concreto reforzado en diámetros de 1.07 m, 1.52 m y 1.83 m, así como la Planta de Bombeo de Aguas Combinadas San Bernardino, con capacidad para desalojar 7,000 litros por segundo. Dichas obras tienen la finalidad de reforzar y aliviar la infraestructura primaria existente de drenaje, ubicada sobre Av. San Bernardino, Prol. División del Norte y Av. Muyuguarda (SACMEX 1).





**Figura 6. Zona afectada por las inundaciones (adaptada de Google Maps)**

La Planta de Bombeo de Aguas Combinadas San Bernardino descarga en el vaso regulador “Ciénega Chica”; mismo que posteriormente descarga a través del túnel de interconexión en el vaso regulador “Ciénega Grande”, que a su vez descarga en el Interceptor Canal Nacional-Canal de Chalco (figura 7).

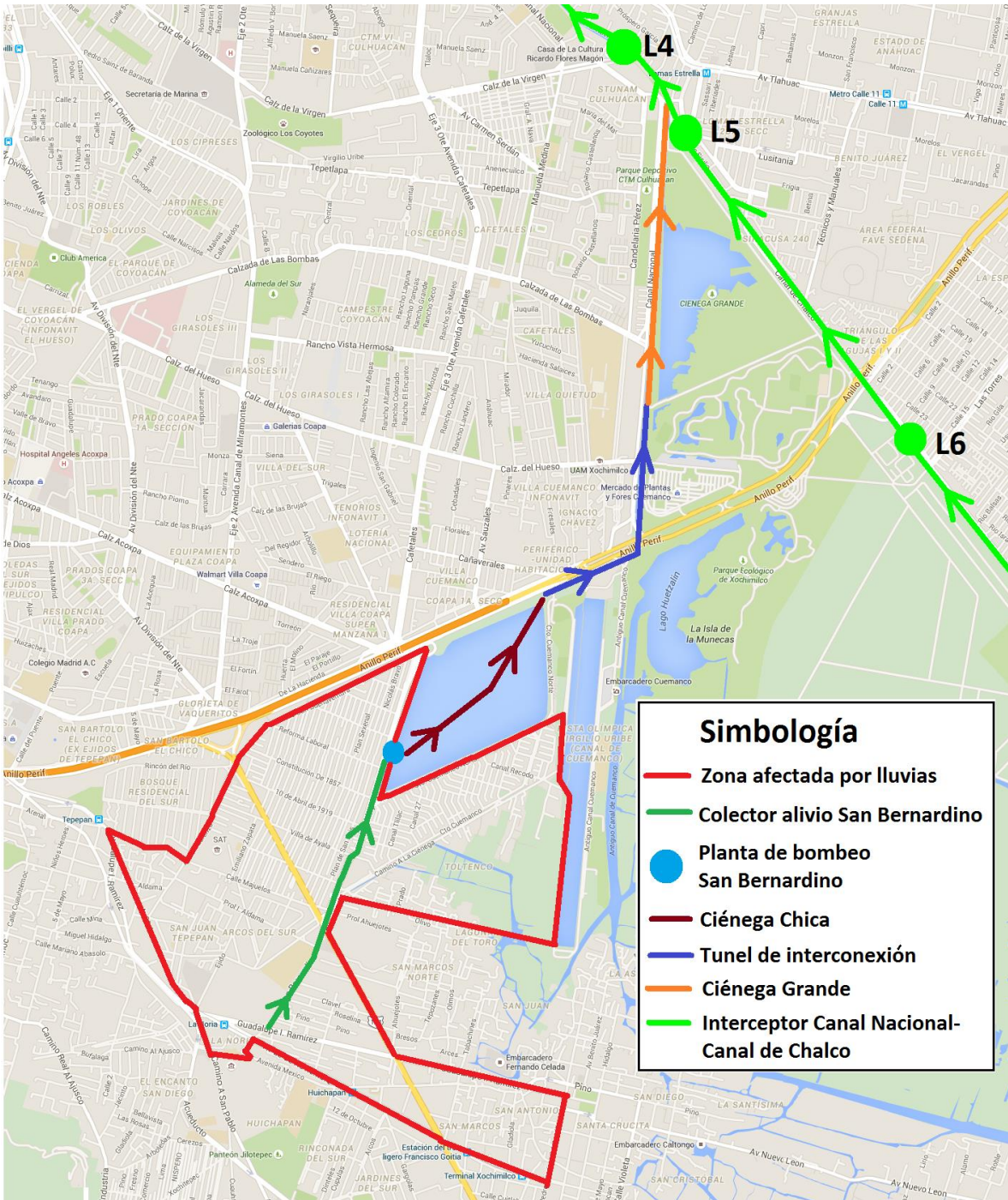


Figura 7. Esquema general del proyecto (adaptada de Google Maps)

### 3.1. Colector de alivio San Bernardino

El proyecto contempla la instalación de 1689 metros de tuberías de 1.07 y 1.83 metros de diámetro, su trayectoria es por la calle San Bernardino y la Avenida Muyuguarda, desde la Avenida Guadalupe I. Ramírez hasta su descarga en la planta de bombeo; en su trayecto, este colector alivia al colector Prolongación División del Norte, mejorando con esto el

desalojo del sistema de los cárcamos del sur de los poblados Nativitas, Santa Cruz y San Gregorio (SACMEX 1) (SACMEX 3).

Hasta el momento solo se ha construido parte del colector, como se puede apreciar en la figura inferior.

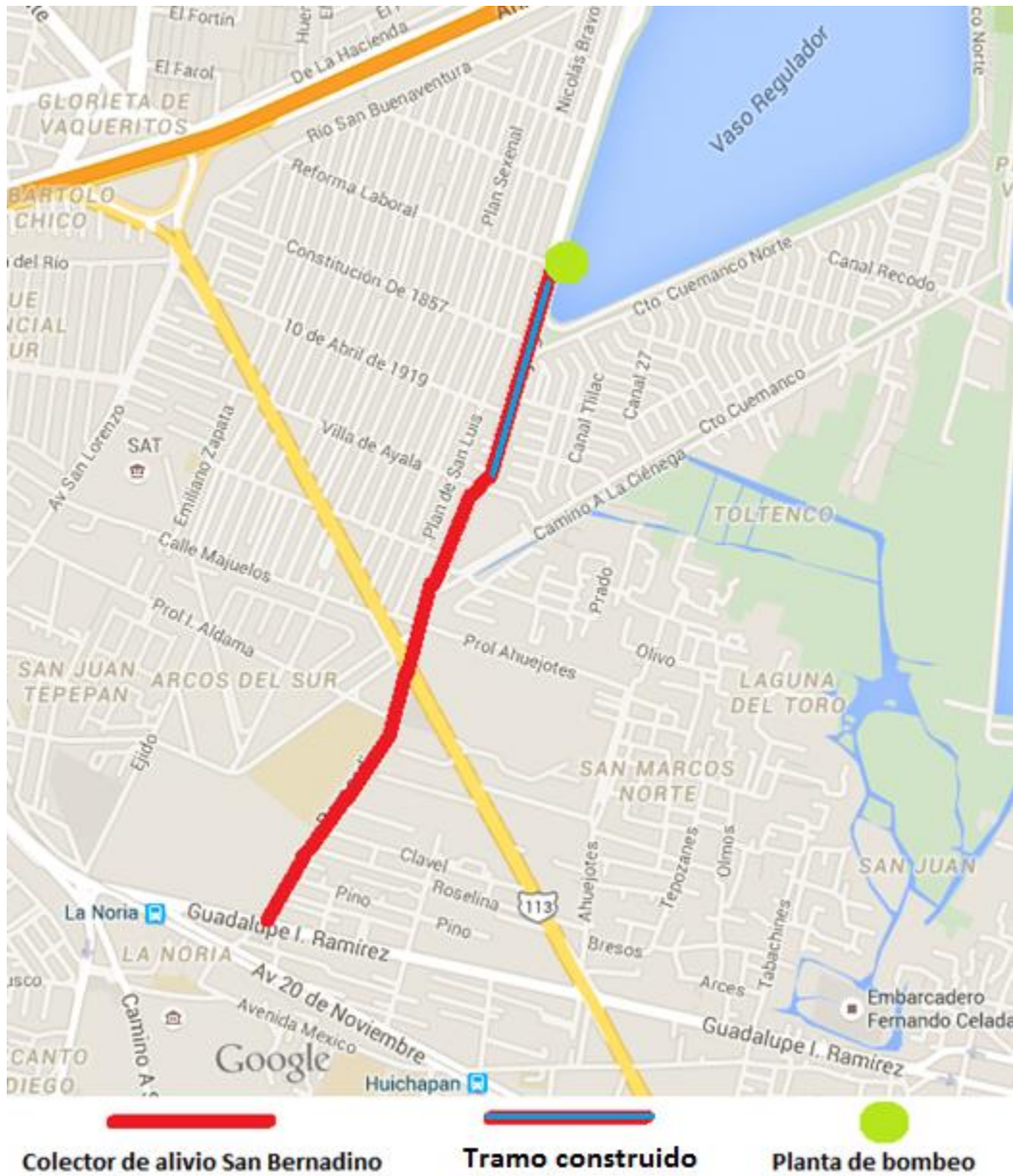


Figura 8. Trayectoria colector alivio San Bernadino (adaptada de Google Maps)



### 3.3 Laguna de Regulación Ciénega Chica

Se localiza al sur de la Ciudad de México, en la Delegación Xochimilco, tiene una superficie de 72 hectáreas, colinda al norte con el Anillo Periférico Sur, al poniente con la Av. Muyuarda, al oriente con la pista olímpica “Virgilio Uribe” y al sur con la Col. Barrio 18 (Figura 10).

En dicha laguna existen dos estructuras relevantes:

La primera estructura está localizada en la parte Nororiental de la laguna y consiste en un cajón de concreto que trabaja en una de sus secciones como descarga libre y la otra como descarga controlada, a través de una compuerta. El cajón mencionado tiene dos entradas con una sección de 24 m<sup>2</sup> aproximadamente cada una de ellas y se conoce como Túnel de Interconexión a la Ciénega Grande (SACMEX 2).

La segunda estructura localizada al Norponiente de la laguna consiste en un cajón de concreto que trabaja como una descarga libre, ya que carece de compuertas. El cajón mencionado tiene dos entradas, cada una de ellas con una sección de 24 m<sup>2</sup> aproximadamente (SACMEX 2).



Figura 10. Ubicación de la Ciénega Chica (adaptada de Google Maps)

### 3.4 Laguna de Regulación Ciénega Grande

La Ciénega Grande tiene un área de 84 hectáreas y se encuentra localizada en la Delegación Xochimilco; colinda al norte con la calle Nimes, al oriente con la Av. Canal de Chalco y el canal del mismo nombre y al sur con el Parque Ecológico de Xochimilco (figura 11).

En dicha laguna existen dos estructuras relevantes:

La primera estructura se localiza en la parte sur del Vaso Regulador y se trata del Túnel de Interconexión el cual, como ya se mencionó, es un cajón de concreto que en esta zona trabaja como una descarga libre ya que carece de compuertas. En su parte superior el cajón tiene una elevación de 2233.52 msnm y en su parte inferior, es decir, la plantilla del cajón tiene una elevación de 2229.11 msnm (SACMEX 4).

La segunda estructura está localizada en la parte Norte del Vaso Regulador la cual conduce las aguas hacia el Interceptor Canal Nacional-Canal de Chalco. Además dentro de este vaso existe un canal artificial denominado “*Canal de llamada*”, cuyo flujo es paralelo al Canal Nacional de sur a norte, conduciendo las aguas que provienen del Túnel de Interconexión hacia el interceptor Canal Nacional-Canal de Chalco. (SACMEX 4)



Figura 11. Ubicación de la Ciénega Grande (adaptada de Google Maps)

## 4. Descripción del procedimiento de desazolve

A continuación se describe el procedimiento realizado en la obra denominada **“Rehabilitación para incrementar la capacidad de regulación y desalojo de las aguas pluviales de la Ciénega Grande, Delegación Xochimilco”**, la cual fue llevada a cabo en el periodo del 24 de febrero al 23 de junio de 2014, mediante contrato efectuado entre SACMEX y una constructora.

### 4.1 Levantamiento de poligonales

Esta fue la primera actividad que se realizó, para lo cual se localizaron las referencias y bancos de nivel, los cuales estaban marcados en el proyecto ejecutivo. Estas referencias fueron dos mojoneras de concreto ubicadas en la zona del levantamiento, señaladas como “m-33-d” y “m-33-i” con coordenadas ( $y=2134173.674$ ,  $x=489542.819$ ,  $z=2233.233$ ) y ( $y=2134173.942$ ,  $x=489592.443$ ,  $z=2232.615$ ), respectivamente.

Para estos trabajos se contó con una cuadrilla de topografía, la cual constaba de un topógrafo (imagen 1), un cadenero (imagen 2) y dos ayudantes (imagen 3); dicha cuadrilla contó con equipo de topografía (estación total y nivel) y una lancha de fibra de vidrio con la cual ingresaron al interior del vaso regulador.

Una vez que la estación total se niveló y referenció, para determinar las condiciones en las que se encontraba el vaso regulador antes de iniciar los trabajos de desazolve se procedió a realizar el levantamiento de la poligonal y de las secciones transversales.

El levantamiento topográfico se realizó en conjunto con la supervisión externa, la cual a su vez contaba con su propia cuadrilla de topografía, Lo anterior para dar cumplimiento a lo establecido en el **Reglamento de la ley de obras públicas y servicios relacionados con las mismas** que en el **artículo 115** que a la letra dice:

**“Artículo 115.-** Las funciones de la supervisión serán las que a continuación se señalan:

*I. Revisar de manera detallada y previamente al inicio de los trabajos, la información que le proporcione la residencia con relación al contrato, con el objeto de enterarse de las condiciones en las que se desarrollará la obra o servicio y del sitio de los trabajos, así como de las diversas partes y características del proyecto, debiendo recabar la información necesaria que le permita iniciar los trabajos de supervisión según lo programado y ejecutarlos ininterrumpidamente hasta su conclusión;*

*II. Participar en la entrega física del sitio de la obra al superintendente y proporcionar trazos, referencias, bancos de nivel y demás elementos que permitan iniciar adecuadamente los trabajos;*

*III. Obtener de la residencia la ubicación de las obras inducidas y subterráneas y realizar con el contratista el trazo de su trayectoria; (...)"(RLOPSRM).*



**Imagen 1. Levantamiento de poligonal con estación total**





**Imagen 2. Posicionamiento del prisma sobre bordo.**



**Imagen 3. Posicionamiento del prisma dentro del vaso regulador.**

Una vez efectuada esta actividad, se determinaron las condiciones en las que se encontraba el vaso regulador, en virtud de las cuales la supervisión externa en conjunto con la supervisión interna dictaminaron que la **rasante dentro del vaso correspondería a 2229.35 msnm**, mientras que en el **canal de llamada fuera 2229.04 msnm**.

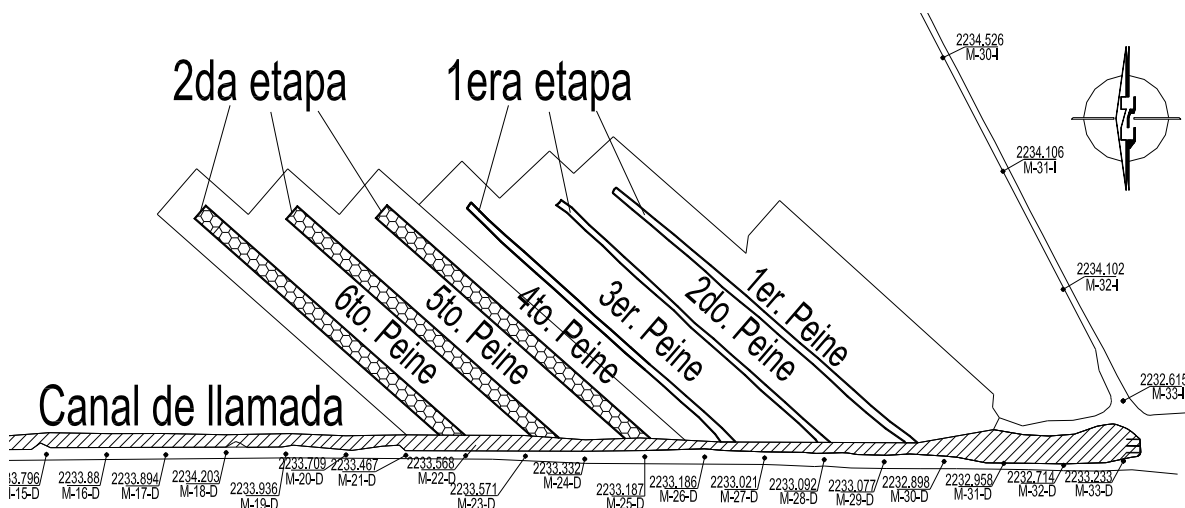
Con los datos recabados se procedió al dibujo de las secciones transversales del vaso regulador las cuales son una representación en dos dimensiones de la intersección de un plano (vertical y perpendicular al eje del canal de llamada), donde se muestran las condiciones en las que se encuentra el vaso regulador al inicio de los trabajos y la rasante de proyecto. Dichas secciones se pueden consultar en el **Anexo A**.

#### 4.2 Suministro, tendido, bandeado y conformación de tezontle.

Una vez concluidos los trabajos de topografía y después de que las supervisiones interna y externa definieran las secciones definitivas a desazolvar, se procedió a la construcción de los caminos de acceso al interior del vaso regulador, llamados “peines”.

Se dictaminó la construcción de 3 peines a base de tezontle paralelos a los ya existentes en el vaso, los cuales se construyeron en la 1ª etapa del proyecto, la cual fue ejecutada un año anterior (figura 12).

Los peines tienen una longitud de 300 m cada uno y sus ejes longitudinales equidistan 50 m. entre sí. Las secciones transversales de los peines se pueden encontrar en el **Anexo B**



**Figura 12. Ubicación de peines.**

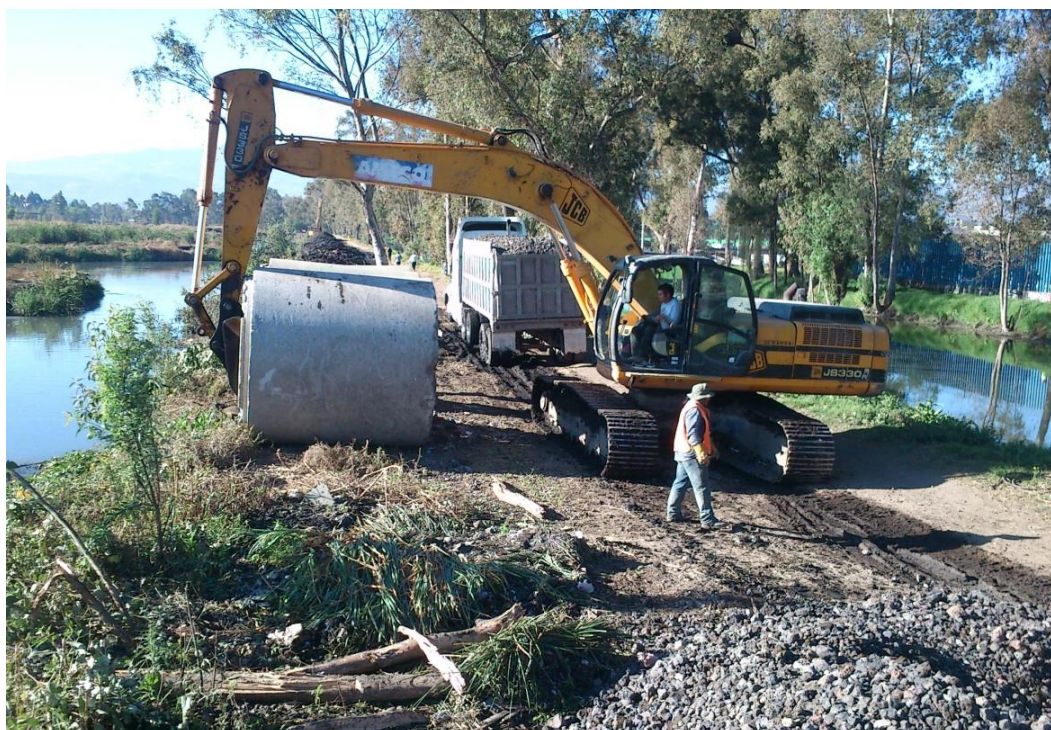
La construcción de los peines no debe interferir con el flujo de agua que se presenta en el Canal de Llamada; de manera que se requirió instalar provisionalmente 2 líneas de

tuberías de concreto de 2.13 m de diámetro sobre el mismo canal; para luego, una vez recubiertas de balastro permitieran el ingreso de la maquinaria y camiones requeridos al interior del vaso. Una vez terminados los trabajos de desazolve, las tuberías se retiran del canal de llamada y se vuelven a colocar sobre el bordo de canal nacional para su reutilización el siguiente año.

Cabe mencionar que las tuberías de concreto son propiedad del SACMEX y que se encuentran dentro de la zona de los trabajos sobre el bordo de Canal Nacional de manera permanente ya que estos trabajos de desazolve se realizan año con año, por lo que la constructora no tuvo la necesidad de suministrarlas.

Para realizar esta actividad fue necesario utilizar una retroexcavadora sobre orugas la cual, en primer lugar, acarrea las tuberías a la zona donde se fuera a construir el peine en cuestión (imagen 4 y 5), posteriormente con un estrobo se sujetaba la tubería para que la retroexcavadora la colocara en el canal de llamada (imagen 6 y 7).

Una vez colocadas las dos líneas de tubería de concreto, camiones de volteo cargados con balastro descargaban su contenido en el bordo del canal de llamada para que, con la ayuda de la retroexcavadora, se distribuyera el material sobre las dos líneas de tuberías y con esto crear una superficie adecuada para el tránsito de la maquinaria y camiones (imagen 8 y 9).



**Imagen 4. Tuberías de concreto de 2.13 m de diámetro**



**Imagen 5. Acarreo de tubería.**



**Imagen 6. Colocación de estrobo en tubería.**



**Imagen 7. Colocación de primera línea de tubería sobre canal de llamada.**



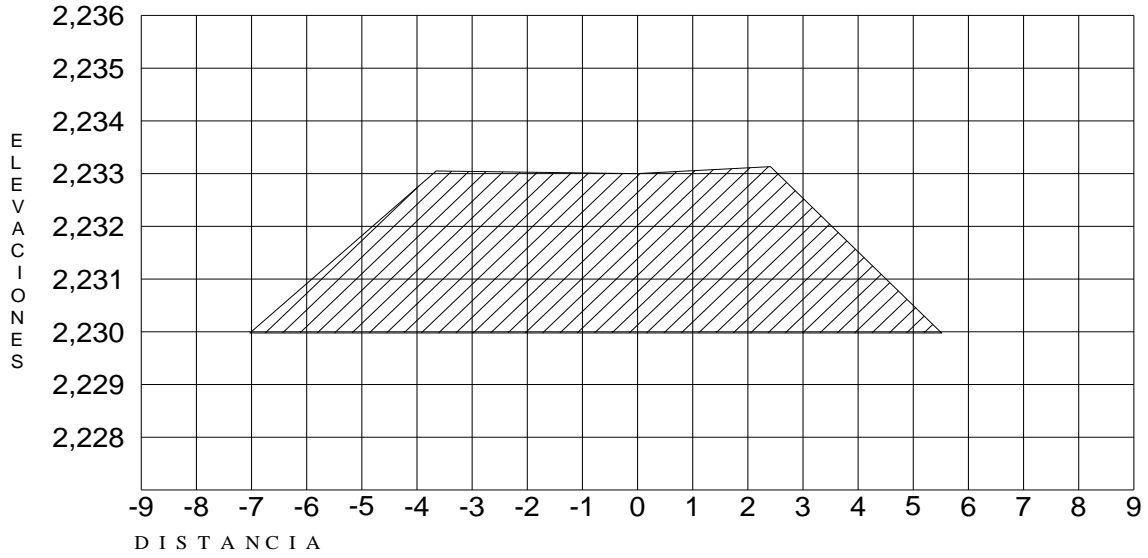
**Imagen 8. Colocación de segunda línea de tubería sobre canal de llamada.**



**Imagen 9. Colocación de balastro sobre tuberías.**

Una vez que se colocaron las dos líneas de tubería y se recubrieron con balastro, el procedimiento siguiente fue la construcción de los peines, lo cual consiste en ir vaciando los camiones cargados con balastro sobre la última parte construida de cada peine (imagen 10); luego la retroexcavadora tendía y bandeaba el material sobre la superficie del vaso para crear una nueva parte peine (imagen 11 y 12) y este proceso se repetía hasta llegar a una longitud de 300 m (imagen 13,14 y 15). Para mantener la alineación de los peines conforme a lo que marcaba el proyecto, se colocaban estacas con banderas de color rojo a cada 20 metros sobre el eje longitudinal de lo que sería el peine, con la finalidad de que sirviera de guía a los operadores de la maquinaria.

La forma de los peines es trapezoidal y sus dimensiones promedio son: corona: 7 m., base: 14 m y Altura: 3 m, teniendo una elevación promedio de la corona de 2,233 msnm; sin embargo, la base de los mismos tenía grandes variaciones en la elevación de una sección a otra, debido a las diferentes condiciones en las que se encontraba el suelo donde se desplantaba el peine (figura 13).



**Figura 13. Sección transversal tipo de peine.**

A continuación se muestran imágenes del proceso de construcción de un peine.



**Imagen 10. Descarga de camiones.**



**Imagen 11. Tendido de balastro.**



**Imagen 12. Bandedo de balastro para conformación del peine**





**Imagen 13. Conformación de peine.**



**Imagen 14. Peine terminado.**



**Imagen 15. Peine terminado.**

### **4.3 Desazolve.**

Después de construidos los peines, se procedió a realizar el desazolve, mediante la extracción del material con dragas y retroexcavadoras de brazo largo (imagen 16,17,20 y 21). Estas máquinas cargaban el material en camiones de volteo, mismos que lo trasladaban a la zona de deshidratación cuya ubicación fue especificada por la supervisión externa (imagen 18,19,22,23 y24).

Una vez descargado el material en la zona de deshidratación (figura 14), este se dejaba por un periodo aproximado de 3 días hasta que su contenido de agua disminuyera considerablemente y presentara las condiciones adecuadas para realizar su traslado al tiro oficial designado por el SACMEX (imagen 26,26,27 y 28).

Durante esta actividad constantemente se realizaron conjuntamente con la supervisión verificaciones del nivel al que se encontraba el azolve en las secciones que en el momento estuviesen siendo desazolvadas para garantizar que se alcanzara la rasante de proyecto (imagen 29).



**Figura 14. Ubicación de zona de deshidratación (adaptada de Google Maps)**

Teniendo en cuenta lo anterior y con el objeto de cuantificar el volumen real a trasladar se realizó una prueba de campo llamada “Prueba de deshidratación”, la cual consiste, de manera general, en llenar dos tambos de 200 litros cada uno con material de desazolve y dejarlos reposar 72 horas; posteriormente observar la disminución de volumen que se presenta y con esto hacer una relación entre volumen inicial y volumen final obteniendo un factor de reducción volumétrica. Esta prueba sirve para medir la reducción volumétrica que sufre el material depositado en la zona de deshidratación por la pérdida de contenido de agua al cabo de 3 días: Los resultados de la prueba de deshidratación llevada a cabo resultaron en un **Factor de reducción volumétrico de  $F_{RV} = 0.9885$**

El procedimiento así como los cálculos realizados en dicha prueba se pueden consultar en el **Anexo C**

Debido a la imposibilidad de medir en sitio las dimensiones de la zona desazolvada por que esta se encontraba inundada, la forma en que se cuantificó el volumen desazolvado en el vaso fue mediante la suma del número de viajes camiones que salían cargados involucrando sus capacidades respectivas. Lo anterior implica que el volumen medido en banco se consideró igual al volumen que se obtiene de sumar los viajes de camiones que salieron cargados.

Cabe mencionar que durante esta actividad y debido a la naturaleza de la misma, los caminos de acceso a la obra, el bordo de canal nacional y los peines quedaban impregnados de material de azolve.



**Imagen 16. Extracción de material de azolve con draga.**



**Imagen 17. Extracción de material de azolve con draga.**



**Imagen 18. Carga de camiones para traslado a zona de deshidratación.**



**Imagen 19. Carga de camiones con draga para traslado a zona de deshidratación.**



**Imagen 20. Extracción de material con Retroexcavadora.**



**Imagen 21. Extracción de material con retroexcavadora.**



**Imagen 22. Carga de camiones con retroexcavadora para traslado a zona de deshidratación.**



**Imagen 23. Carga de camiones con retroexcavadora para traslado a zona de deshidratación.**



**Imagen 24. Traslado de material a zona de deshidratación**



**Imagen 25. Descarga de material en zona de deshidratación.**





**Imagen 26. Descarga de material en zona de deshidratación.**



**Imagen 27. Zona de deshidratación.**



**Imagen 28. Zona de deshidratación.**



**Imagen 29. Verificación de rasante de proyecto.**

#### **4.4 Carga mecánica y acarreo en camión de material deshidratado a zona de disposición final.**

Una vez que el material de desazolve depositado en la zona de deshidratación presentaba características adecuadas para su traslado, aproximadamente después de 3 días de estar en reposo, este se cargaba en camiones utilizando retroexcavadoras (imagen 30,31 y 32). Estos trasladaban el material de desazolve a la zona de disposición final (imagen 33), misma que fue designada por el SACMEX acatando los lineamientos que la *Ley de residuos sólidos del Distrito federal* así como su reglamento estipulan en los artículos 26 y 42 respectivamente, que a la letra dicen:

*“Artículo 26. Los propietarios, directores responsables de obra, contratistas y encargados de inmuebles en construcción o demolición, son responsables solidarios en caso de provocarse la diseminación de materiales, escombros y cualquier otra clase de residuos sólidos, así como su mezcla con otros residuos ya sean de tipo orgánico o peligrosos.*

*El frente de las construcciones o inmuebles en demolición deberán mantenerse en completa limpieza, quedando prohibido almacenar escombros y materiales en la vía pública.*

*Los responsables deberán transportar los escombros en vehículos adecuados que eviten su dispersión durante el transporte a los sitios que determine la Secretaría de Obras y Servicios.”(LRSDF).*

*“Artículo 42. Sin perjuicio de lo previsto en las Normas Ambientales aplicables, para el transporte y depósito de residuos de la construcción, se procederá de la manera siguiente:*

*I. La Secretaría de Obras determinará los sitios de recepción de residuos de la construcción;*

*II. Los sitios autorizados expedirán al transportista o a la persona física o moral que deposite residuos de la construcción en su predio, un sello o comprobante del depósito de residuos realizado, mismo que servirá para demostrar el cumplimiento de la obligación señalada en el artículo 26 de la Ley;*

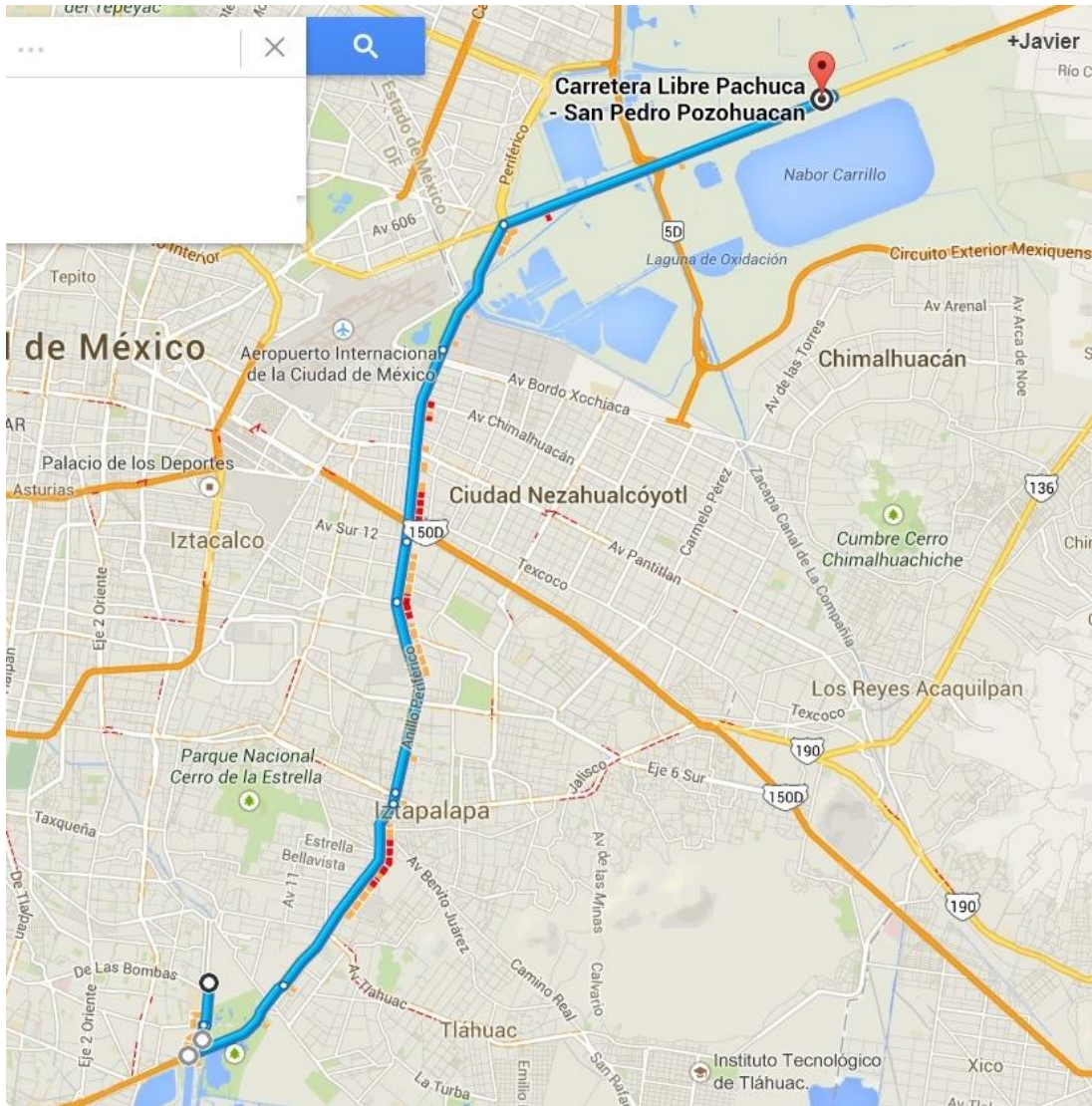
*III. Los sitios autorizados deberán recibir exclusivamente residuos de la construcción limpios que no contengan residuos sólidos urbanos, otros residuos de manejo especial o peligrosos;*

*IV. Las personas físicas o morales que generen o transporten más de 7m<sup>3</sup> de residuos al día, deberán solicitar previamente su recepción en las instalaciones o sitios autorizados, especificando en su solicitud los vehículos en que se llevará a cabo el traslado de los residuos y cumpliendo en su caso con el pago de derechos previsto en el Código Financiero del Distrito Federal;*

*V. Los transportistas o la persona física o moral que pretenda depositar residuos de la construcción en el sitio de recepción determinado por la Secretaría de Obras, al momento de acudir al sitio y previo al depósito, deberá entregar al responsable del sitio la carta responsiva correspondiente; y*

*VI. Las personas físicas o morales que generen o transporten hasta 7m<sup>3</sup> de residuos al día, podrán depositar los residuos en los sitios o instalaciones autorizadas, sin previo aviso; tratándose de instalaciones o sitios pertenecientes al Gobierno del Distrito Federal, se deberá realizar el pago de derechos correspondientes, de conformidad con el Código Financiero del Distrito Federal” (RLRSDF).*

Con base en lo descrito en el punto 4.4, el SACMEX designó como zona de disposición final al tiro oficial denominado “Caballerizas en la zona federal del ex Lago de Texcoco”, ubicado sobre la carretera libre Pachuca, cerca del Vaso Nabor Carrillo (figura 15).



**Figura 15. Ruta al tiro (adaptada de .Google Maps)**

Para obtener la distancia exacta recorrida por los camiones desde la zona de los trabajos hasta llegar al tiro, se realizó un recorrido en dos automóviles y con ayuda del odómetro de cada uno de ellos se obtuvo la distancia correspondiente, resultando ser 37.5 km.

Por otra parte la supervisión de obra tuvo la encomienda por parte del SACMEX de entregar a cada camión cargado con material de desazolve una “papeleta”. Éstas consisten en un documento con tres secciones idénticas (A, B y C), en cada una de las cuales se anotaban las placas del camión cargado, fecha y hora de carga, capacidad del camión y por último el supervisor en turno la firmaba. La papeleta “A” quedaba a resguardo de la supervisión, y las otras dos papeletas “B” y “C” se le entregaban al conductor del camión. Una vez que se trasladaba y descargaba el material en el tiro, el conductor entregaba la papeleta “B” al encargado del tiro, la cual quedaba a su resguardo,

y solicitaba que le sellaran la papeleta “C” la cual quedaba a resguardo del contratista. El procedimiento anteriormente descrito tuvo particularmente dos funciones; por una parte sirvió para demostrar el cumplimiento de la obligación señalada en el artículo 26 de la *Ley de residuos sólidos del Distrito Federal* y por otra para llevar a cabo un control del número de acarreos, el cual como ya se mencionó anteriormente sirvió para cuantificar el volumen desazolvado.

Como ya se mencionó, fue de suma importancia evitar contaminar las vialidades por donde transitaban los camiones, por lo cual los vehículos utilizados contaban con sello de hule en la tapa y lona en la parte superior, para evitar que se derramara o esparcieran partículas de azolve a lo largo del recorrido.



**Imagen 30. Camiones a la espera de cargar en zona de deshidratación.**



**Imagen 31. Carga de camiones en zona de deshidratación.**



**Imagen 32. Carga de camiones en zona de deshidratación.**



**Imagen 33. Salida de camiones hacia el tiro.**

#### **4.5 Trabajos de limpieza**

Debido al constante paso de maquinaria y de los camiones de volteo cargados con material de desazolve, la zona circundante del vaso regulador se contaminó con material producto del desazolve (imagen 34), por lo cual fue necesaria la limpieza de la zona empleando retroexcavadoras que levantaban el material esparcido y lo cargaban en camiones para su traslado al tiro (imagen 35 y 36). También, en donde fuera necesario, se utilizó una pipa de agua para evitar que las partículas se suspendieran en el aire (imagen 37).

Por otra parte, se retiraron las tuberías colocadas en el canal de llamada y se volvieron a colocar sobre el bordo de canal nacional (imagen 38 y 39).





**Imagen 34. Condiciones del bordo al término de la obra.**



**Imagen 35. Limpieza de bordo con maquinaria.**



**Imagen 36. Carga de lodo en camiones**



**Imagen 37. Riego de agua en camino con pipa**



**Imagen 38. Retiro de tuberías de concreto de canal de llamada**



**Imagen 39. Colocación de tuberías sobre bordo**

## 5. Procedimiento de cobro

En este capítulo se definirá el proceso administrativo que se llevó a cabo para efectos de cobro de los trabajos realizados, para lo cual se apoyó en la *Ley de obras públicas y servicios relacionados con las mismas* y en su respectivo reglamento.

La empresa constructora presentaba quincenalmente estimaciones, las cuales significan según el *Reglamento de la ley de obras públicas y servicios relacionados con las mismas* lo siguiente:

*“Estimación: la valuación de los trabajos ejecutados en un periodo determinado presentada para autorización de pago, en la cual se aplican los precios, valores o porcentajes establecidos en el contrato en atención a la naturaleza y características del mismo, considerando, en su caso, la amortización de los anticipos, los ajustes de costos, las retenciones económicas, las penas convencionales y las deducciones; así como, la valuación de los conceptos que permitan determinar el monto de los gastos no recuperables;”* (RLOPSRM)

Por otra parte, en la *Ley de obras públicas y servicios relacionados con las mismas* se estipula lo siguiente

*“Artículo 54.- Las estimaciones de los trabajos ejecutados se deberán formular con una periodicidad no mayor de un mes. El contratista deberá presentarlas a la residencia de obra dentro de los seis días naturales siguientes a la fecha de corte para el pago de las estimaciones que hubiere fijado la dependencia o entidad en el contrato, acompañadas de la documentación que acredite la procedencia de su pago; la residencia de obra para realizar la revisión y autorización de las estimaciones contará con un plazo no mayor de quince días naturales siguientes a su presentación. En el supuesto de que surjan diferencias técnicas o numéricas que no puedan ser autorizadas dentro de dicho plazo, éstas se resolverán e incorporarán en la siguiente estimación. (...)”* (LOPSRM).

Teniendo en cuenta lo anterior, la empresa constructora entregaba a la residencia de obra la estimaciones. Dichas estimaciones estaban conformadas de manera general por los formatos del sistema de aguas, números generadores, reporte fotográfico y papeletas.

Para el cálculo de los volúmenes de desazolve presentados en los generadores de obra se empleó el *método del promedio de áreas extremas* que consiste en promediar, valga la redundancia, el valor de las áreas de los extremos de una sección y multiplicarlo por la distancia entre las mismas para de esta manera se obtenga el volumen de dicha sección. El volumen obtenido en cada sección con este método se multiplicó por el factor de reducción volumétrica **Factor de reducción volumétrico de  $F_{RV} = 0.9885$**  para luego ser multiplicado por el precio unitario del concepto y dar como resultado un importe.

## 6. Resultados de la rehabilitación

Como se mencionó al inicio de este trabajo, el desazolve de los vasos reguladores es de suma importancia para el correcto funcionamiento del sistema de drenaje de la ciudad, ya que estos sirven para atenuar los picos de las avenidas que se presentan en la cuenca del Valle de México y de forma colateral funcionan como desarenadores a gran escala, evitando que los residuos sólidos y la basura ingresen al drenaje profundo.

Con base en lo descrito en los puntos 2 y 3, es evidente la importancia de llevar a cabo los desazolves año con año, para evitar, en la mayor medida posible, que las diferentes estructuras que componen el sistema de drenaje operen en condiciones que rebasen su capacidad de repuesta y se puedan producir inundaciones.

A continuación se muestran los volúmenes totales de balastro utilizado en cada uno de los peines así como el volumen total desazolvado en el canal de llamada y en el vaso regulador. El cálculo detallado para lo obtención de estos valores se puede consultar en el **Anexo D**

### Volumen de balastro

Peine	Volumen (m3)
4	9213.84
5	10035.00
6	9925.86
<b>Total</b>	<b>29174.70</b>

### Volumen Desazolvado

Zona	Volumen (m3)
Vaso	80375.02
Canal de llamada	13948.25
<b>Total</b>	<b>94323.27</b>

Debido a la naturaleza de los trabajos es posible que no se puedan apreciar a simple vista la magnitud de los trabajos ya que estos quedan ocultos bajo el nivel del agua del vaso, sin embargo, en las siguientes imágenes se puede observar las condiciones iniciales y finales del vaso regulador.



**Imagen 40. Condiciones del vaso antes de realizar el desazolve**



**Imagen 41. Condiciones del vaso antes de realizar el desazolve**



**Imagen 42. Condiciones del vaso después de realizar el desazolve (Sección desazolvada entre peine 4 y 5)**



## 7. Conclusiones

Es muy probable que los trabajos de desazolve de los vasos reguladores no se valoren de la misma manera en que se valoran en un edificio o en una carretera, sin embargo tienen la misma valía y como se mencionó en el primer capítulo, estos trabajos son de suma importancia para evitar inundaciones en la ciudad, por lo cual se deben de realizar periódicamente en las épocas de estiaje. Por otra parte y como parte del control de inundaciones, es importante mencionar que muchas de estas se deben a la obstrucción del drenaje por residuos sólidos, por lo cual es importante que se realicen campañas de concientización para que la población disponga correctamente los mismos.

Al haber trabajado en la ejecución de diversos proyectos del SACMEX, como son líneas de distribución de agua potable, colectores y el desazolve de un vaso regulador, me he concientizado de la complejidad que tiene el sistema de drenaje de la Ciudad de México y de la gran labor que realiza el organismo operador para salvaguardar el bienestar de la población, en la cual intervienen miles de personas y muchos recursos económicos que se transforman en un beneficio incalculable para los habitantes de la Ciudad de México.

Por otra parte, dentro de estas conclusiones daré mi punto de vista en ciertas cuestiones técnicas y administrativas que a mi parecer no son adecuadas. En primer lugar, la cuantificación del volumen de azolve presenta un grave error, ya que aunque no existe una normatividad en cuanto a la ejecución de este procedimiento ni de la forma de cuantificar dicho volumen, existen normas para procedimientos similares, cuyas estipulaciones pueden ser tomadas en cuenta; para este caso en particular me gustaría referirme a las *Normas de construcción de la administración pública del Distrito Federal en su libro 3, tomo I*, que a la letra dicen:

### **“Capítulo 005-E10:**

*Los derrumbes ocasionados por causas fortuitas no imputables al contratista deben clasificarse y cuantificarse directamente en el sitio del derrumbe. La medición para cuantificar el volumen del producto del derrumbe, se hará si es posible mediante seccionamiento y con el método del promedio de áreas extremas, de lo contrario, se cuantificará en vehículo de transporte una vez cargado dicho producto y dividiendo el volumen total resultante entre el factor de abundamiento correspondiente, según disponga el Gobierno del Distrito Federal” (SOBSE).*

### **“Capítulo 011-E02:**

*b) Los abundamientos serán objeto de previsión de los contratistas ejecutantes de los trabajos para efecto de pago, de manera que las extracciones de material de banco, las excavaciones o cortes se cuantificaran por volumen extraído de banco o sitio y se transportaran en volumen tal que sin importar el abundamiento, se pague según volumen en el sitio de extracción (...)"(SOBSE).*

De igual manera, en la nota aclaratorias del concurso No 14 se estipula lo siguiente”

*“14.- La empresa que realice los trabajos de desazolve deberá considerar el abundamiento que presente el material deshidratado y considerarlo en su precio unitario y se le recuerda que el pago del azolve es el medido en banco, no el número de acarreos por lo que no se le reconocerá pago adicional referente a este concepto.”*

Con base en estas normas y la nota aclaratoria, se aprecia que la cuantificación del volumen desazolvado del vaso es incorrecta, ya que como se mencionó en *capítulo 5* de este trabajo, debido la imposibilidad de cuantificar en el sitio de la excavación por el nivel de agua presente en el vaso, se optó por cuantificar el volumen con base en el número de camiones cargados. Este volumen se multiplicó por el factor de reducción volumétrica por deshidratación y se consideró como el volumen desazolvado en el vaso. Sin embargo, también se debió haber considerado el factor de abundamiento, lo cual no se hizo.

El factor de abundamiento está en función del tipo de material del que se trate. En especificaciones de construcción de la CONAGUA podemos encontrar la siguiente definición acerca de los tipos de material:

#### *“Material I*

*Son los materiales fácilmente excavables con pala de mano y sin necesidad de emplear zapapico, aun que esto se use para aumentar los rendimientos. También los que son fácilmente excavables con equipo mecánico ligero, como draga de arrastre, cargador frontal o retroexcavadora montados en tractores de orugas con cuchillas angulables o arado desgarrador para aflojar el material aun cuando el contratista los utilice para aumentar sus rendimientos.*

#### *Material II*

*Son los materiales de dureza y contextura tal que no pueden ser económicamente atacados con solo el empleo de pala de mano, pero*

si lo son con ayuda de zapapico; con equipo mecánico sin el uso previo de explosivos.

### Material III

Con el término de material III se designa convencionalmente a todo aquel material de dureza y con textura tal que no pueda ser económicamente excavado si no con el uso de tractor de oruga que tenga una potencia en la barra mayor de 235 HP o mediante el uso previo de explosivos, ni tampoco puede ser aflojado con herramienta de cualquier género, esta misma especificación subsiste para peñascos, pedruscos desprendidos de roca cuyo volumen sea de 0.75 m<sup>3</sup> o más." (CONAGUA 1)

Por lo tanto, con base en las definiciones anteriores, el azolve extraído del vaso se puede considerar como **material tipo I**.

Ahora se define el factor de abundamiento con base en lo estipulado en el *Manual Técnico de Construcción (Holcim. Apasco)*, que a la letra dice:

Factor de abundamiento por tipo de material		
Material		Factor de abundamiento
1	Tierra (material tipo I o II), tepetate, arcilla, limo	1.30
2	Arena, grava	1.12
3	Concreto, piedra, mampostería, suelo (material tipo III)	1.50

(APASCO 1)

Por lo tanto al material extraído del vaso le corresponde un **factor de abundamiento Fa = 1.30**

El dato anterior tiene una trascendencia, ya que el pago de los trabajos ejecutados de desazolve, como ya se mencionó anteriormente, debieron haberse realizado respecto de un volumen medido en banco, es decir, **los 94,323.27 m<sup>3</sup> representan el volumen de material abundado que se trasladó al tiro oficial** y esta cifra debió haberse dividido entre el factor de abundamiento Fa= 1.30 para obtener el volumen medido en banco resultando ser este **72,556.36 m<sup>3</sup>**, sobre los cuales se debieron de haber realizado los pagos al contratista.

Considero que es un gran error el cometido al haber manejado la cuantificación con base en el número de acarreo sin considerar ningún factor de abundamiento, ya que al no

hacerlo las erogaciones realizadas al contratista están 30% por arriba de lo que es correcto.

En cuanto a la “prueba de deshidratación” considero que se debieron de realizar más de dos muestras para que la prueba fuera representativa del material de todo el vaso, a mi parecer se deberían haber tomado por lo menos 10 muestras de diferentes puntos del vaso. Por otra parte, para que los resultados de cualquier prueba representen fielmente algún comportamiento las condiciones en las que se haga deben de ser lo más cercano a la realidad, lo cual no se cumplió en la “prueba de deshidratación”, ya que al meter el material de azolve en tambos que se sellaron en la parte superior con plástico se evitó que el agua se evaporase con la misma facilidad que el material de desazolve en la zona de deshidratación, por lo tanto los resultados obtenidos en esta prueba no son representativos de la reducción volumétrica que sufre el azolve por la pérdida de contenido de agua.

Otra observación que es necesaria hacer es respecto a las mediciones realizadas a los tambos para observar la disminución del nivel de azolve, ya que como se puede apreciar en las imágenes 48 y 49 correspondientes a la prueba de deshidratación en el Anexo C, la superficie del azolve es muy irregular y aunado a la diminuta disminución que sufre el material -la cual es de algunos milímetros- es sumamente difícil tomar una medida de dicha disminución.

Se puede observar claramente que el factor de reducción volumétrica obtenido mediante prueba descrita en el *Anexo c* es incorrecto, lo cual tiene serias implicaciones, debido a que el factor de reducción volumétrica por deshidratación así como el factor de abundamiento influyen directamente en el volumen desazolvado del vaso y por ende en los pagos realizados por dicho concepto. Por lo tanto es importante determinar dichos factores con la mayor precisión posible, tarea que bien podría realizar algún laboratorio certificado en donde pudieran realizarse las pruebas pertinentes y dictaminar los factores de reducción volumétrica por deshidratación así como el factor de abundamiento.

El punto medular de las cuestiones anteriormente tratadas es obtener el volumen medido en banco desazolvado ya que además de influir directamente en el costo de la obra es un factor de suma importancia en la determinación de la capacidad del vaso regulador.

La experiencia vivida al trabajar en este proyecto ha sido de gran ayuda en mi formación como profesional de la ingeniería, ya que me permitió conocer, en campo, la aplicación de procedimientos constructivos que solo había tenido la oportunidad de leer en manuales. Por otra parte me di cuenta de la enorme valía que tiene una buena preparación universitaria para afrontar los problemas que se presentan en el ejercicio de la profesión.

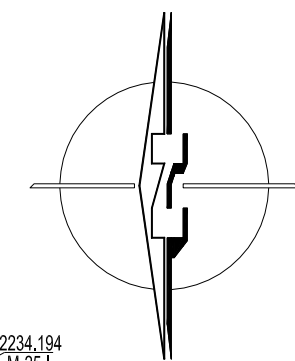
Considero que es sumamente importante mezclar la teoría con la práctica, es decir, que mientras se estudie también se apliquen los conocimientos adquiridos en algún trabajo, es algo que además de incrementar tus conocimientos, forma carácter, disciplina y criterio así como muchas otras aptitudes que sin lugar a duda un profesional de la ingeniería debe tener.

Por último, enfatizar la importancia que deben tener la ética en la formación de los ingenieros, ya que desafortunadamente en México existe mucha corrupción, por lo cual es fundamental que los ingenieros tengan una formación que propicie los valores éticos y morales para poder combatir, de alguna manera, la corrupción que impide el crecimiento del país.

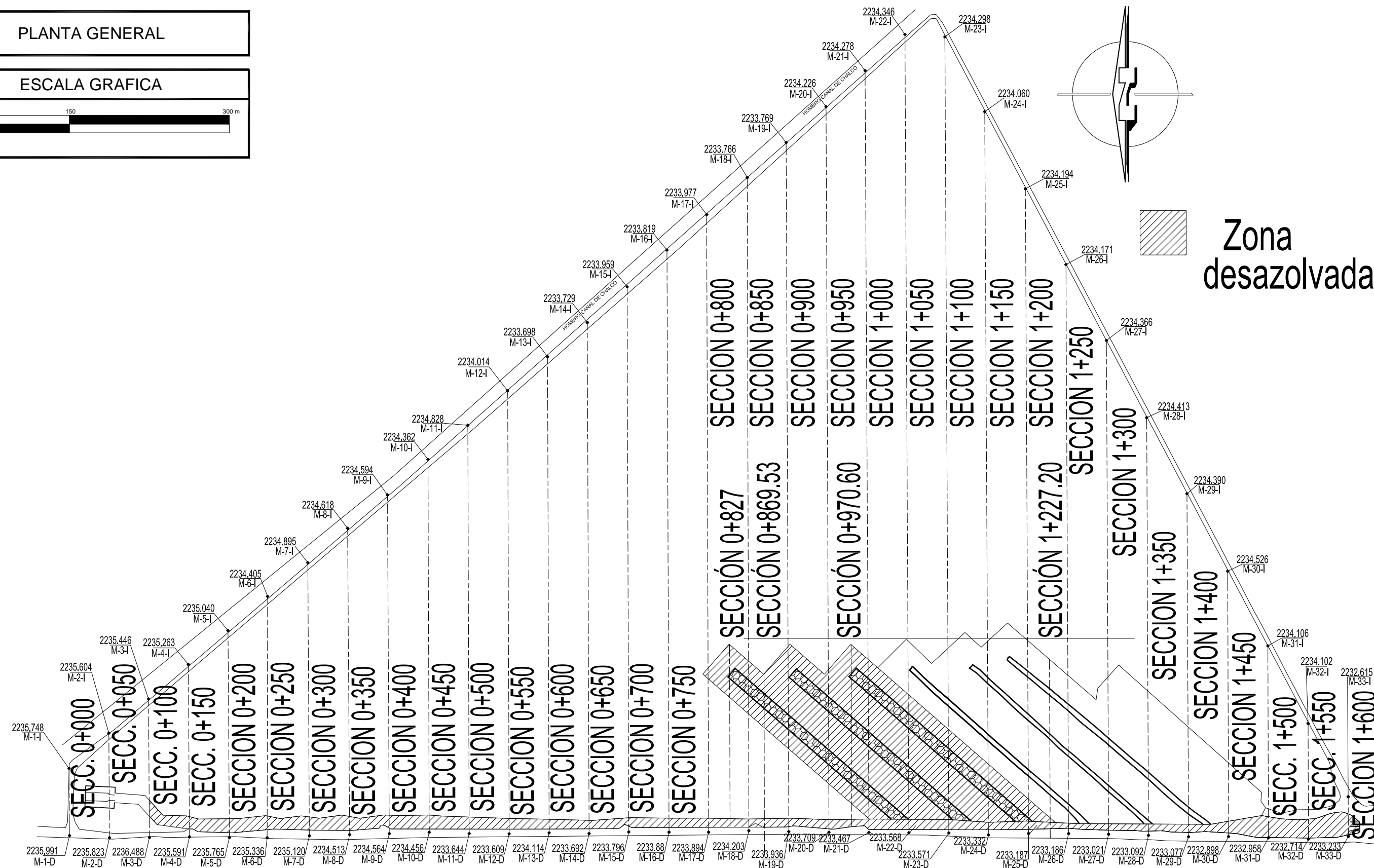
# Anexo A

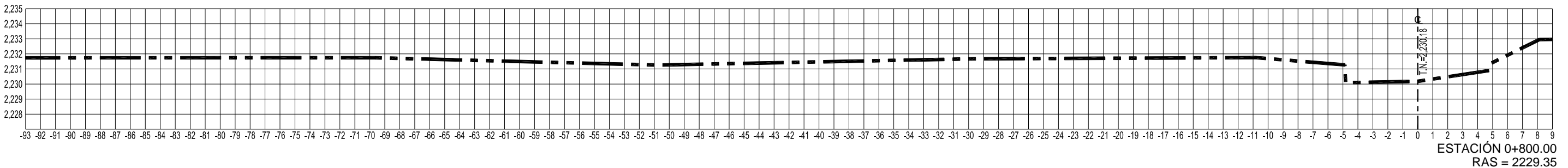
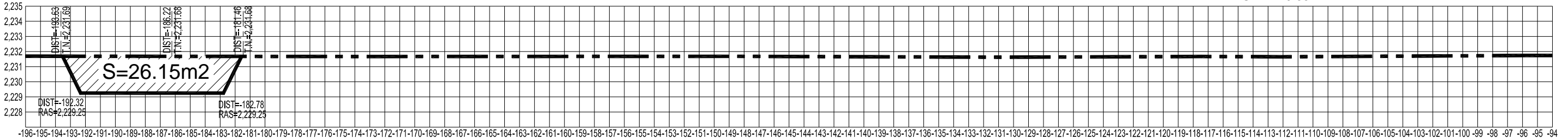
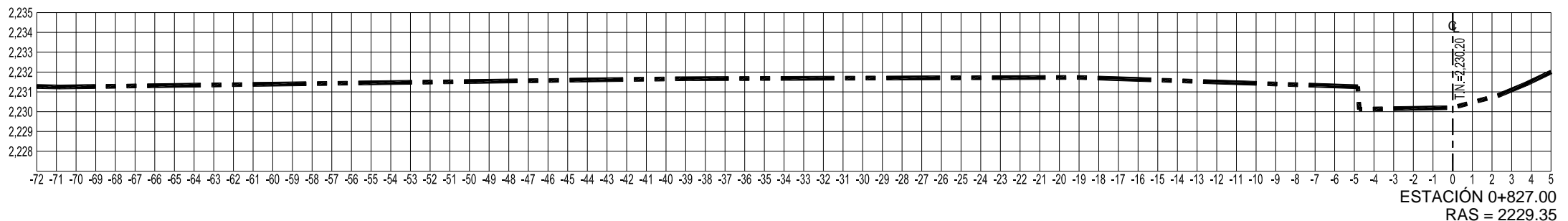
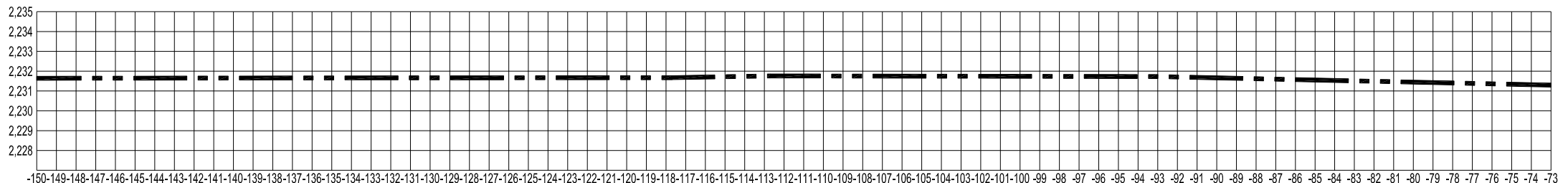
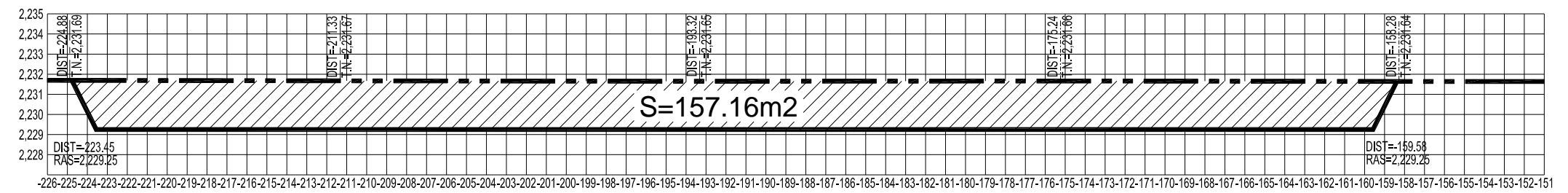
PLANTA GENERAL

ESCALA GRAFICA



Zona desazolvada

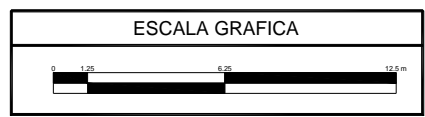




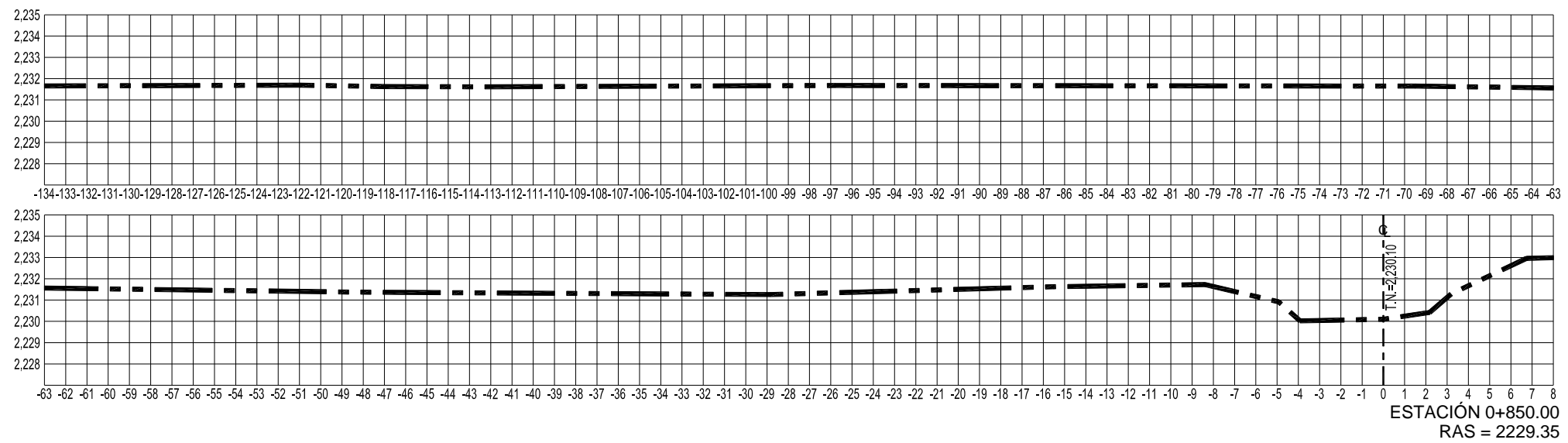
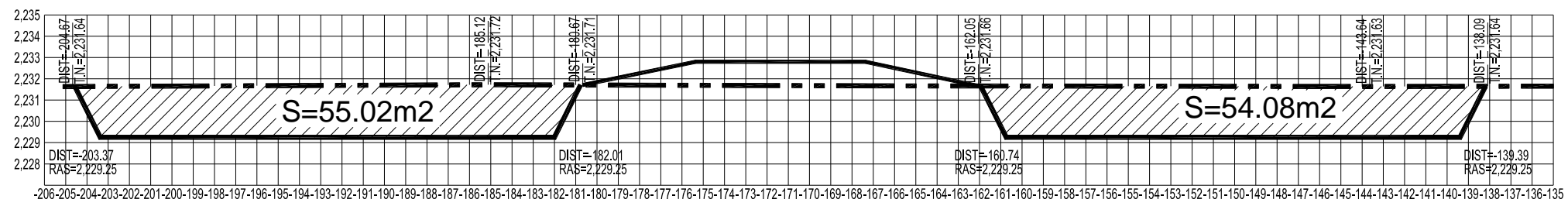
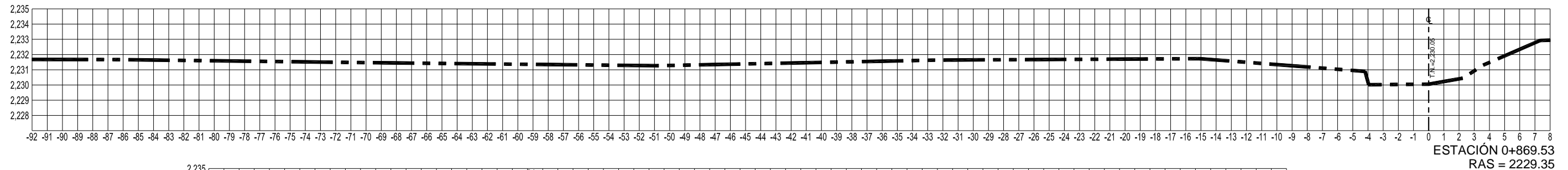
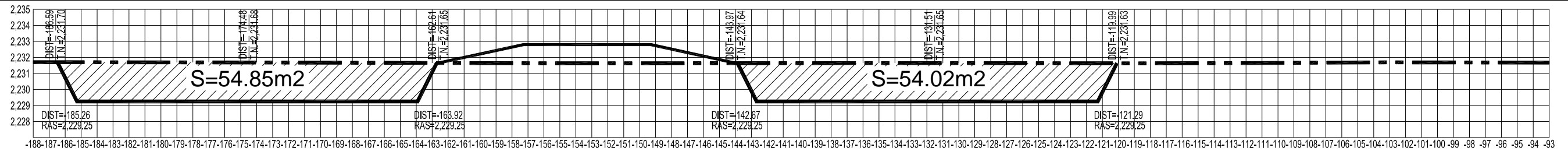
SECCIONES DESAZOLVADAS AL INTERIOR DEL VASO

SIMBOLOGÍA:

	TERRENO NATURAL
	RASANTE
	AREA DEL VASO



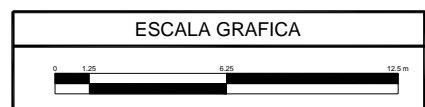


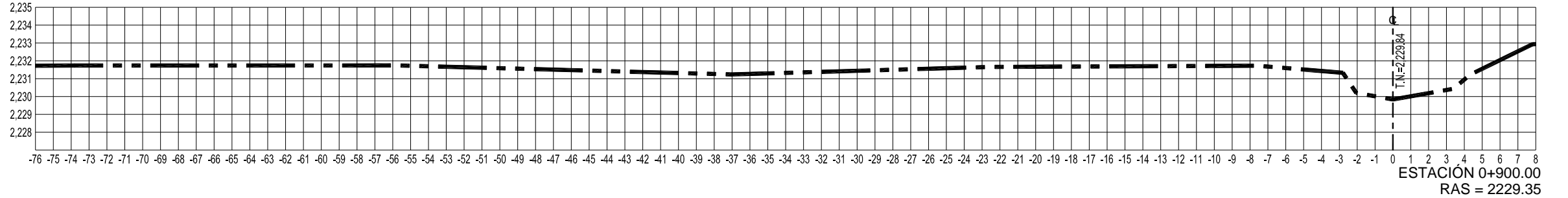
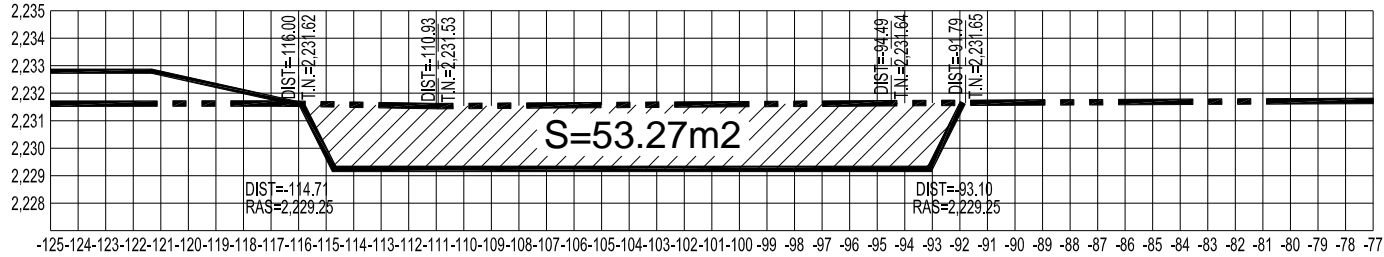
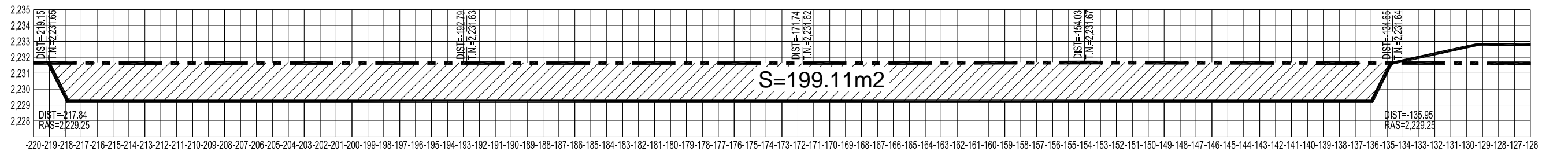
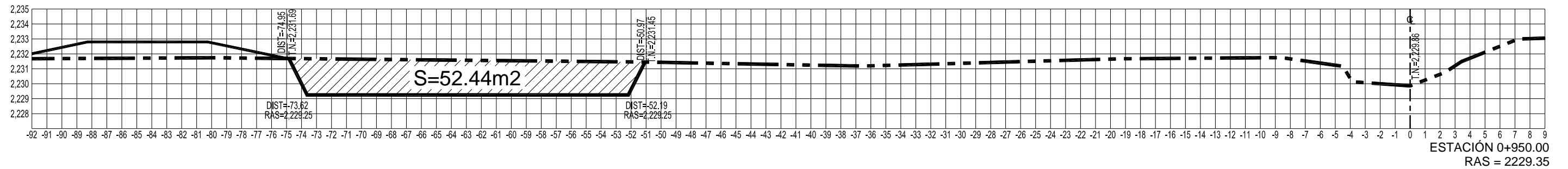
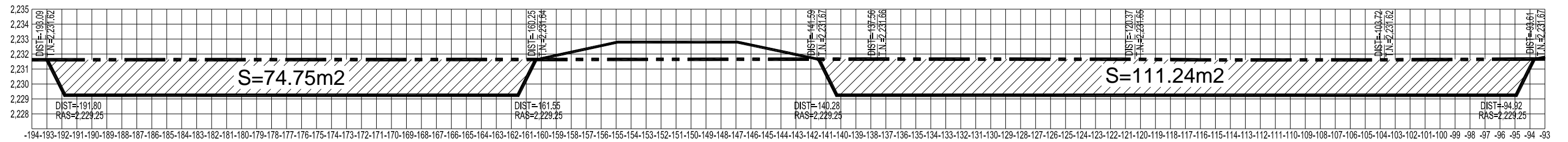


SECCIONES DESAZOLVADAS AL INTERIOR DEL VASO

SIMBOLOGÍA:

	TERRENO NATURAL
	RASANTE
	AREA DEL VASO

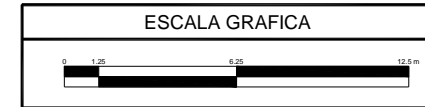


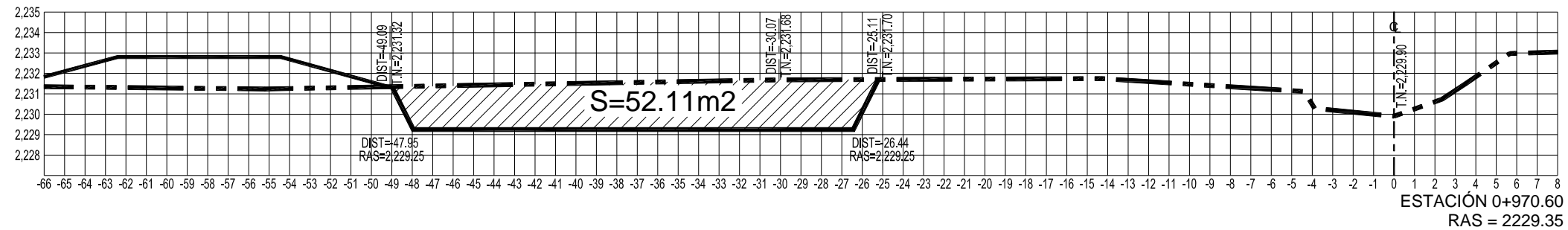
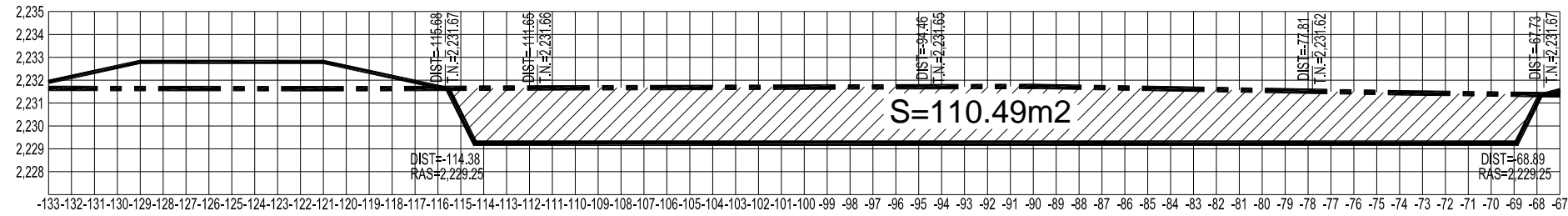
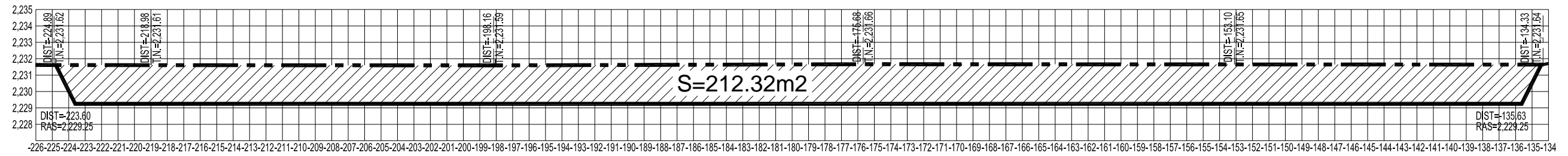
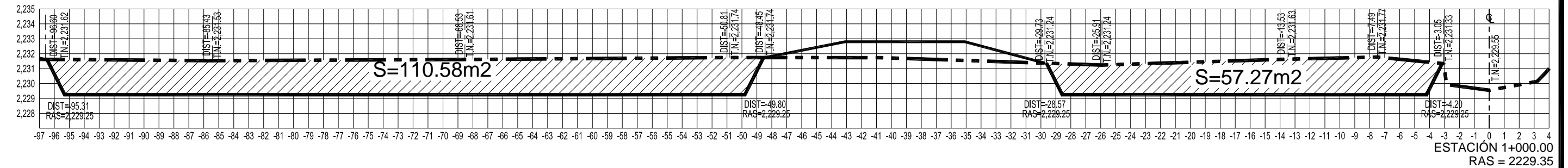
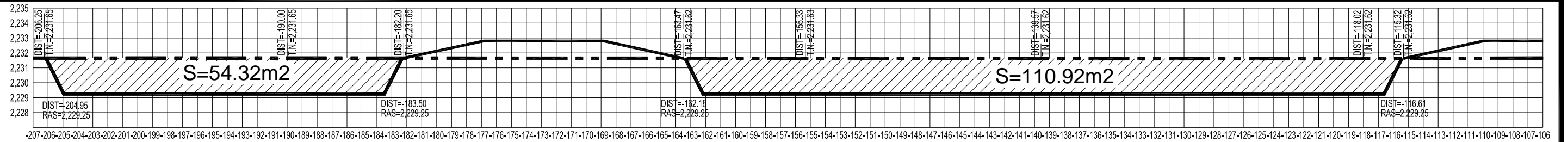


SECCIONES DESAZOLVADAS AL INTERIOR DEL VASO

SIMBOLOGÍA:

- TERRENO NATURAL
- RASANTE
- ▨ AREA DEL VASO

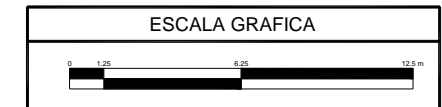


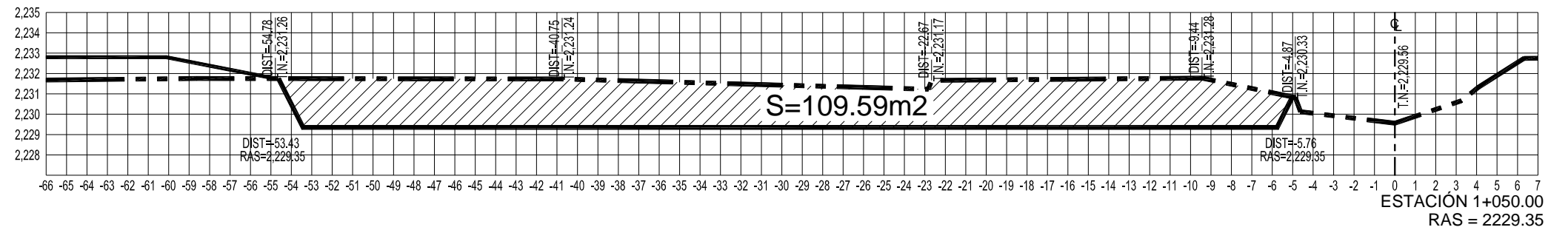
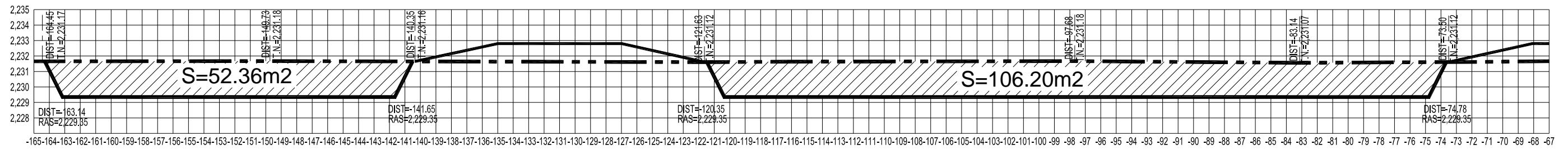
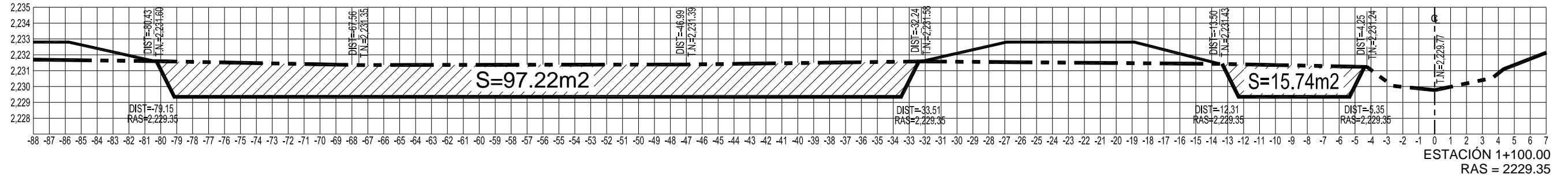
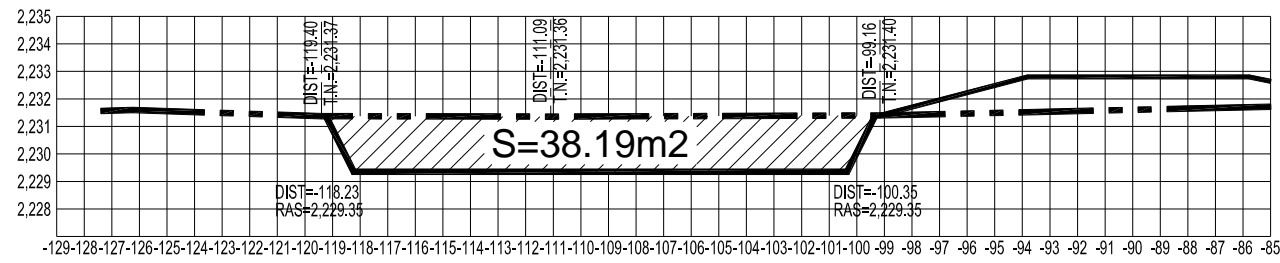


SECCIONES DESAZOLVADAS AL INTERIOR DEL VASO

SIMBOLOGÍA:

	TERRENO NATURAL
	RASANTE
	AREA DEL VASO

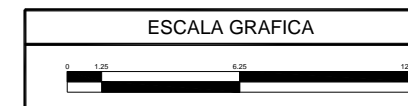


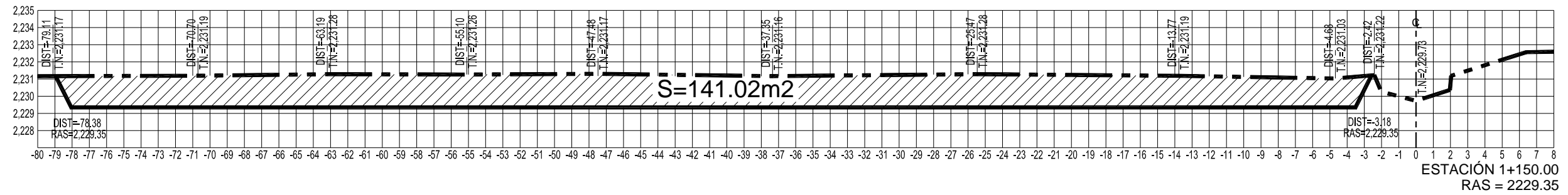
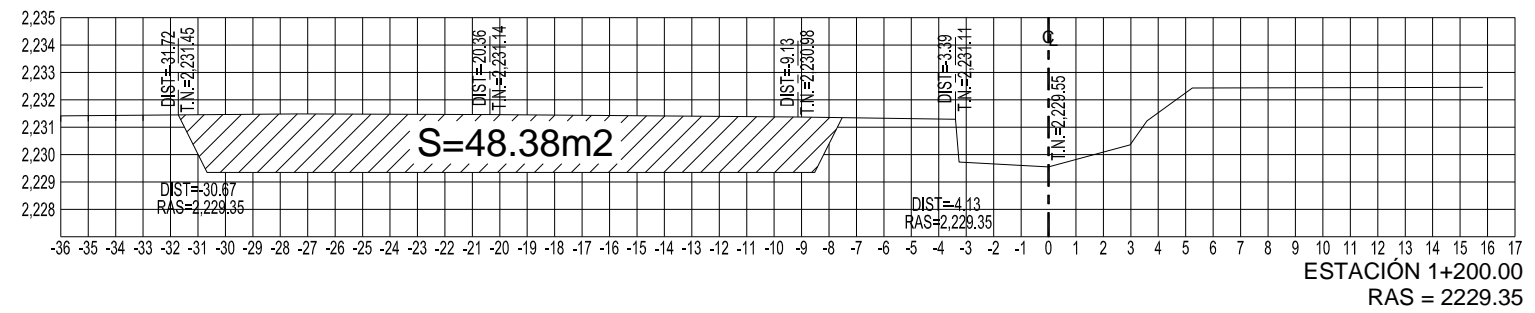
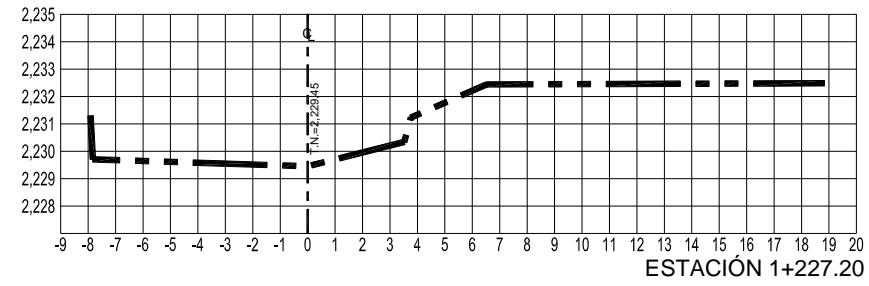


**SECCIONES DESAZOLVADAS AL INTERIOR DEL VASO**

**SIMBOLOGÍA:**

- TERRENO NATURAL
- RASANTE
- ▨ AREA DEL VASO

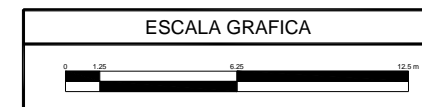


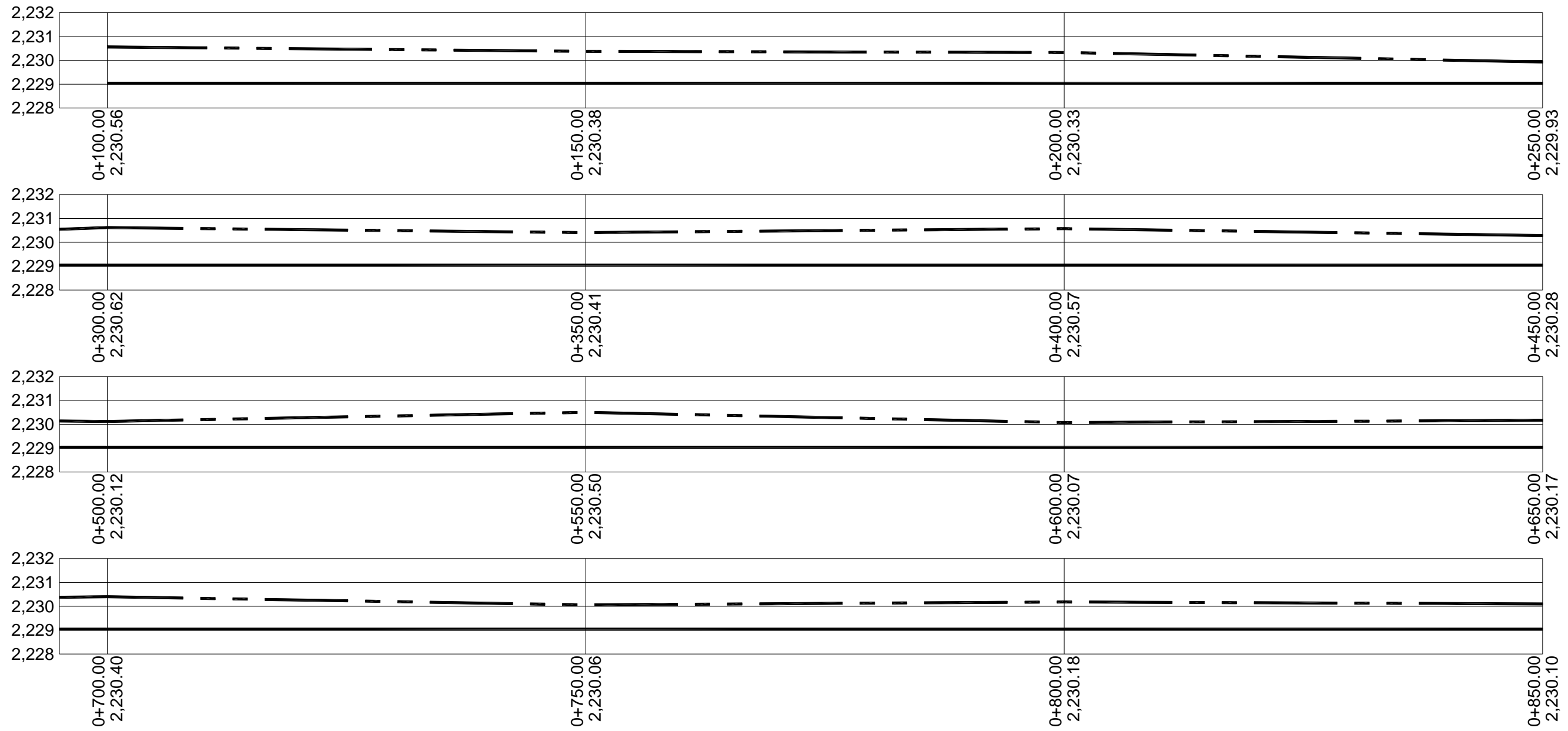


SECCIONES DESAZOLVADAS AL INTERIOR DEL VASO

SIMBOLOGÍA:

- TERRENO NATURAL
- RASANTE
- ▨ AREA DEL VASO

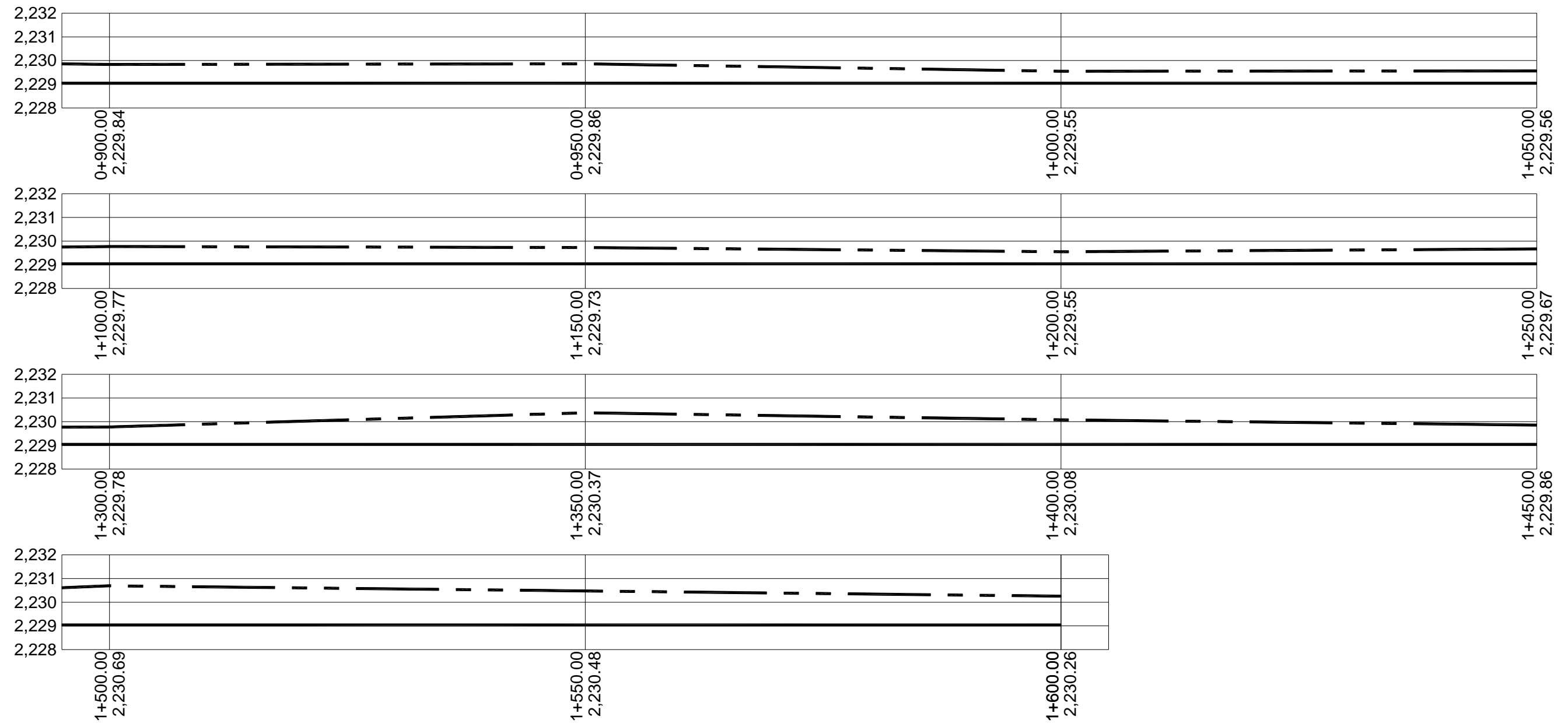




PERFIL CANAL DE LLAMADA




SIMBOLOGÍA:

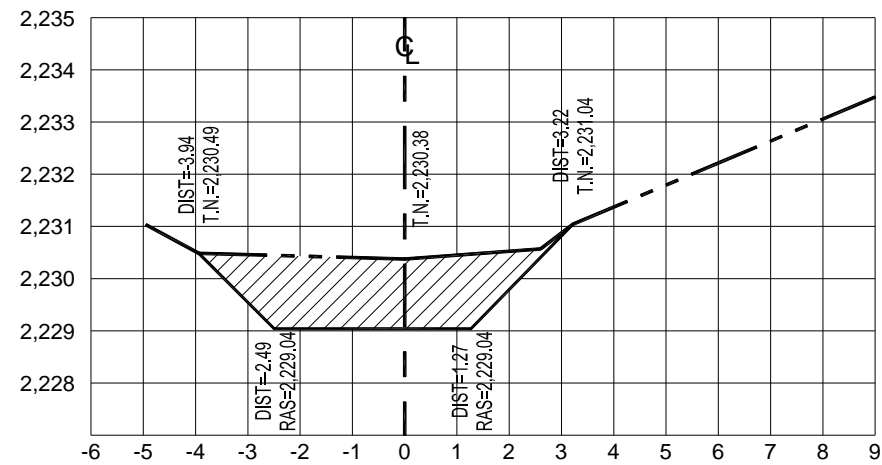
-  TERRENO NATURAL
-  RASANTE
-  AREA DEL VASO



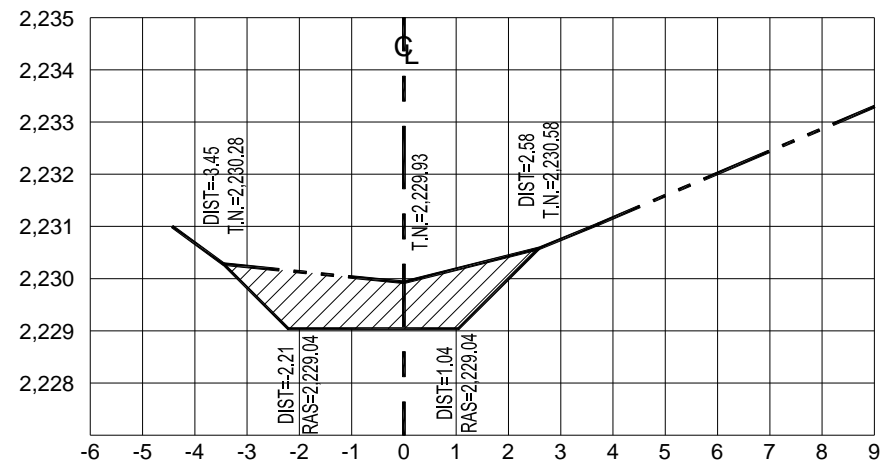
PERFIL CANAL DE LLAMADA

SIMBOLOGÍA:

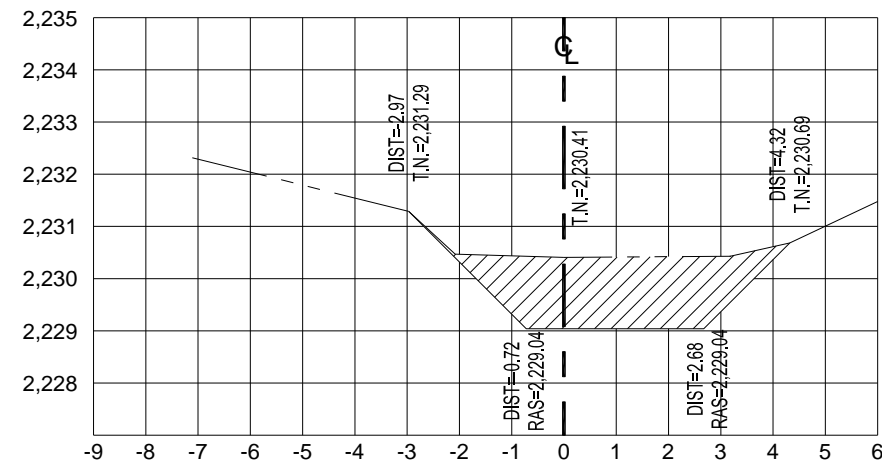
-  TERRENO NATURAL
-  RASANTE
-  AREA DEL VASO



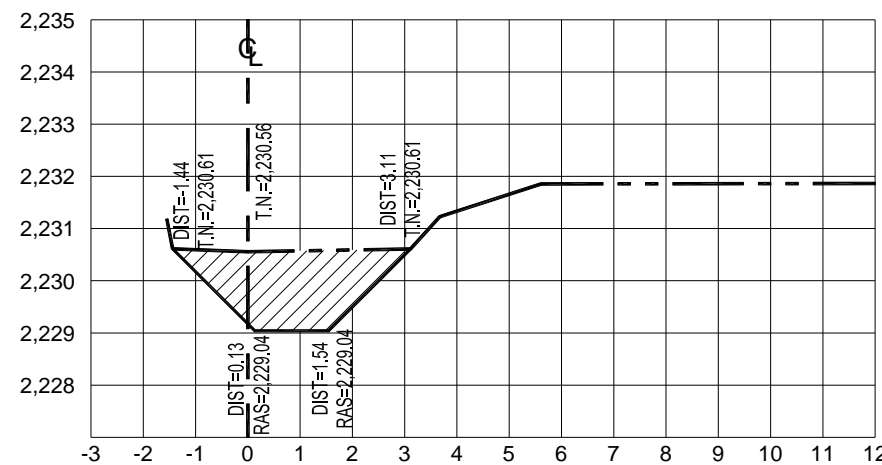
ESTACIÓN 0+150.00  
 ÁREA = 7.30 m<sup>2</sup>  
 RAS = 2229.04



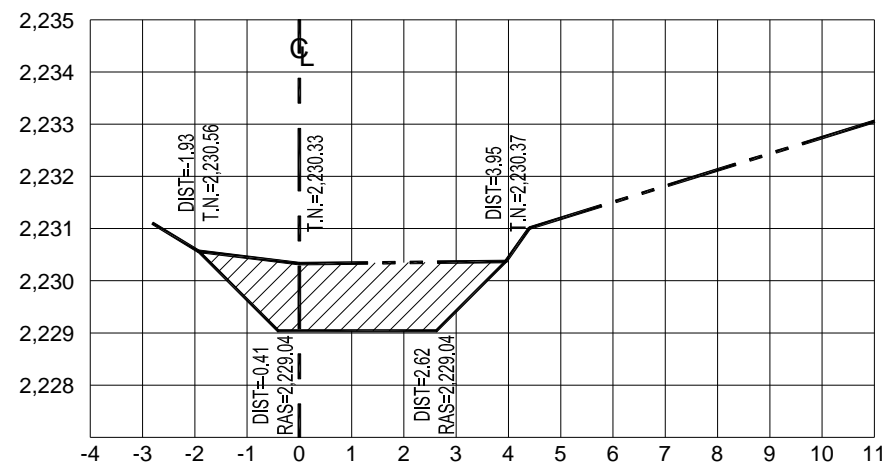
ESTACIÓN 0+250.00  
 ÁREA = 4.85 m<sup>2</sup>  
 RAS = 2229.04



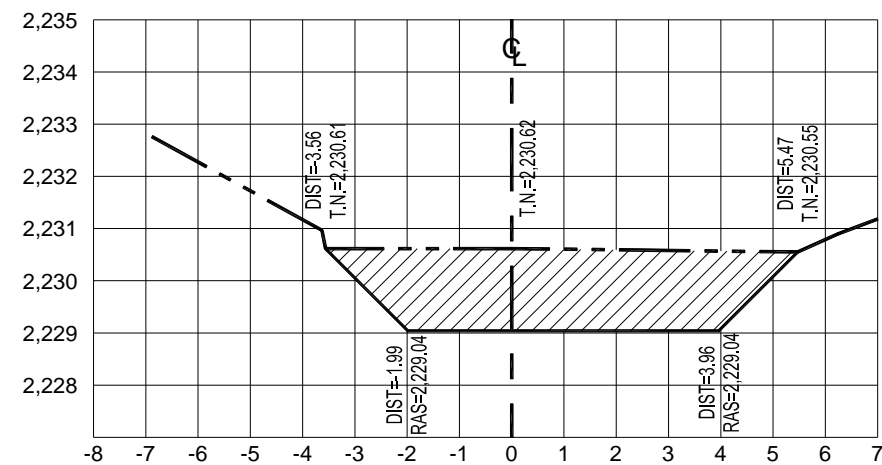
ESTACIÓN 0+350.00  
 ÁREA = 6.78 m<sup>2</sup>  
 RAS = 2229.04



ESTACIÓN 0+100.00  
 ÁREA = 4.55 m<sup>2</sup>  
 RAS = 2229.04

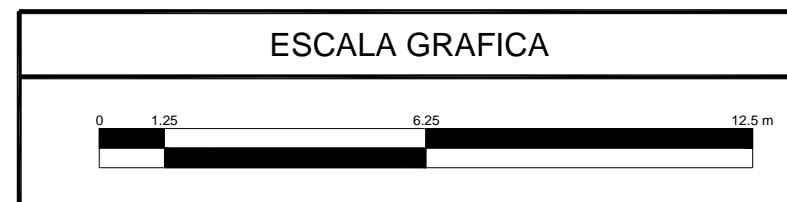


ESTACIÓN 0+200.00  
 ÁREA = 5.83 m<sup>2</sup>  
 RAS = 2229.04



ESTACIÓN 0+300.00  
 ÁREA = 11.67 m<sup>2</sup>  
 RAS = 2229.04

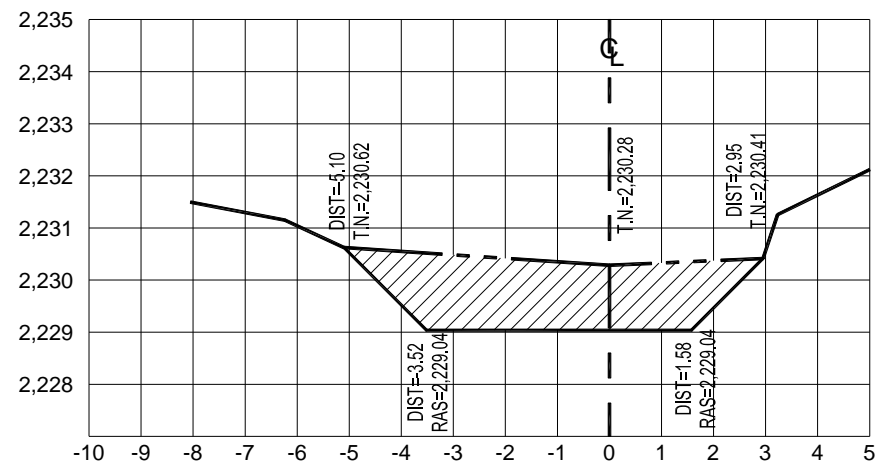
SECCIONES DESAZOLVADAS EN EL CANAL DE LLAMADA



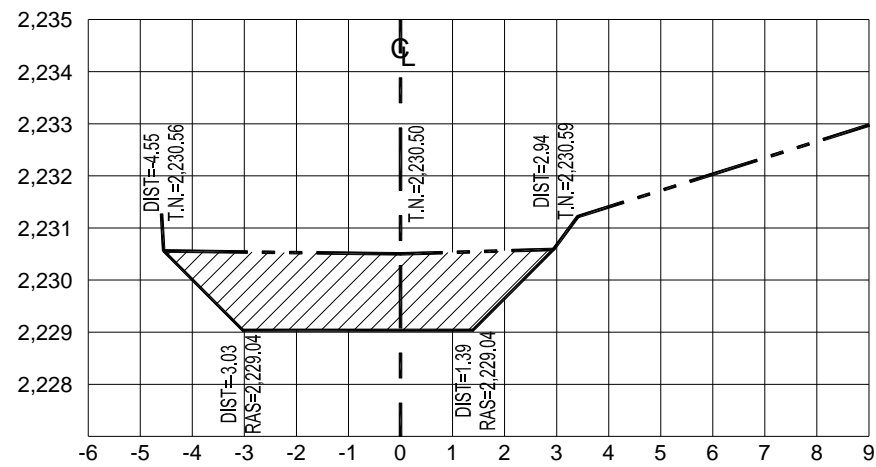
SIMBOLOGÍA:

- TERRENO NATURAL
- RASANTE
- ▨ AREA DEL VASO

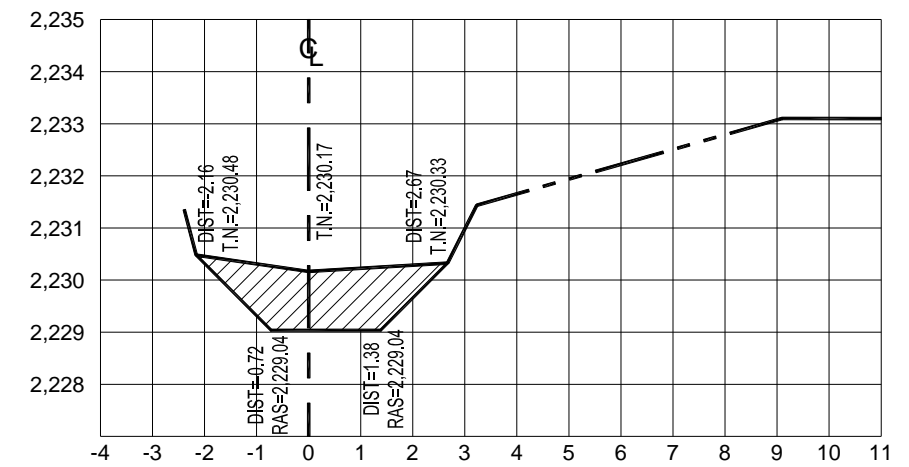




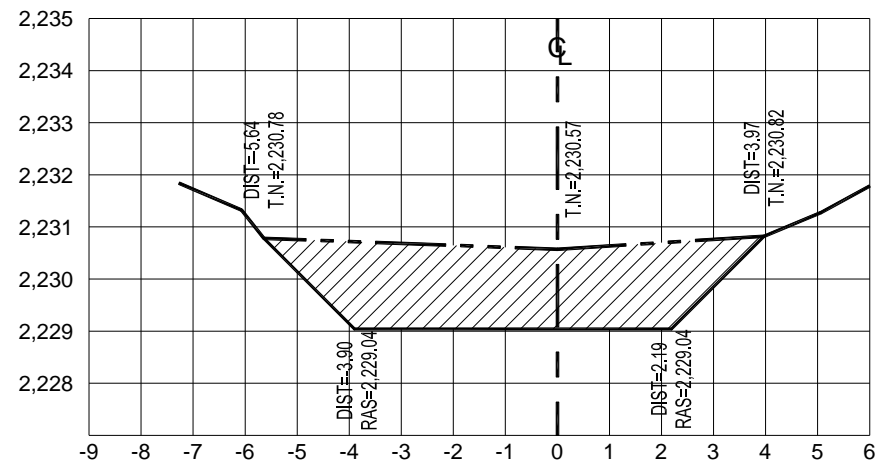
ESTACIÓN 0+450.00  
 ÁREA = 8.87 m<sup>2</sup>  
 RAS = 2229.04



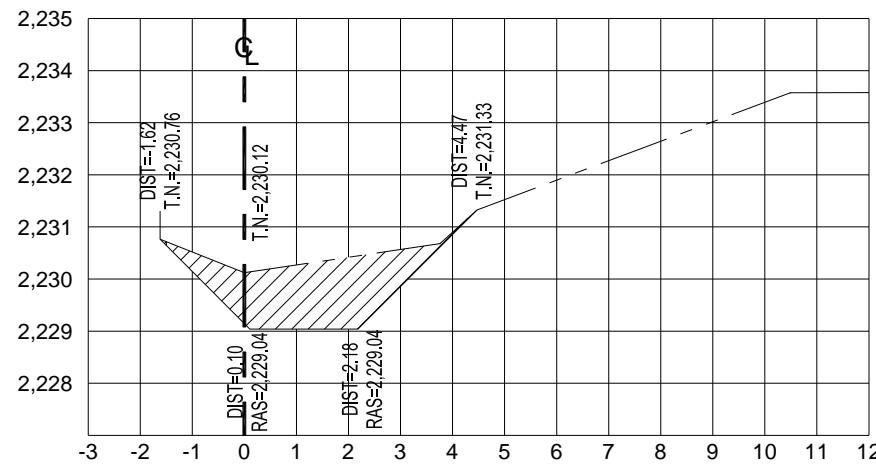
ESTACIÓN 0+550.00  
 ÁREA = 8.85 m<sup>2</sup>  
 RAS = 2229.04



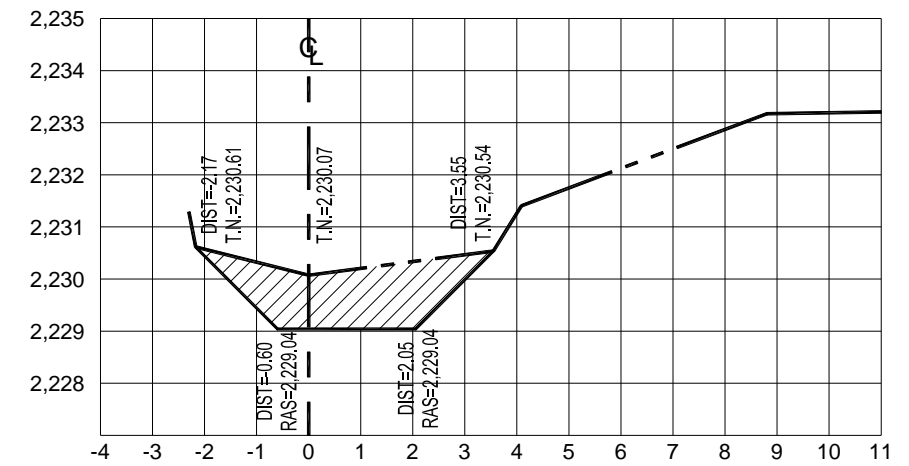
ESTACIÓN 0+650.00  
 ÁREA = 4.13 m<sup>2</sup>  
 RAS = 2229.04



ESTACIÓN 0+400.00  
 ÁREA = 12.70 m<sup>2</sup>  
 RAS = 2229.04



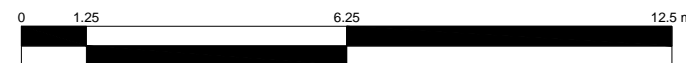
ESTACIÓN 0+500.00  
 ÁREA = 4.68 m<sup>2</sup>  
 RAS = 2229.04



ESTACIÓN 0+600.00  
 ÁREA = 4.96 m<sup>2</sup>  
 RAS = 2229.04

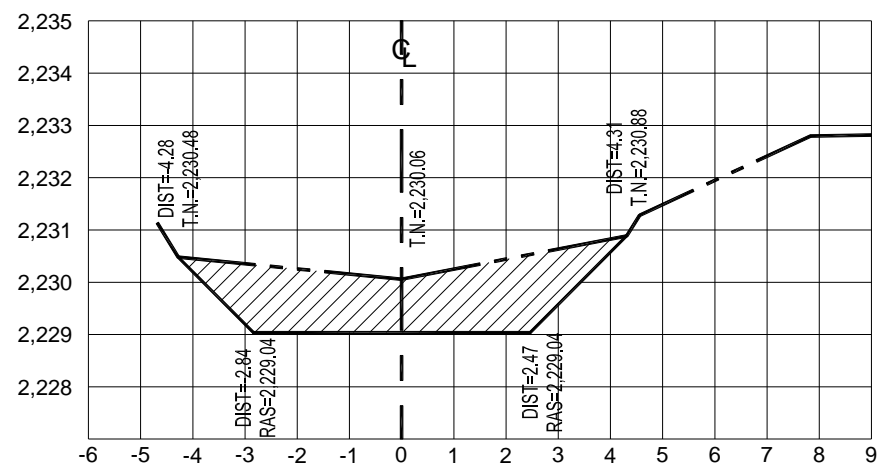
SECCIONES DESAZOLVADAS EN EL CANAL DE LLAMADA

ESCALA GRAFICA

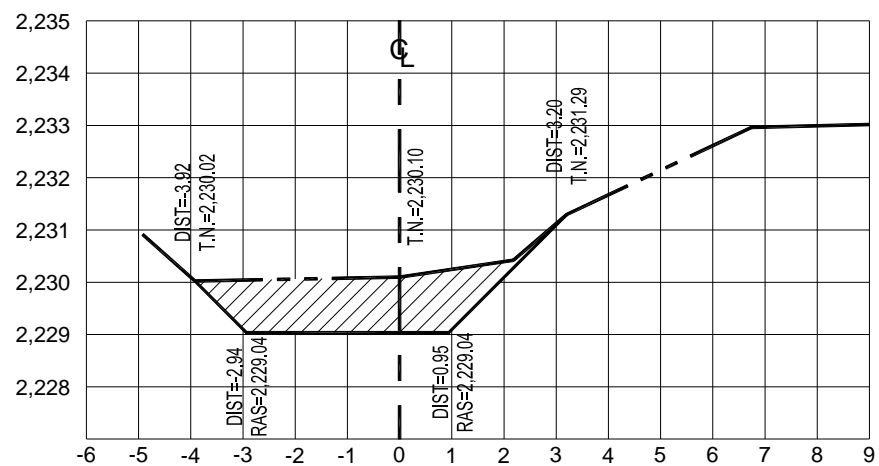


SIMBOLOGÍA:

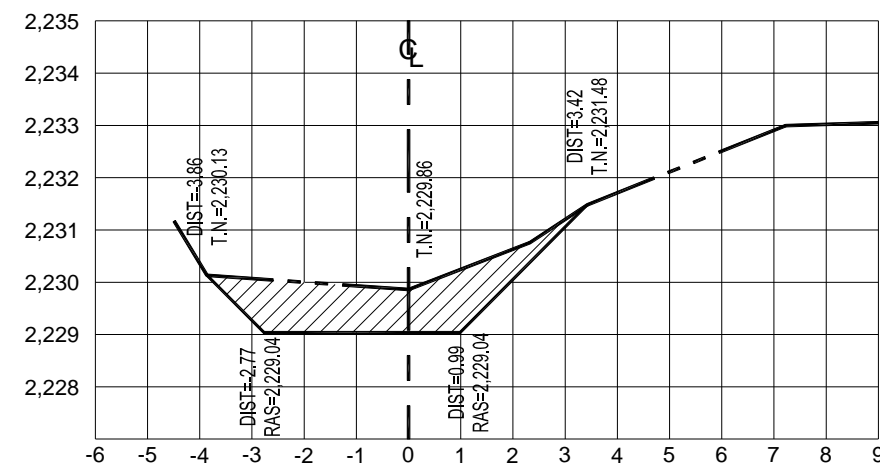
- TERRENO NATURAL
- RASANTE
- AREA DEL VASO



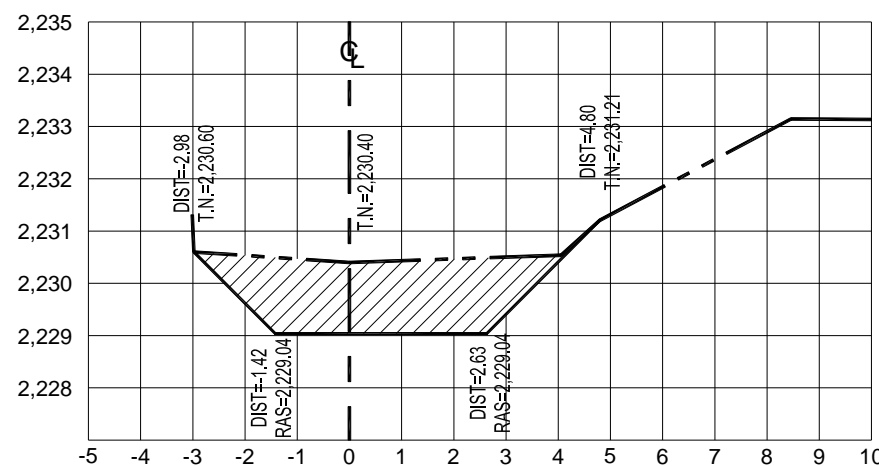
ESTACIÓN 0+750.00  
 ÁREA = 8.69 m<sup>2</sup>  
 RAS = 2229.04



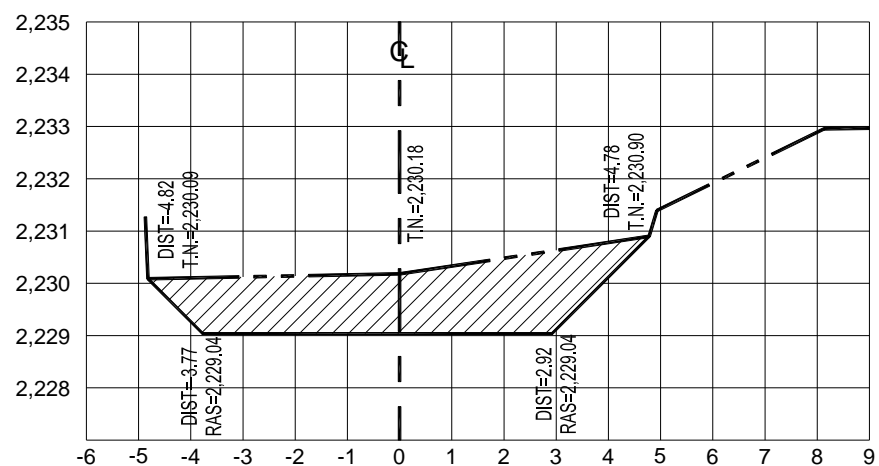
ESTACIÓN 0+850.00  
 ÁREA = 5.49 m<sup>2</sup>  
 RAS = 2229.04



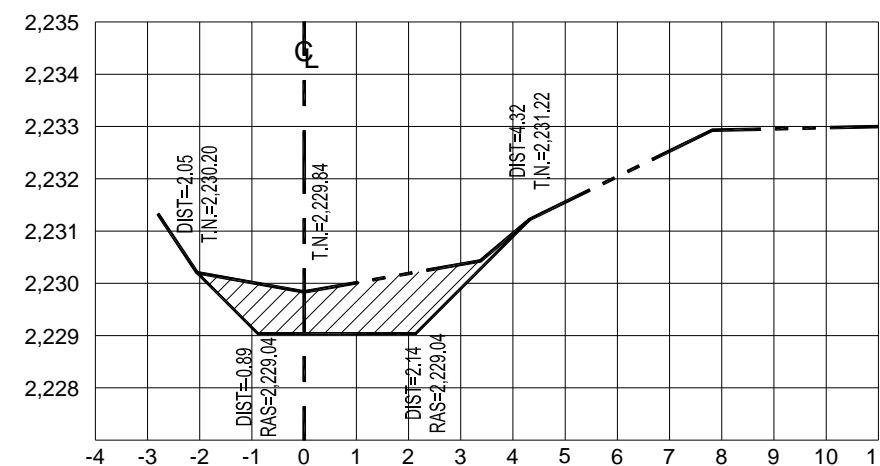
ESTACIÓN 0+950.00  
 ÁREA = 5.35 m<sup>2</sup>  
 RAS = 2229.04



ESTACIÓN 0+700.00  
 ÁREA = 7.94 m<sup>2</sup>  
 RAS = 2229.04

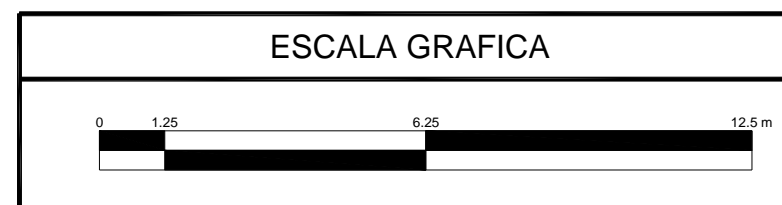


ESTACIÓN 0+800.00  
 ÁREA = 10.17 m<sup>2</sup>  
 RAS = 2229.04



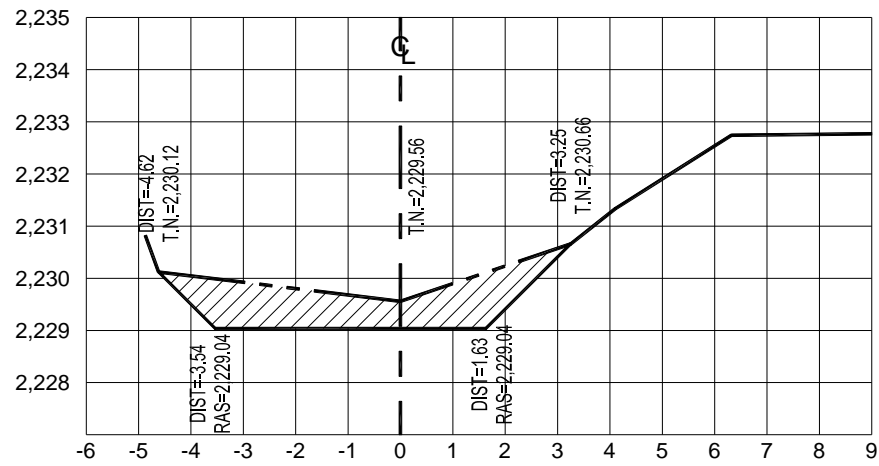
ESTACIÓN 0+900.00  
 ÁREA = 4.32 m<sup>2</sup>  
 RAS = 2229.04

SECCIONES DESAZOLVADAS EN EL CANAL DE LLAMADA

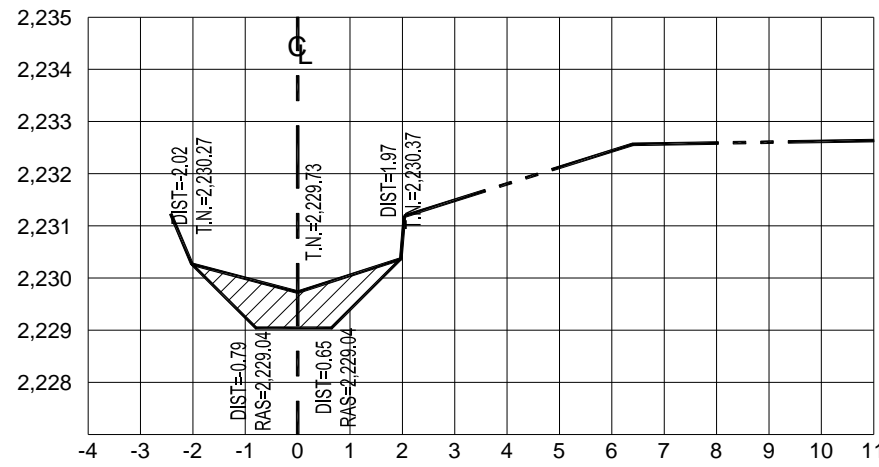


SIMBOLOGÍA:

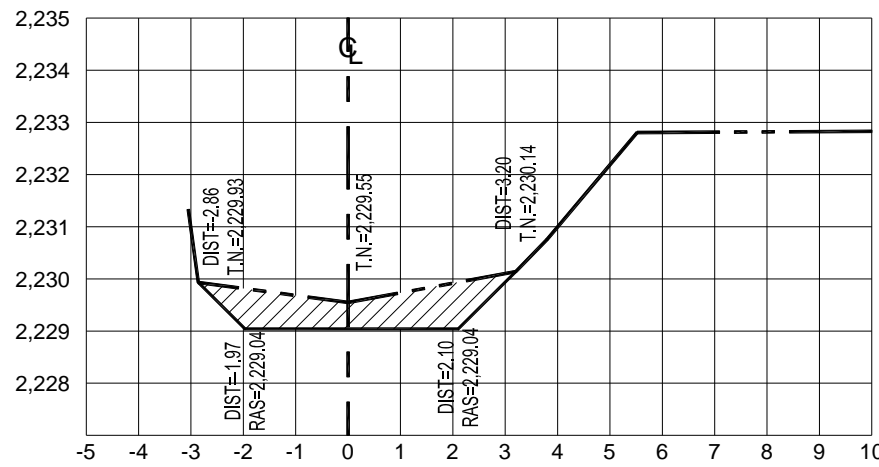
	TERRENO NATURAL
	RASANTE
	AREA DEL VASO



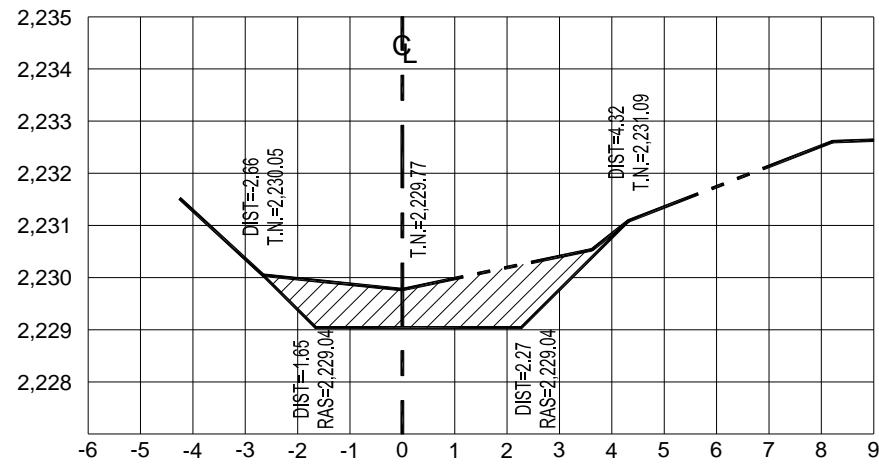
**ESTACIÓN 1+050.00**  
**ÁREA = 5.27 m<sup>2</sup>**  
**RAS = 2229.04**



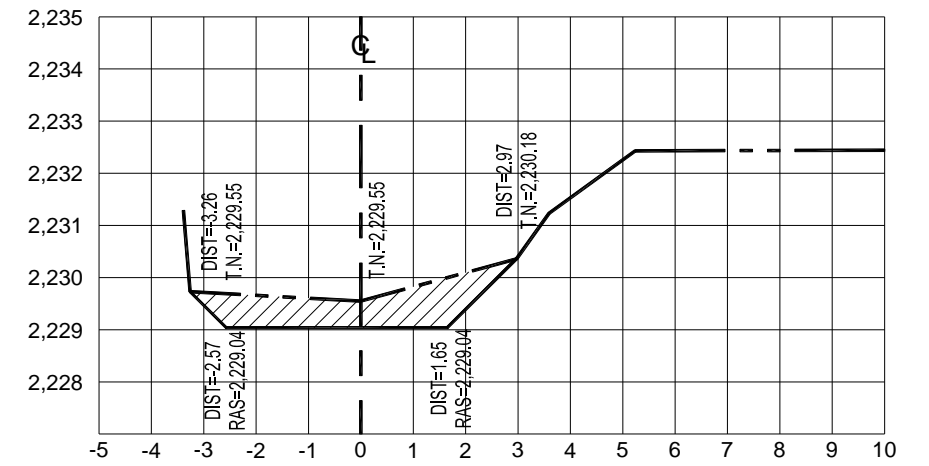
**ESTACIÓN 1+150.00**  
**ÁREA = 2.29 m<sup>2</sup>**  
**RAS = 2229.04**



**ESTACIÓN 1+000.00**  
**ÁREA = 3.57 m<sup>2</sup>**  
**RAS = 2229.04**

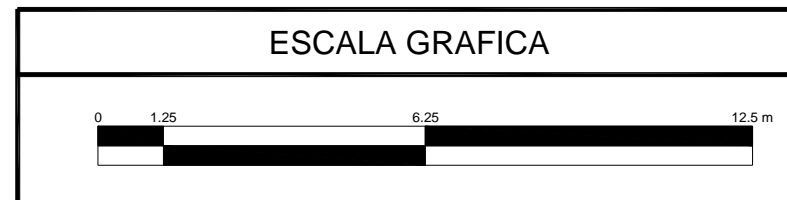


**ESTACIÓN 1+100.00**  
**ÁREA = 4.97 m<sup>2</sup>**  
**RAS = 2229.04**



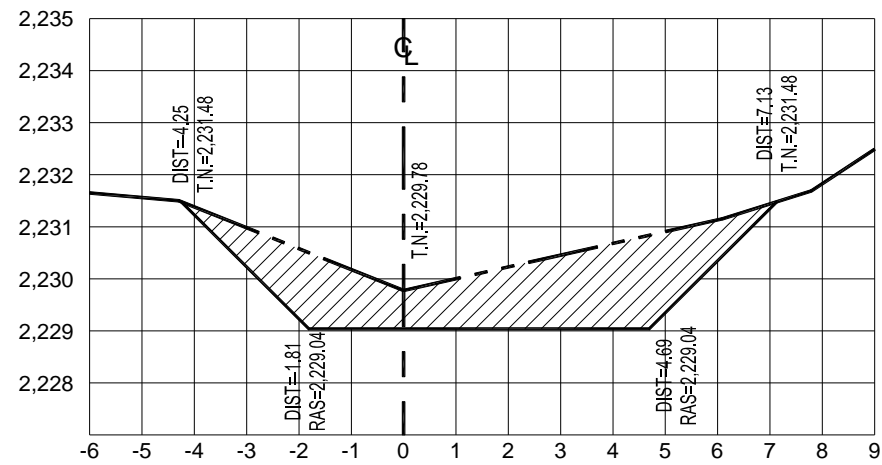
**ESTACIÓN 1+200.00**  
**ÁREA = 3.56 m<sup>2</sup>**  
**RAS = 2229.04**

SECCIONES DESAZOLVADAS EN EL CANAL DE LLAMADA

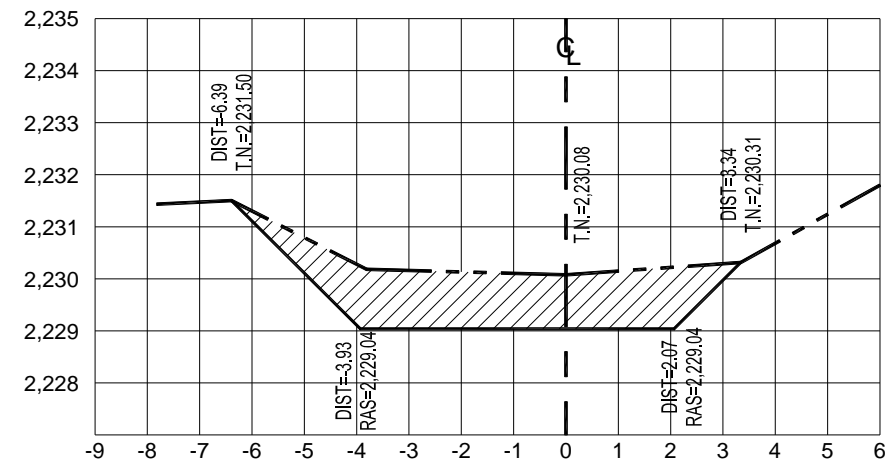


SIMBOLOGÍA:

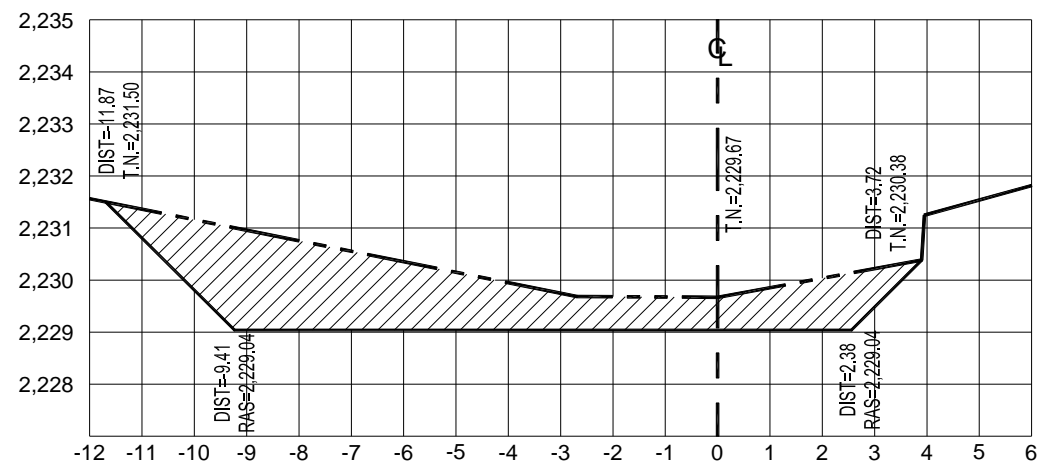
	TERRENO NATURAL
	RASANTE
	AREA DEL VASO



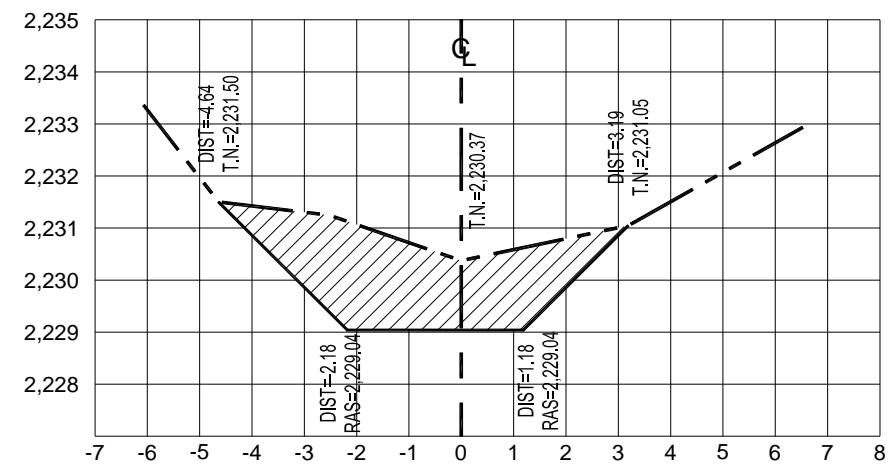
ESTACIÓN 1+300.00  
 ÁREA = 11.84 m<sup>2</sup>  
 RAS = 2229.04



ESTACIÓN 1+400.00  
 ÁREA = 8.82 m<sup>2</sup>  
 RAS = 2229.04

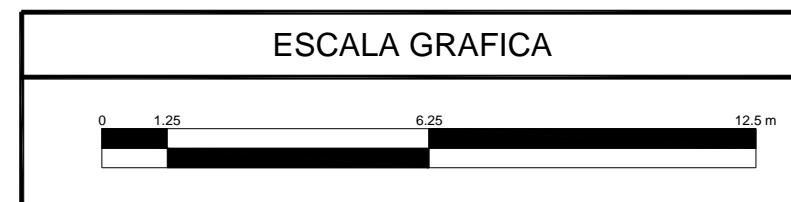


ESTACIÓN 1+250.00  
 ÁREA = 15.61 m<sup>2</sup>  
 RAS = 2229.04



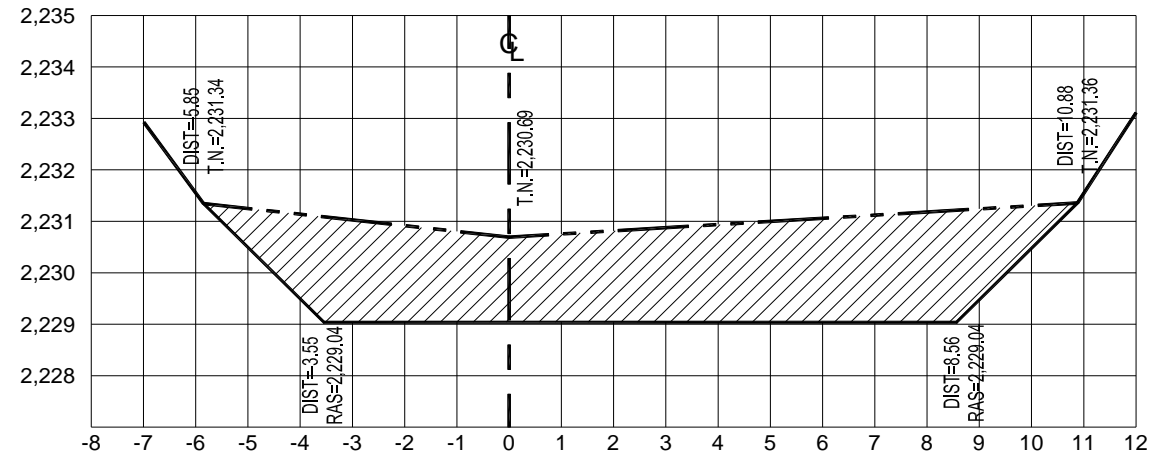
ESTACIÓN 1+350.00  
 ÁREA = 9.69 m<sup>2</sup>  
 RAS = 2229.04

SECCIONES DESAZOLVADAS EN EL CANAL DE LLAMADA

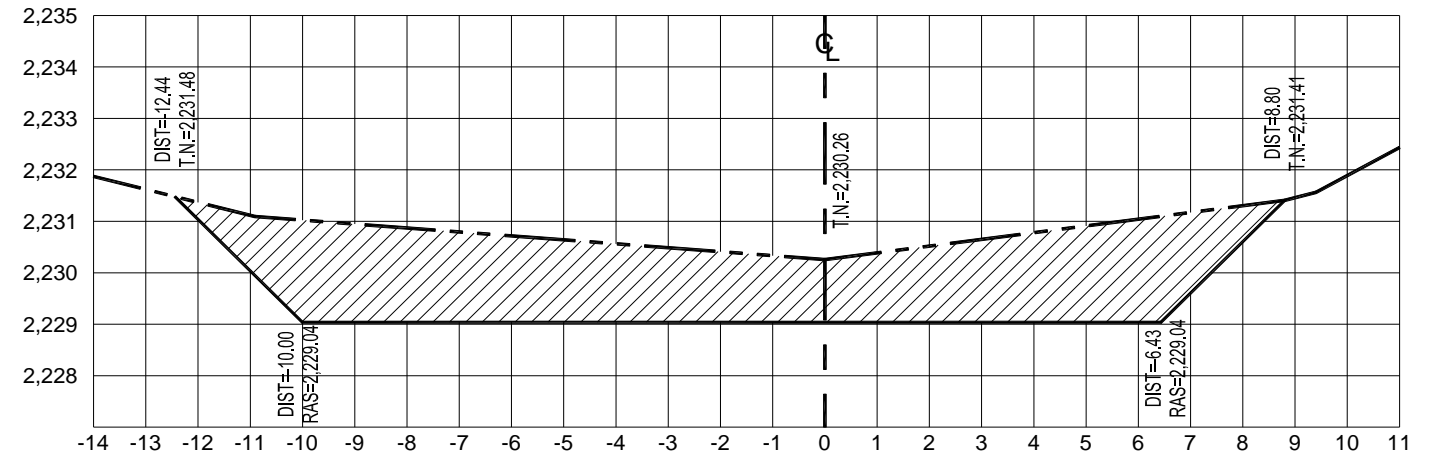


SIMBOLOGÍA:

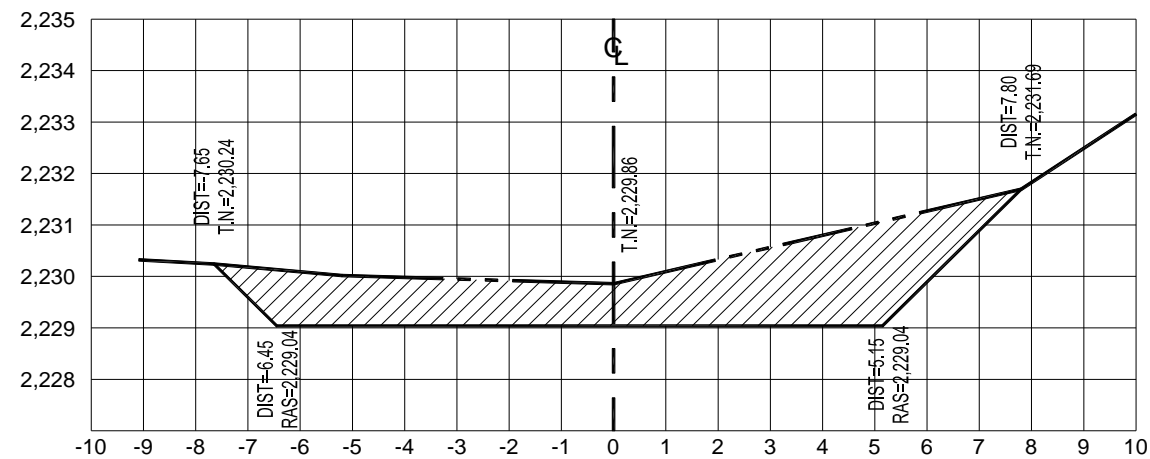
	TERRENO NATURAL
	RASANTE
	AREA DEL VASO



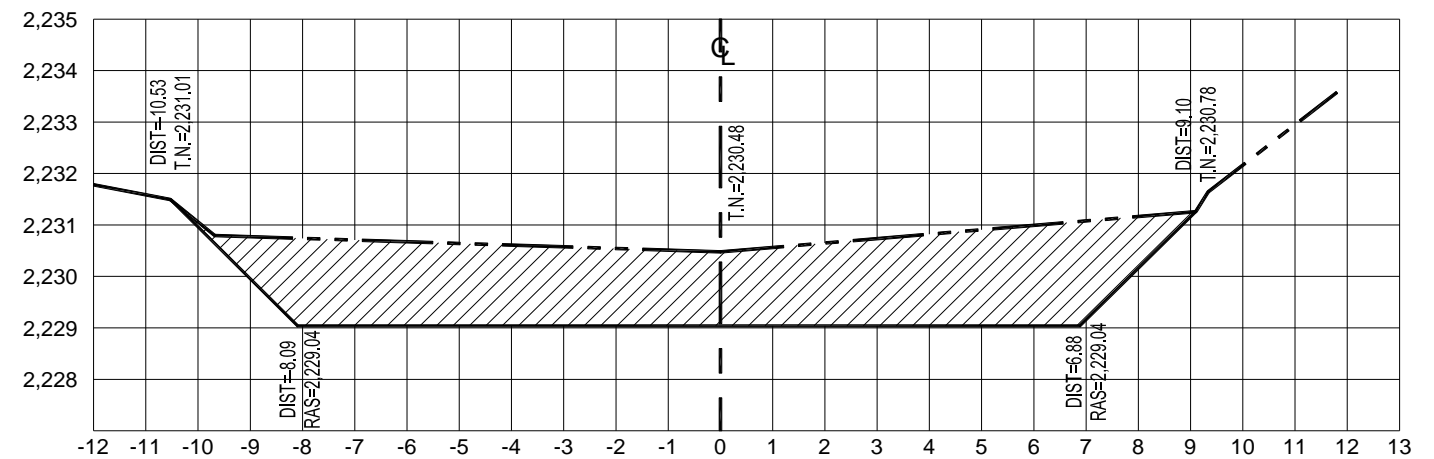
ESTACIÓN 1+500.00  
 ÁREA = 27.83 m<sup>2</sup>  
 RAS = 2229.04



ESTACIÓN 1+600.00  
 ÁREA = 31.26 m<sup>2</sup>  
 RAS = 2229.04

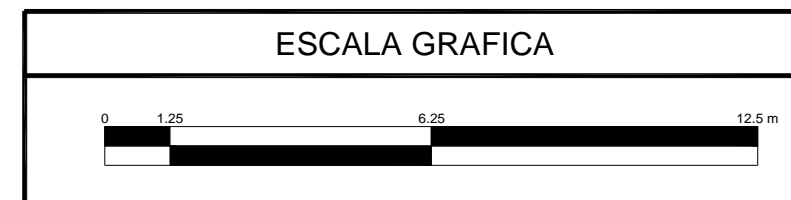


ESTACIÓN 1+450.00  
 ÁREA = 16.62 m<sup>2</sup>  
 RAS = 2229.04



ESTACIÓN 1+550.00  
 ÁREA = 28.41 m<sup>2</sup>  
 RAS = 2229.04

SECCIONES DESAZOLVADAS EN EL CANAL DE LLAMADA

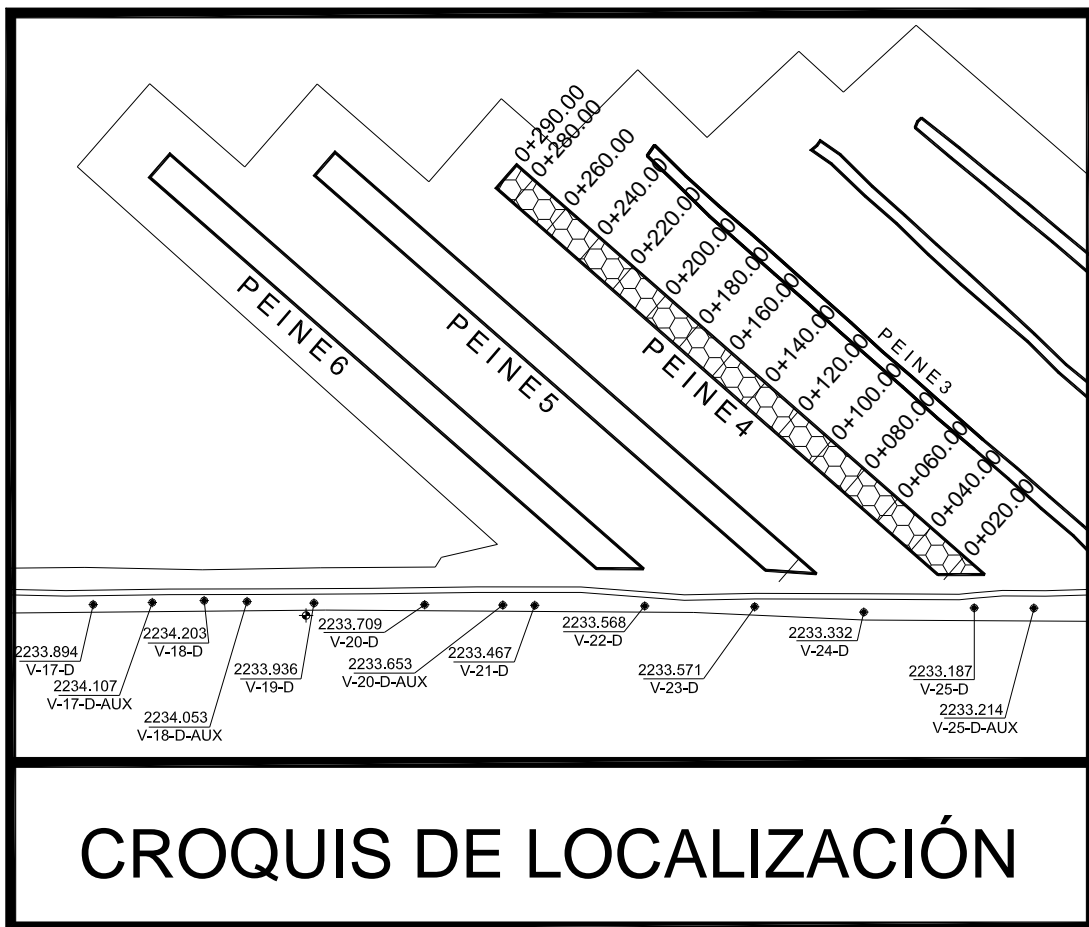


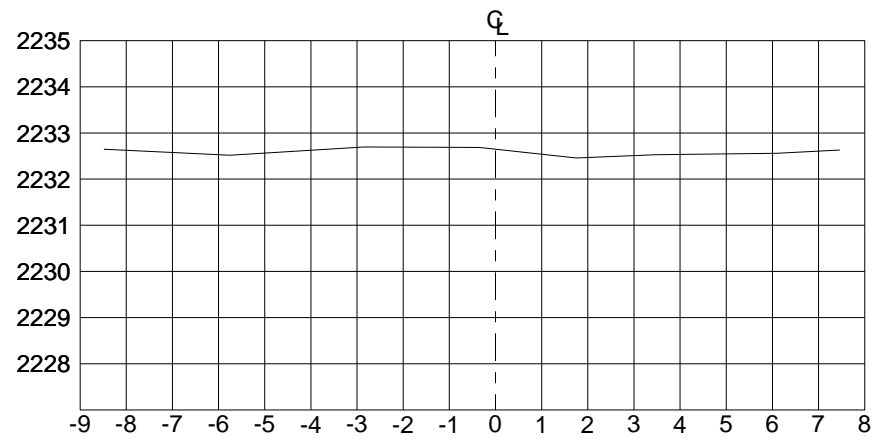
SIMBOLOGÍA:

	TERRENO NATURAL
	RASANTE
	AREA DEL VASO

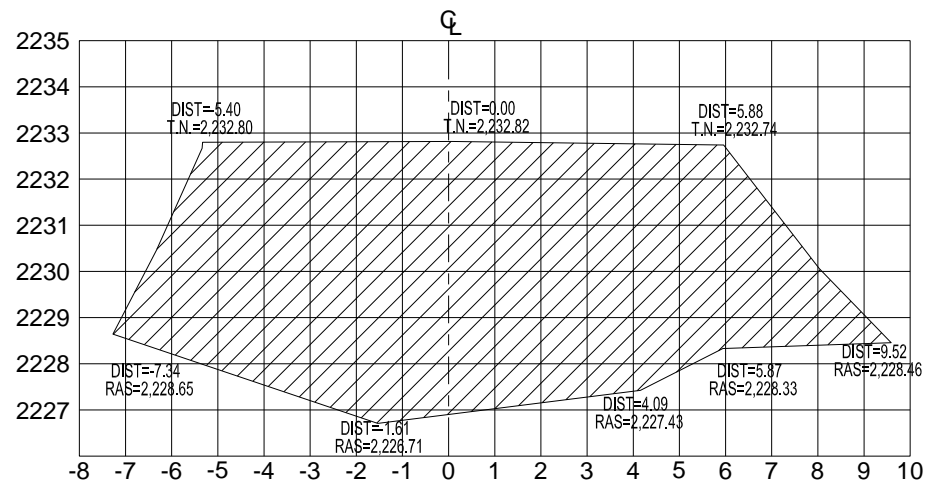
# Anexo B

# Peine 4

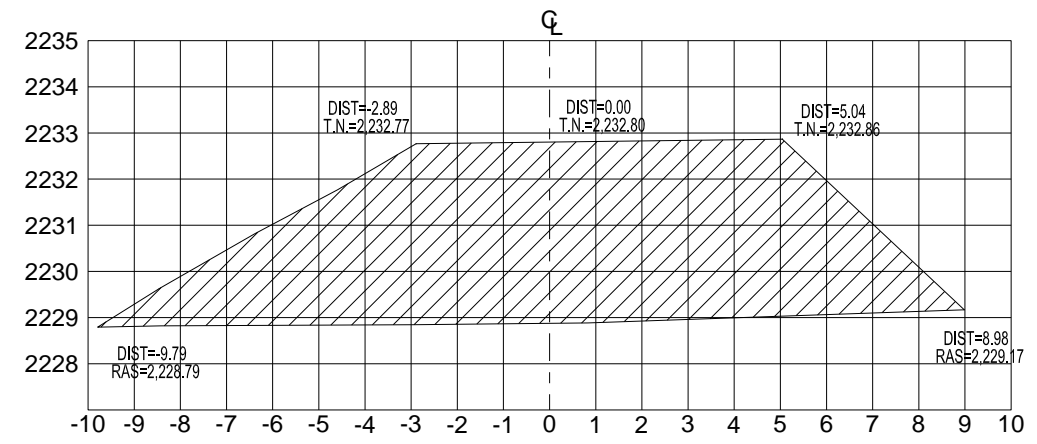




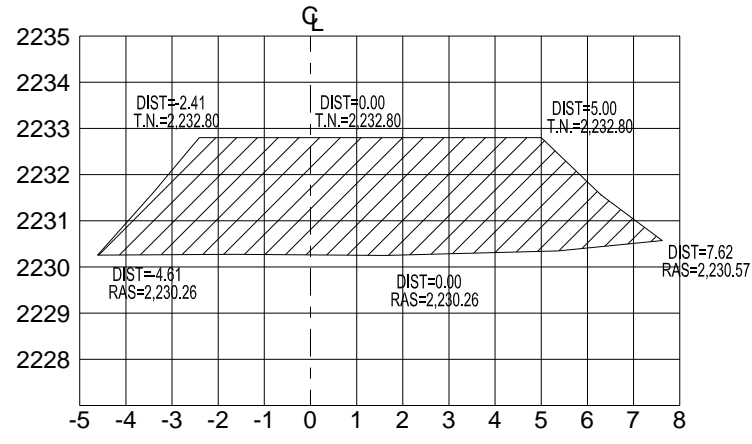
ESTACION 0+000.000  
ÁREA = 0.00 m<sup>2</sup>



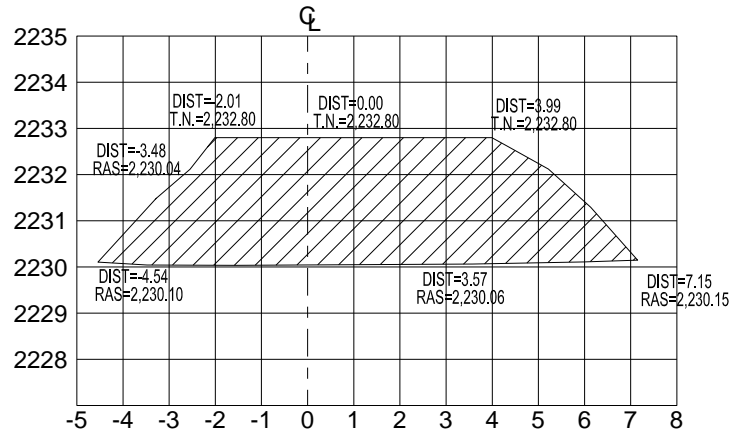
ESTACION 0+007.00  
ÁREA = 74.08 m<sup>2</sup>



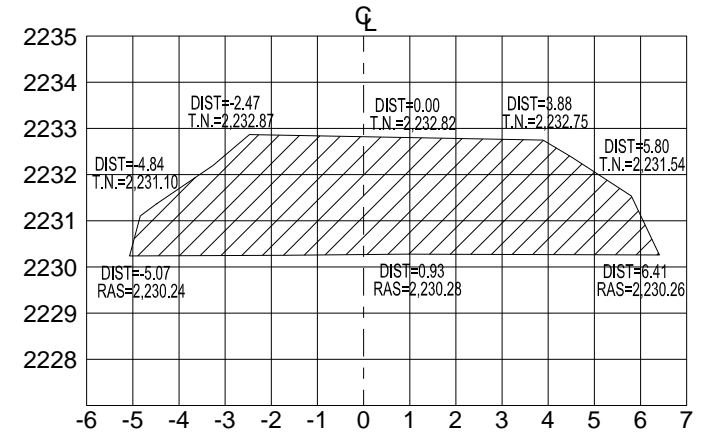
ESTACION 0+020.00  
ÁREA = 52.16 m<sup>2</sup>



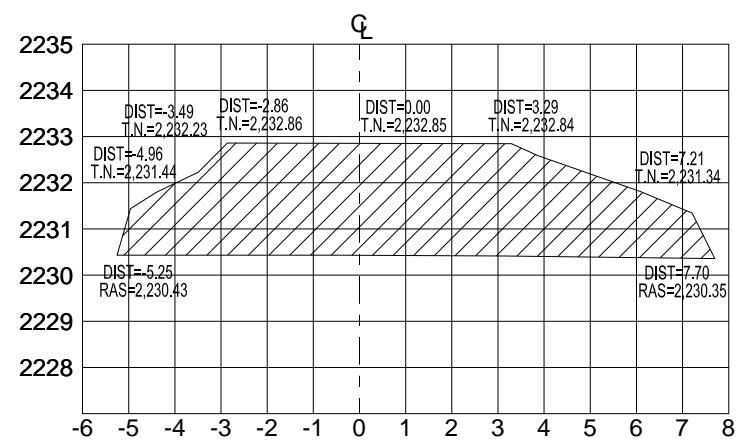
ESTACION 0+040.00  
ÁREA = 24.50 m<sup>2</sup>



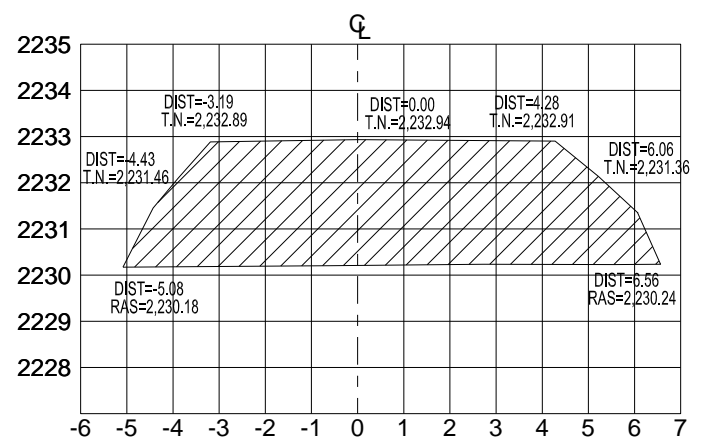
ESTACION 0+060.00  
ÁREA = 25.00 m<sup>2</sup>



ESTACION 0+080.00  
ÁREA = 24.30 m<sup>2</sup>



ESTACION 0+100.000  
ÁREA = 25.45 m<sup>2</sup>

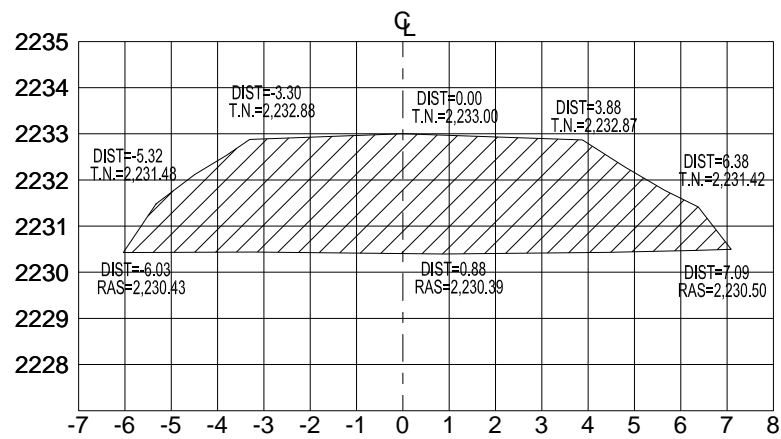


ESTACION 0+120.000  
ÁREA = 26.78 m<sup>2</sup>

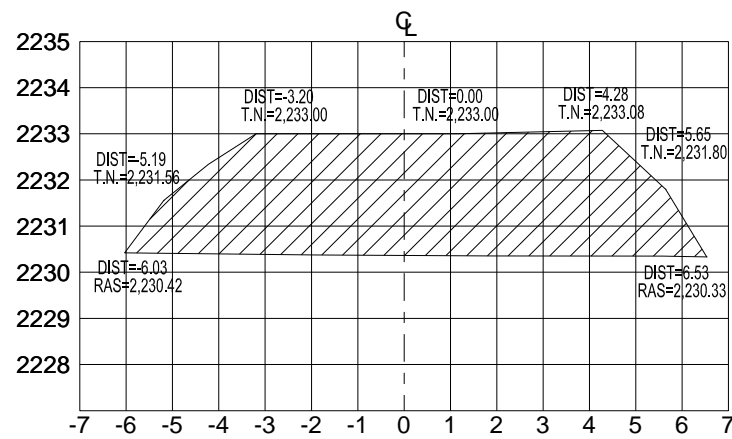
**SECCIONES PEINE 4**

**ESCALA GRAFICA**

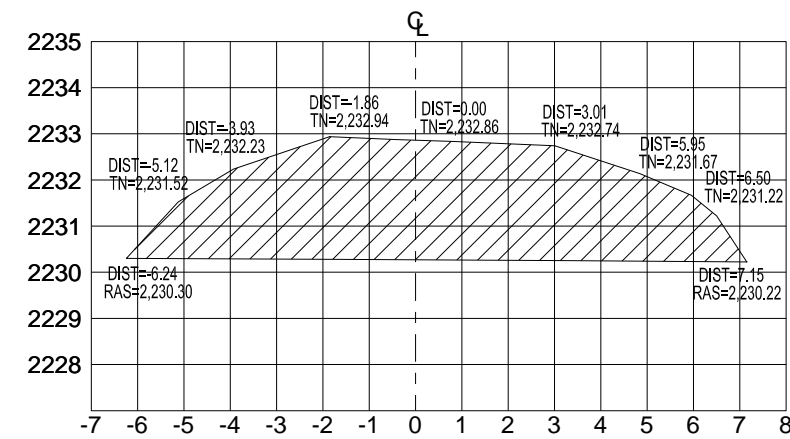




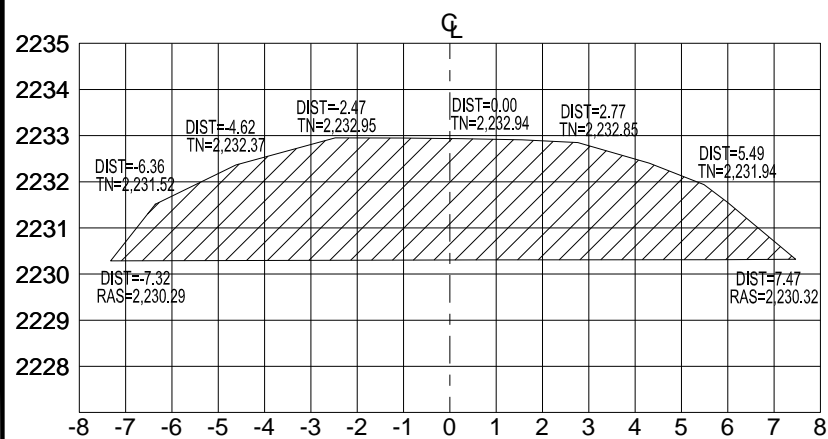
ESTACION 0+140.000  
ÁREA = 26.54 m<sup>2</sup>



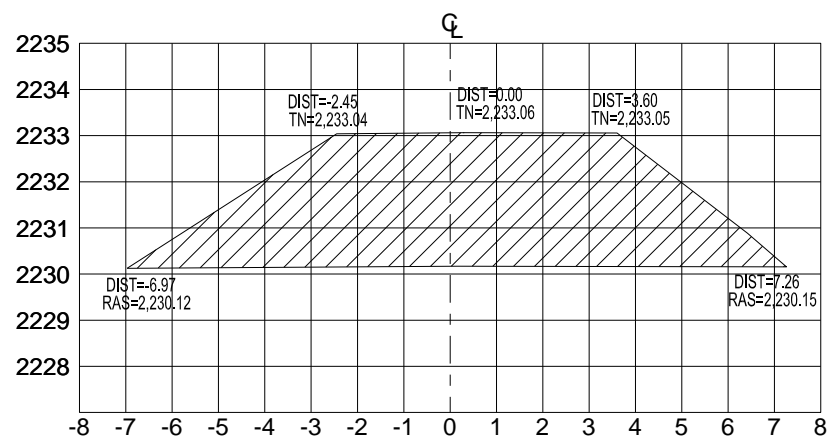
ESTACION 0+156.000  
ÁREA = 27.64 m<sup>2</sup>



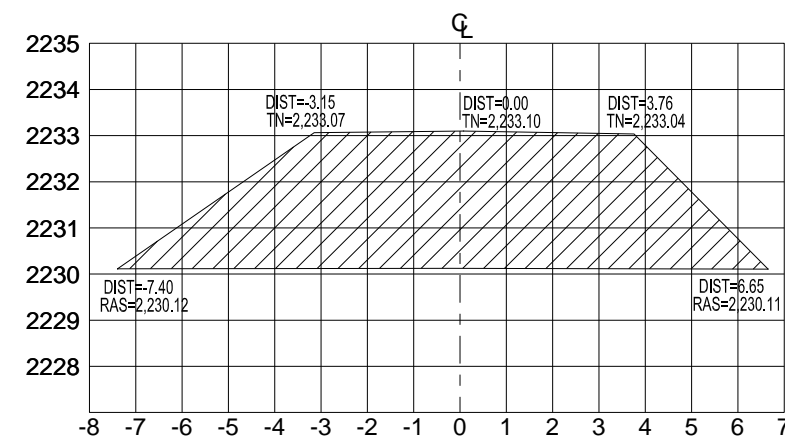
ESTACION 0+160.000  
ÁREA = 26.74 m<sup>2</sup>



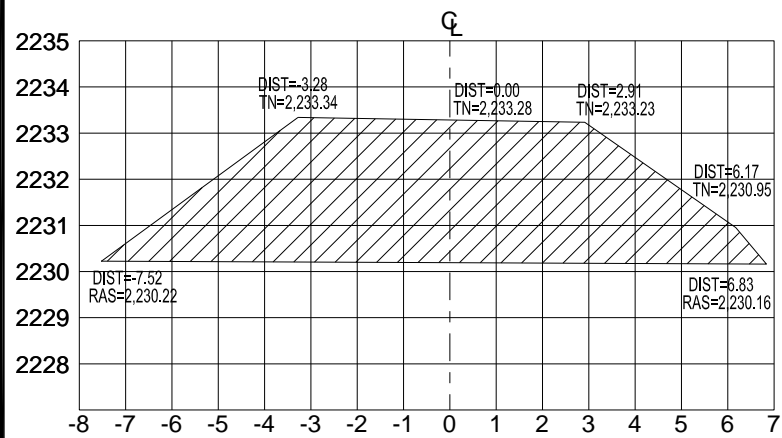
ESTACION 0+180.000  
ÁREA = 29.67 m<sup>2</sup>



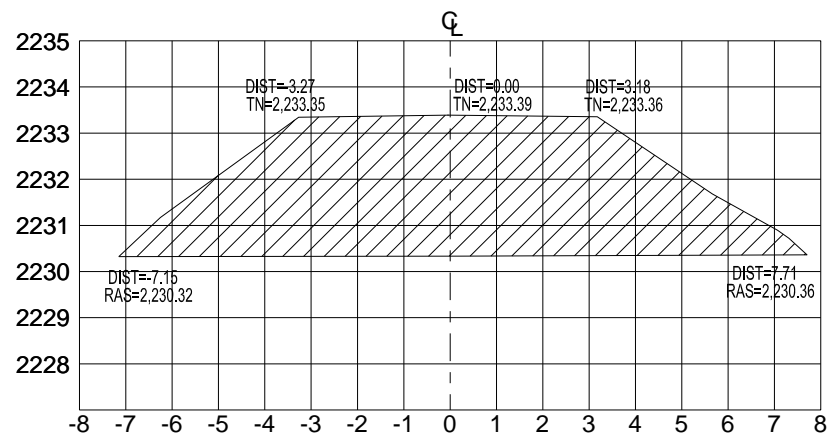
ESTACION 0+200.000  
ÁREA = 29.43m<sup>2</sup>



ESTACION 0+220.000  
ÁREA = 30.87 m<sup>2</sup>



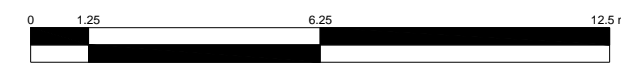
ESTACION 0+240.000  
ÁREA = 32.32 m<sup>2</sup>

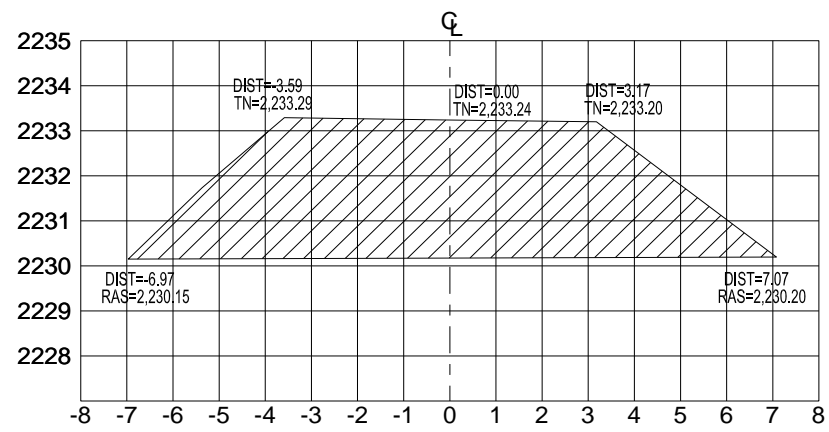


ESTACION 0+260.000  
ÁREA = 32.60 m<sup>2</sup>

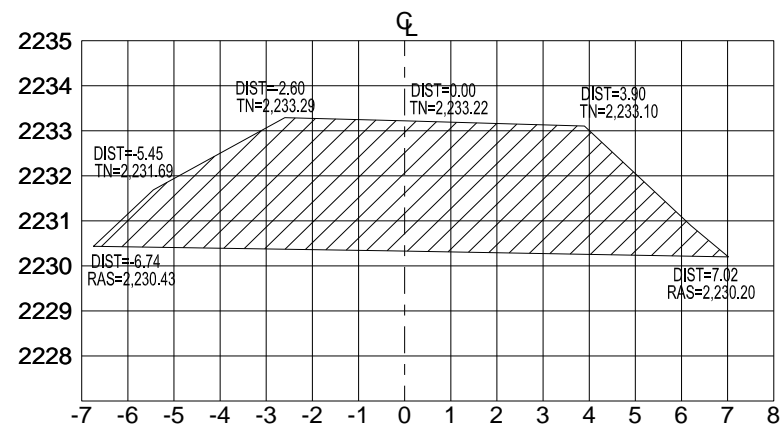
SECCIONES PEINE 4

ESCALA GRAFICA





ESTACION 0+290.000  
 ÁREA = 32.10 m<sup>2</sup>



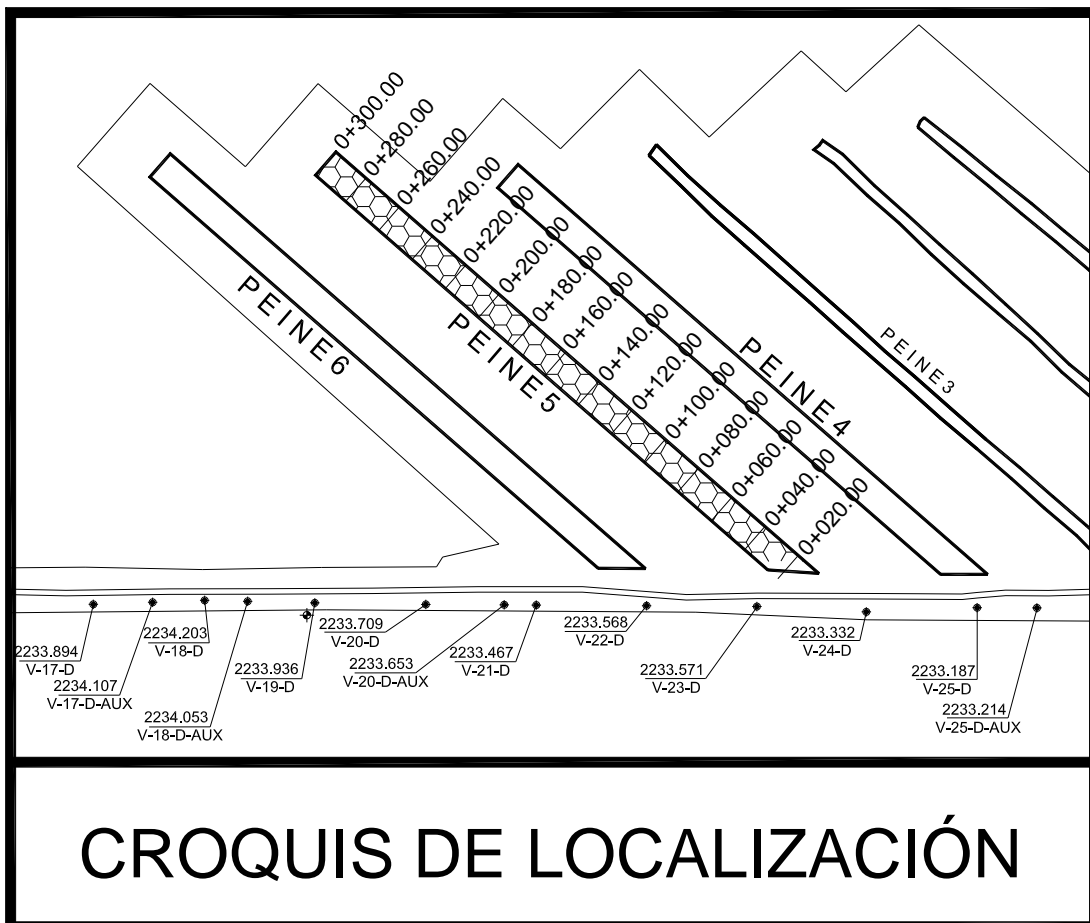
ESTACION 0+280.000  
 ÁREA = 29.87 m<sup>2</sup>

SECCIONES PEINE 4

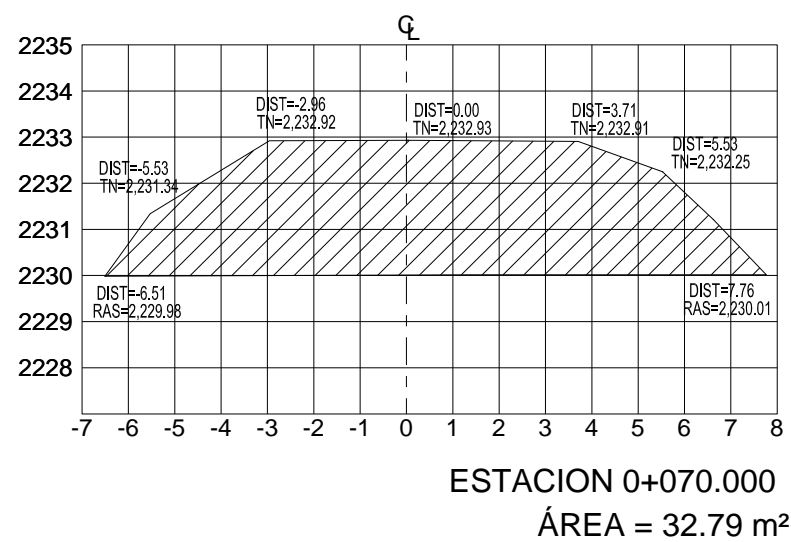
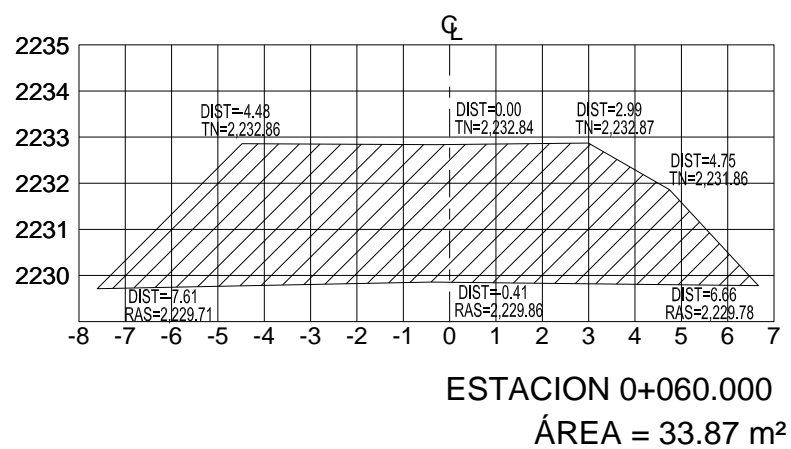
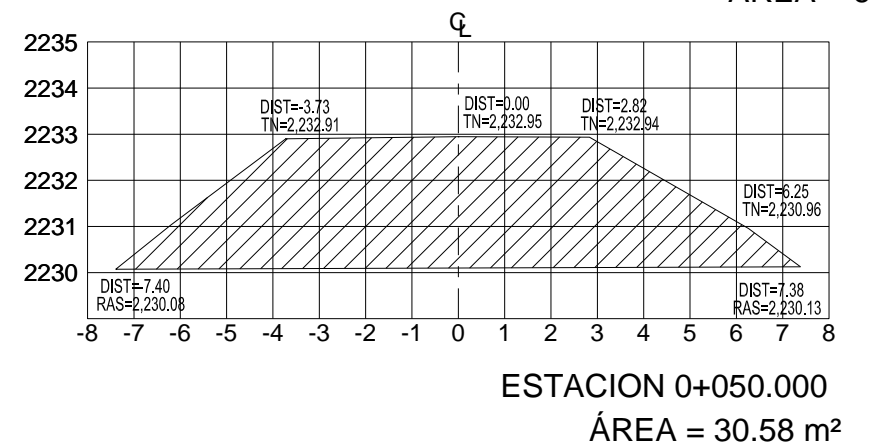
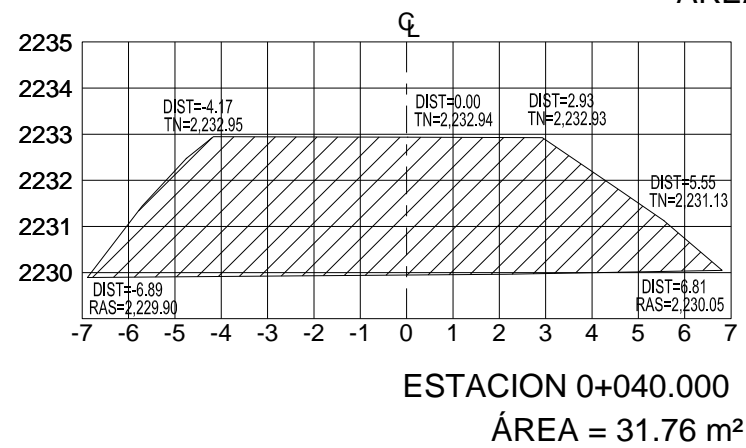
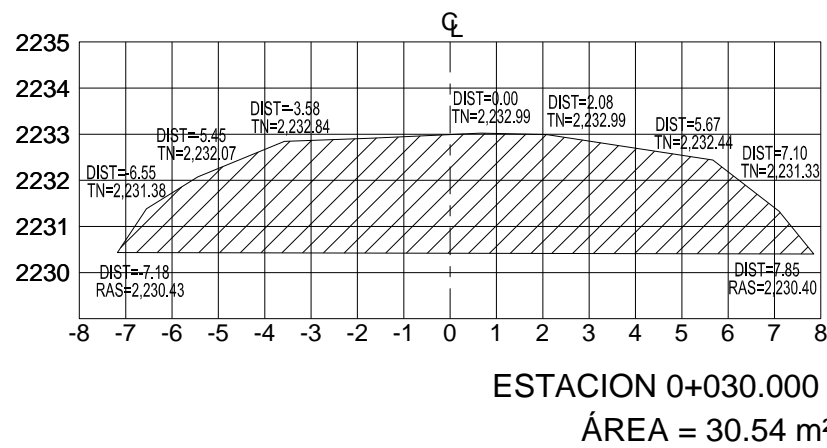
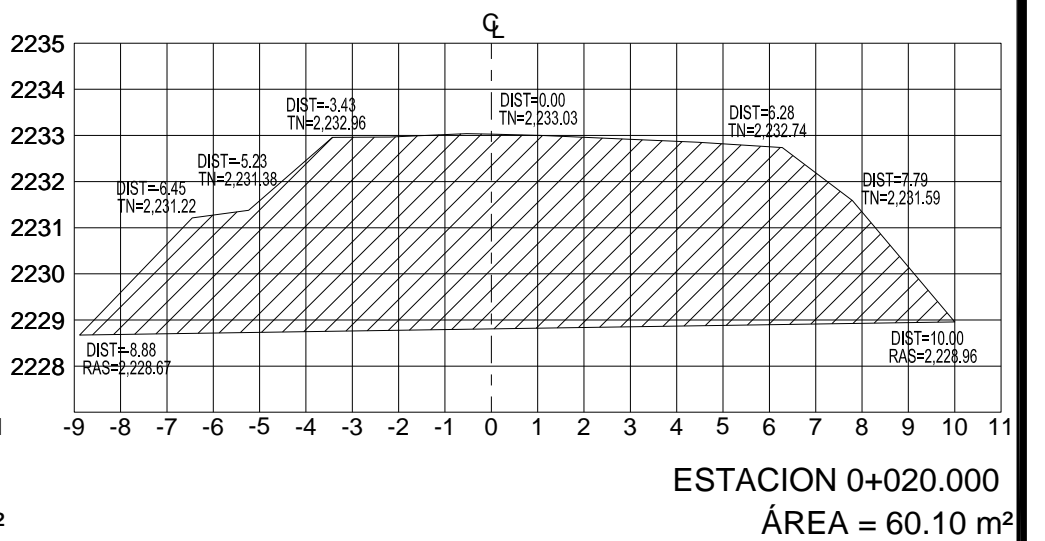
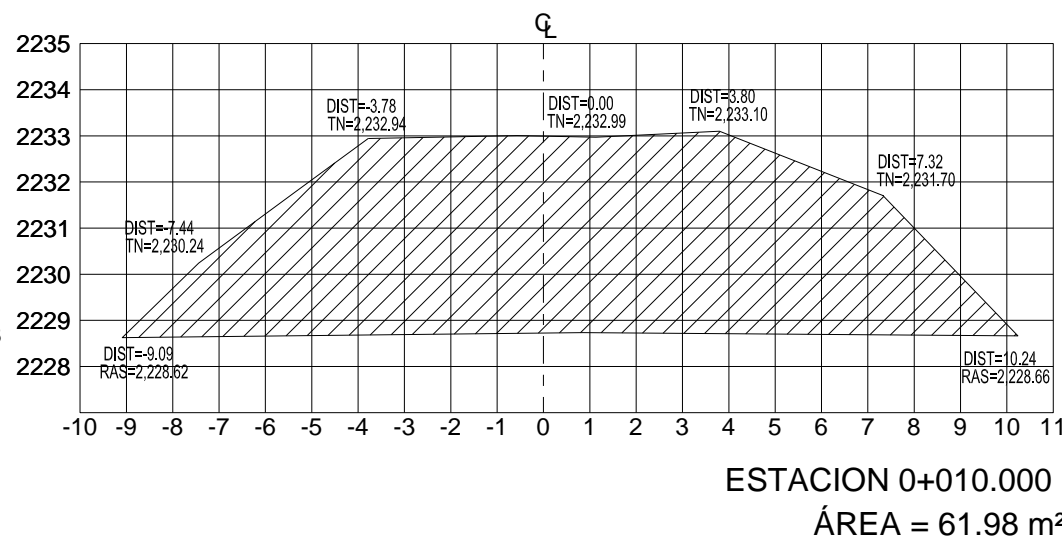
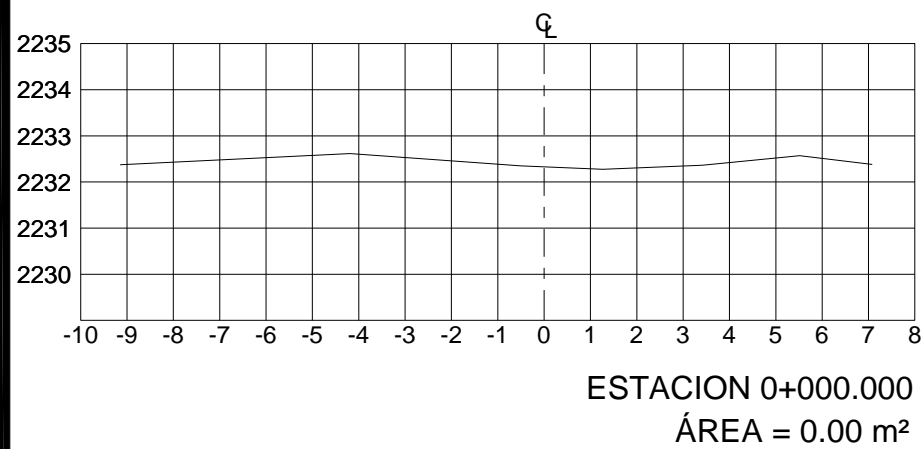
ESCALA GRAFICA



# Peine 5

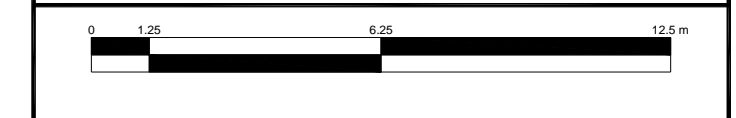


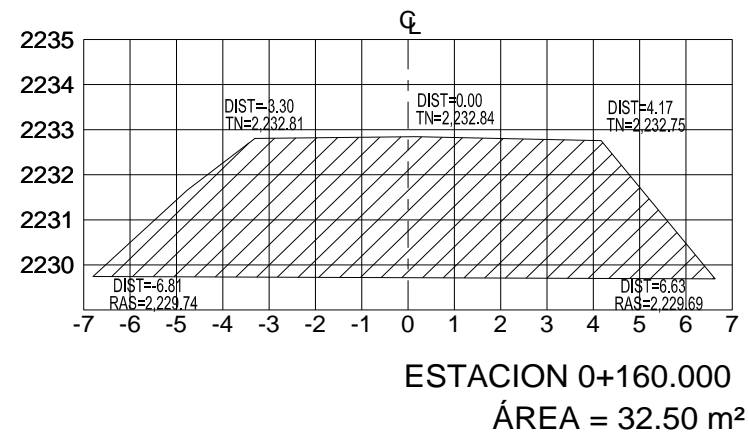
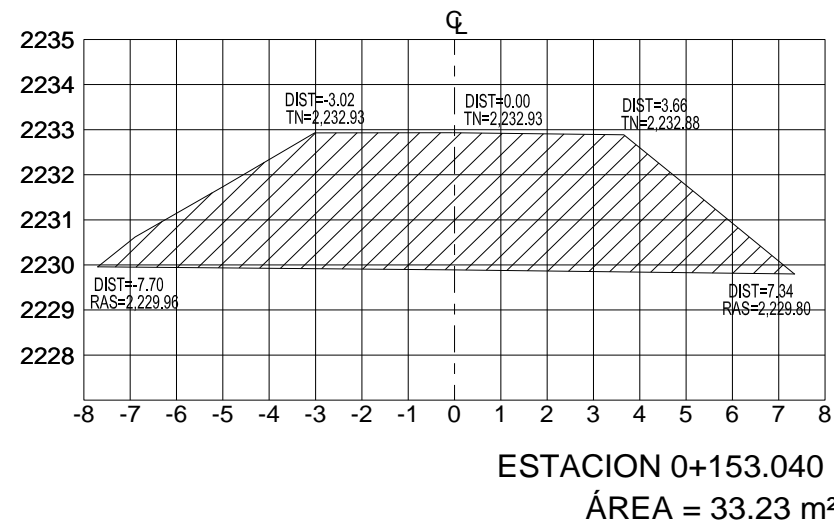
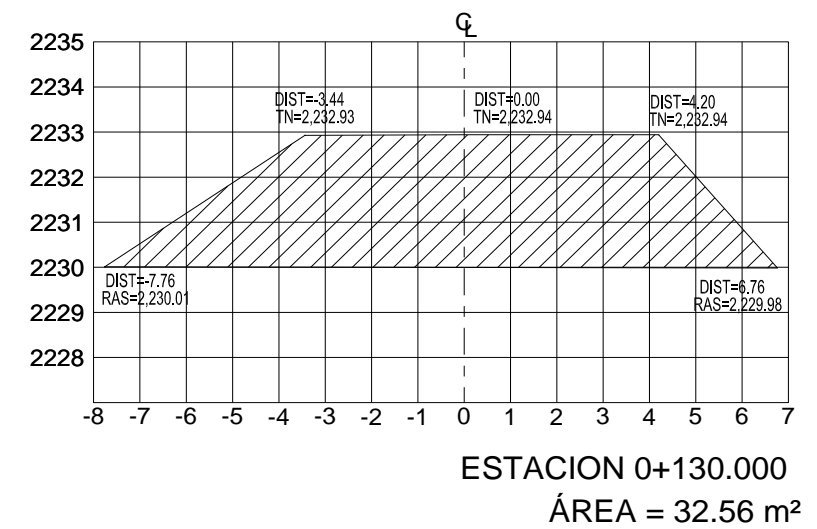
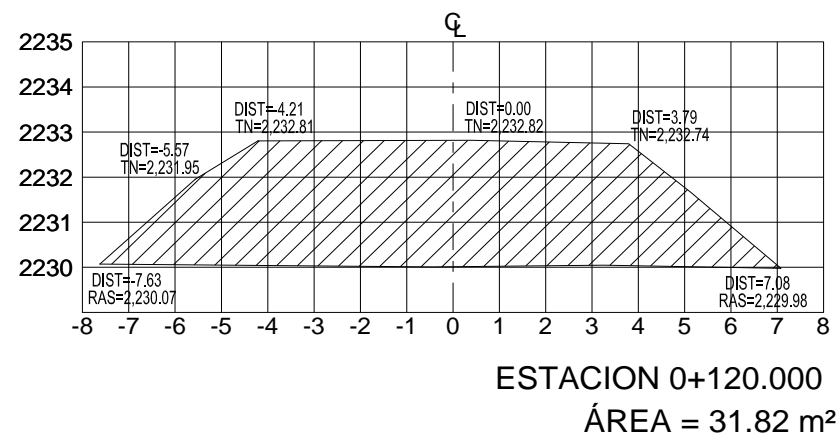
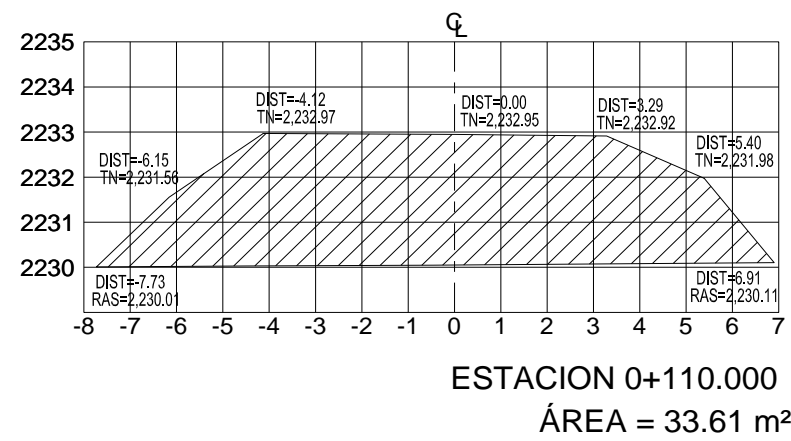
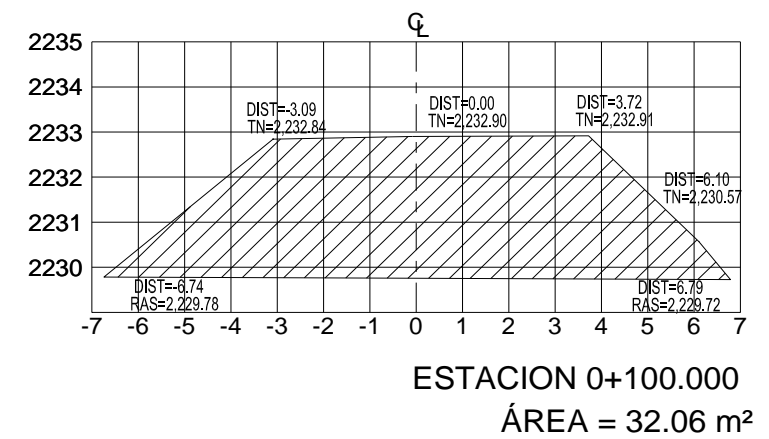
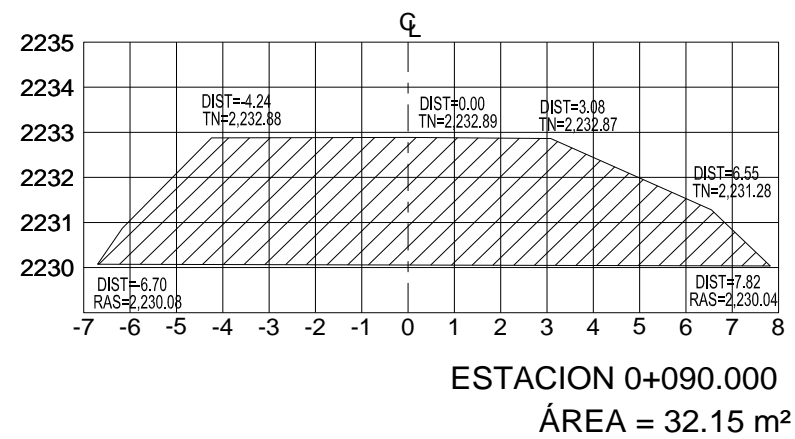
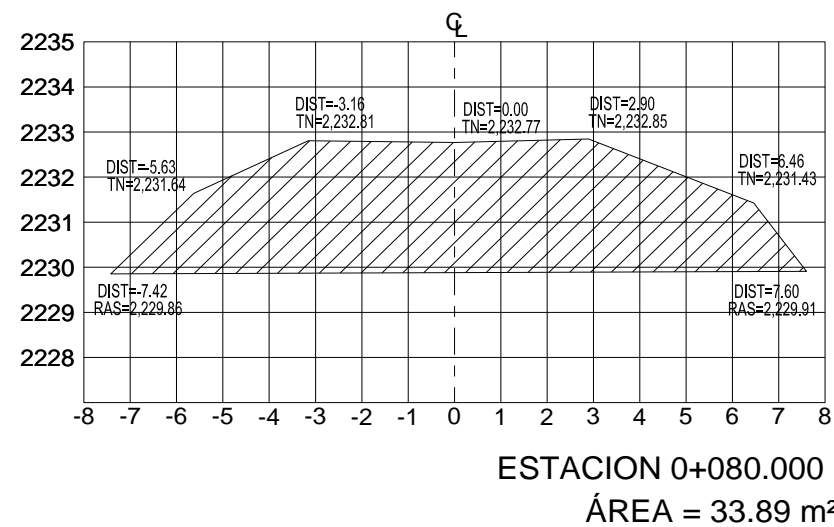
CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



SECCIONES PEINE 5

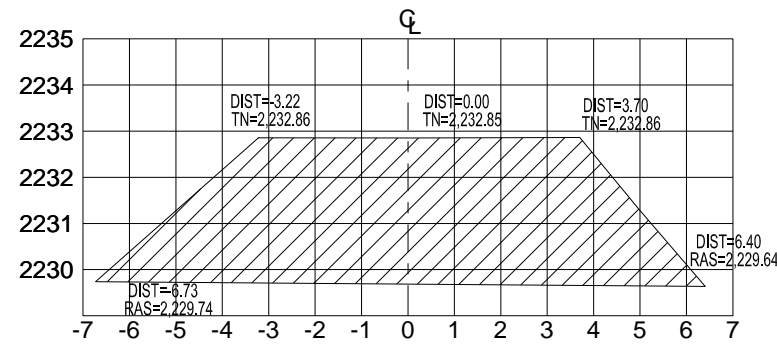
ESCALA GRAFICA



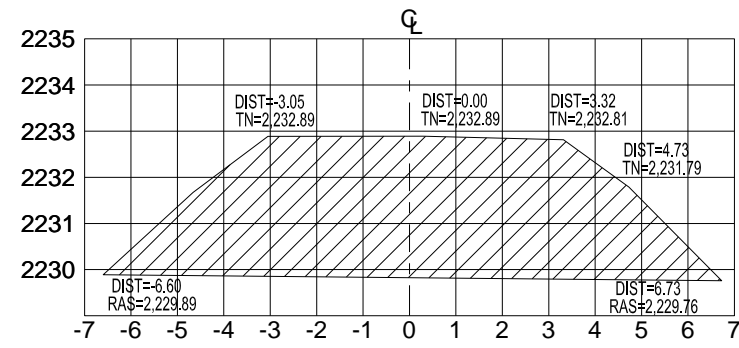


SECCIONES PEINE 5

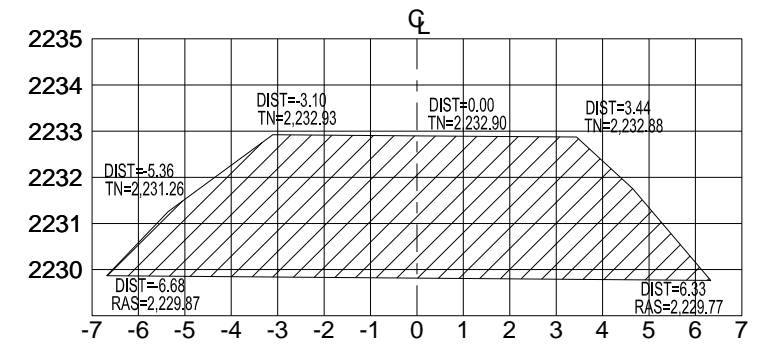
ESCALA GRAFICA



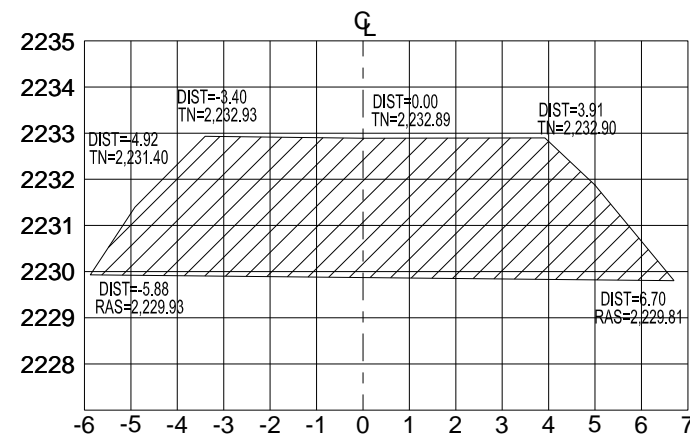
ESTACION 0+180.000  
ÁREA = 31.74 m<sup>2</sup>



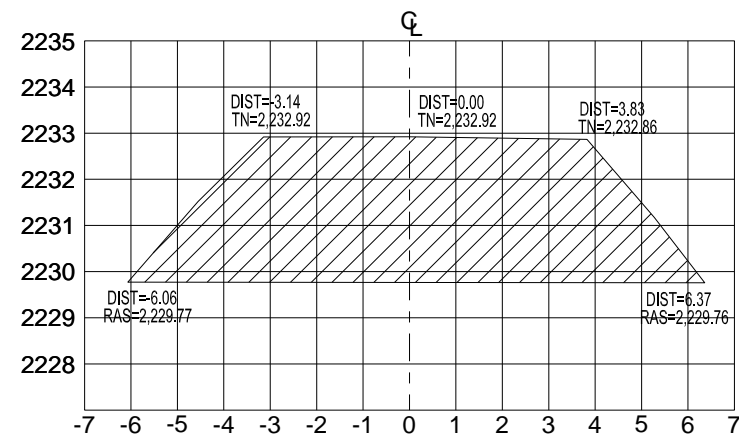
ESTACION 0+200.000  
ÁREA = 30.58 m<sup>2</sup>



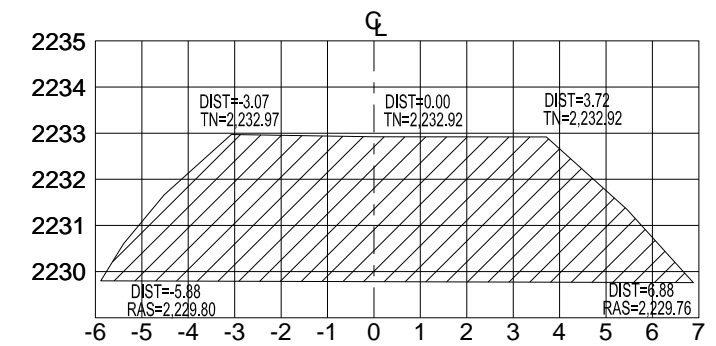
ESTACION 0+210.000  
ÁREA = 30.86 m<sup>2</sup>



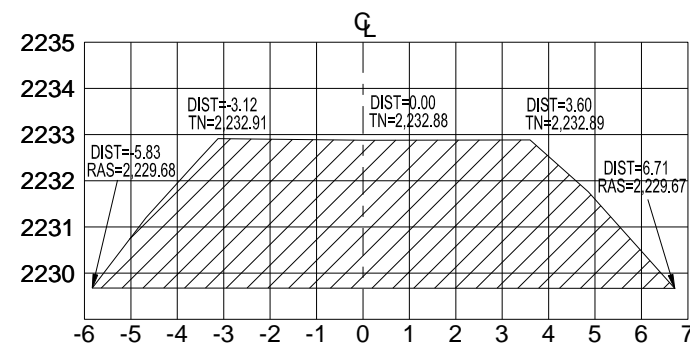
ESTACION 0+220.000  
ÁREA = 30.79 m<sup>2</sup>



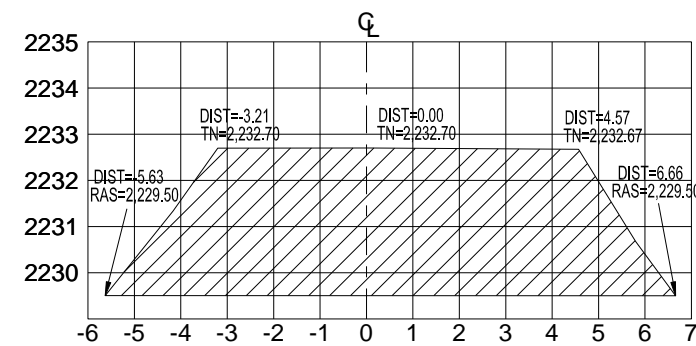
ESTACION 0+230.000  
ÁREA = 30.68 m<sup>2</sup>



ESTACION 0+240.000  
ÁREA = 31.62 m<sup>2</sup>



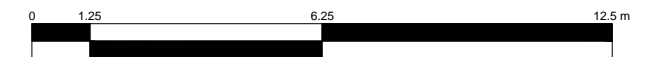
ESTACION 0+260.000  
ÁREA = 31.46 m<sup>2</sup>

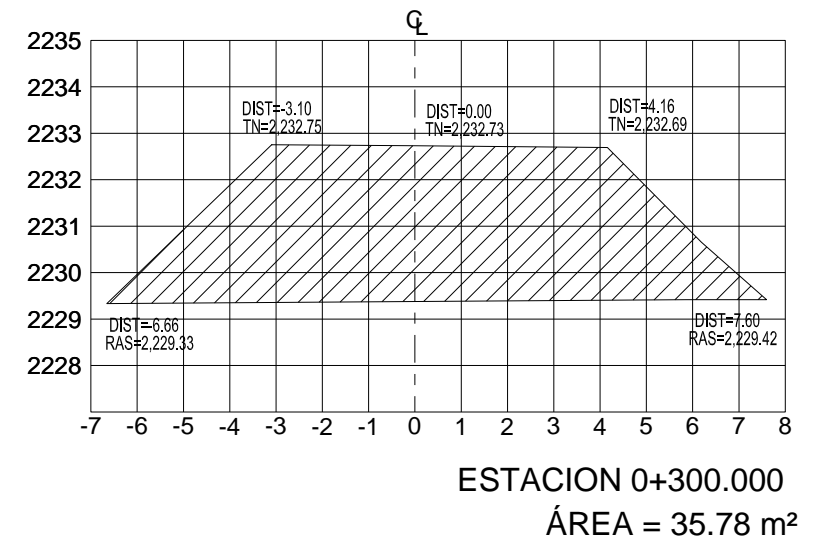
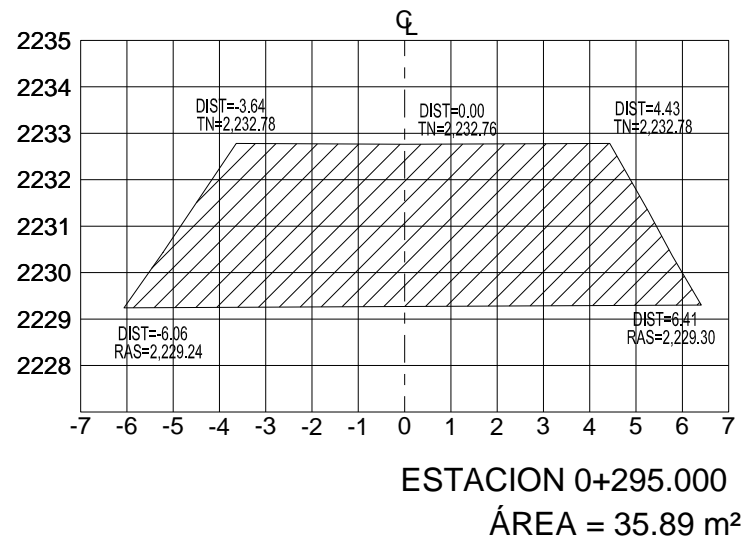
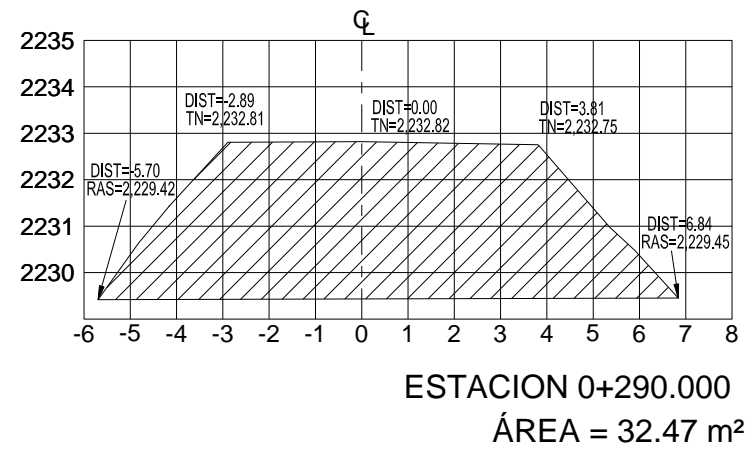


ESTACION 0+280.000  
ÁREA = 31.72 m<sup>2</sup>

SECCIONES PEINE 5

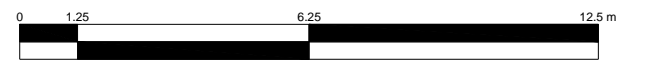
ESCALA GRAFICA



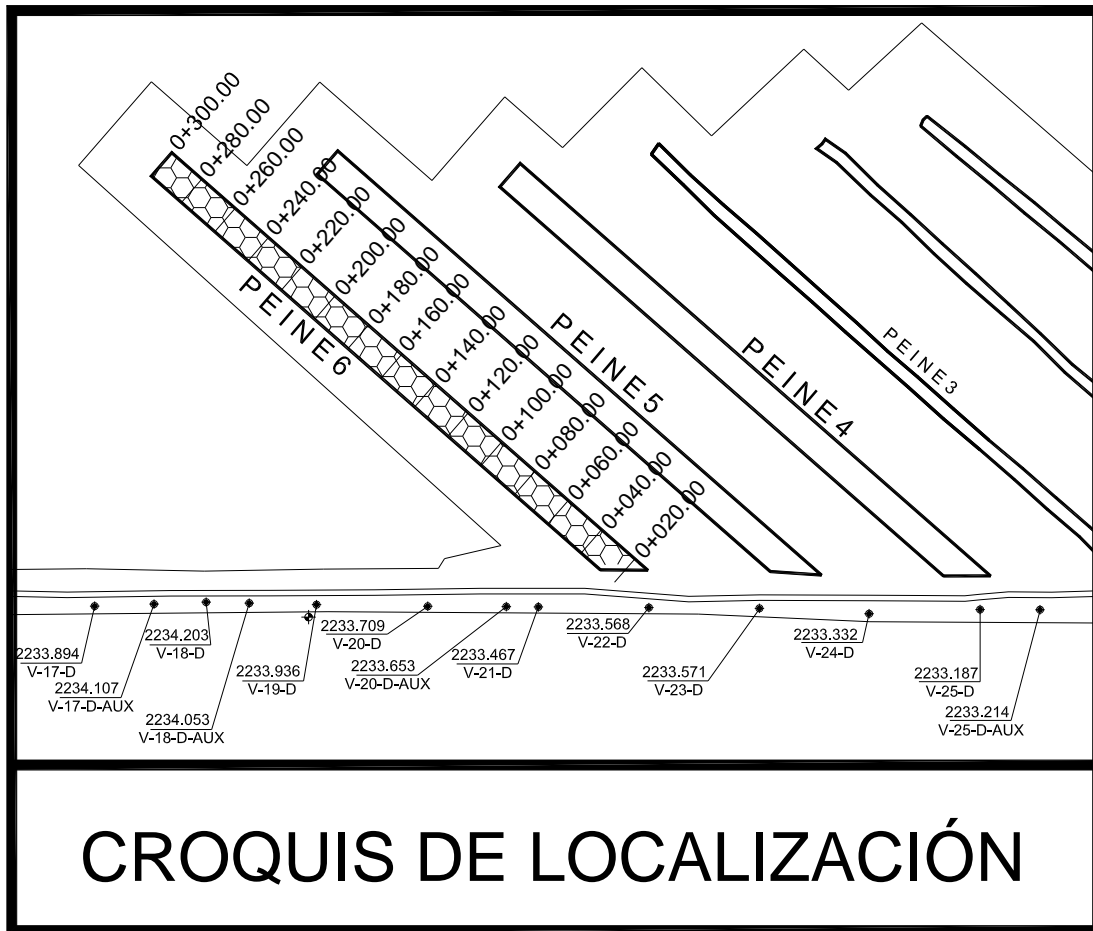


SECCIONES PEINE 5

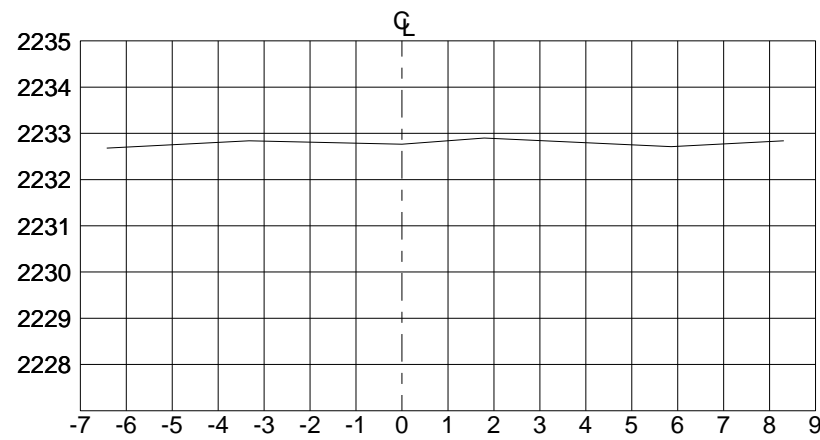
ESCALA GRAFICA



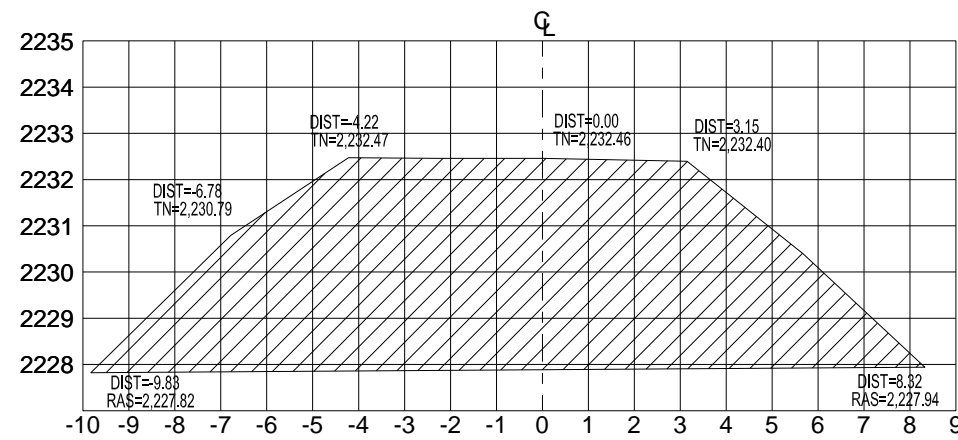
# Peine 6



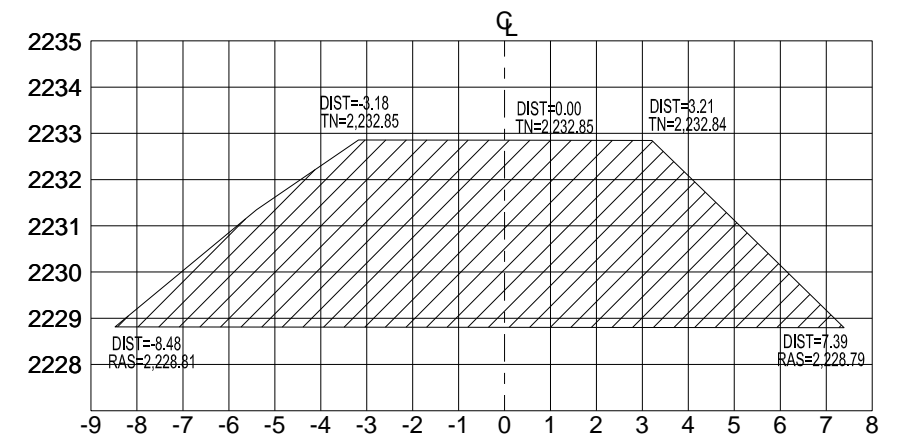




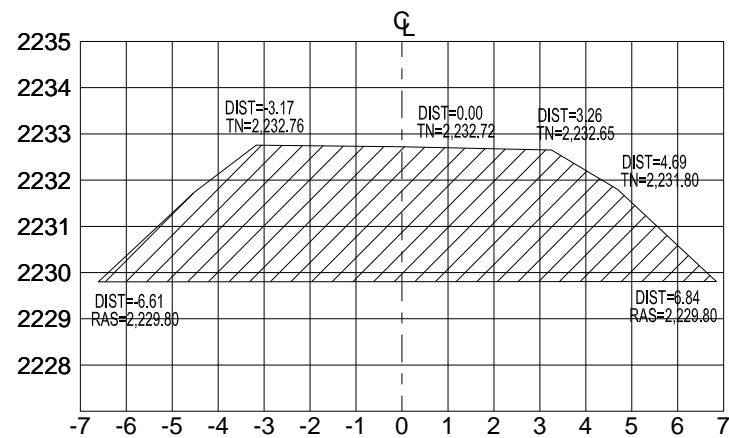
ESTACION 0+000.00  
ÁREA = 0.00 m<sup>2</sup>



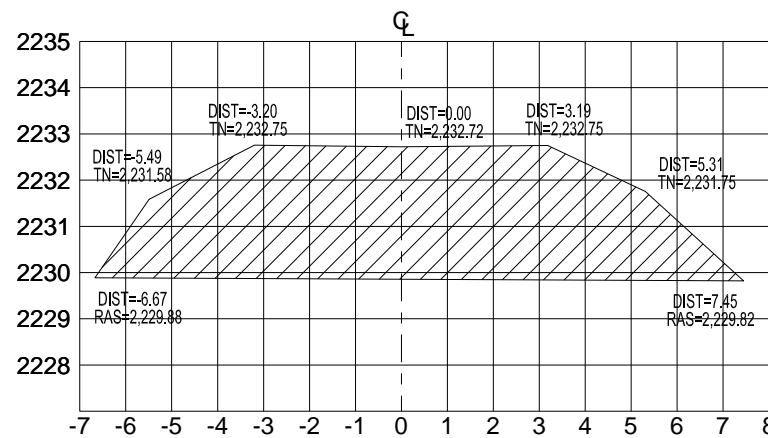
ESTACION 0+010.00  
ÁREA = 59.89 m<sup>2</sup>



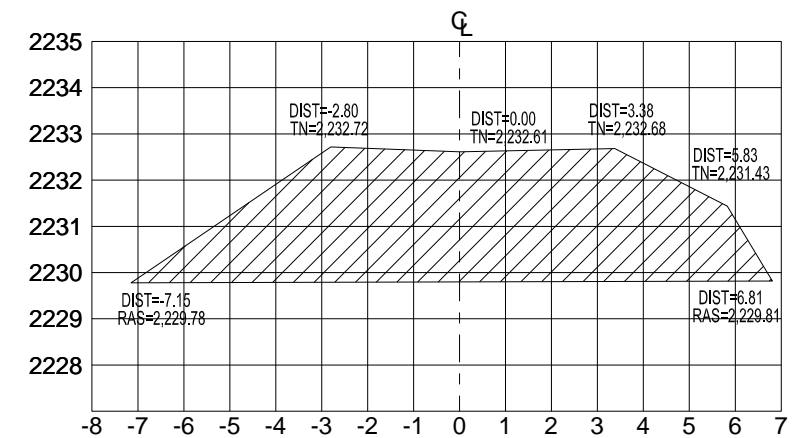
ESTACION 0+020.00  
ÁREA = 45.54 m<sup>2</sup>



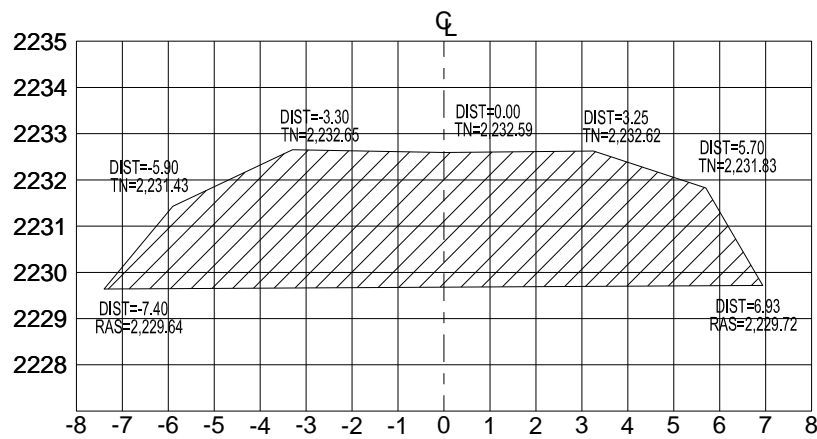
ESTACION 0+030.00  
ÁREA = 29.65 m<sup>2</sup>



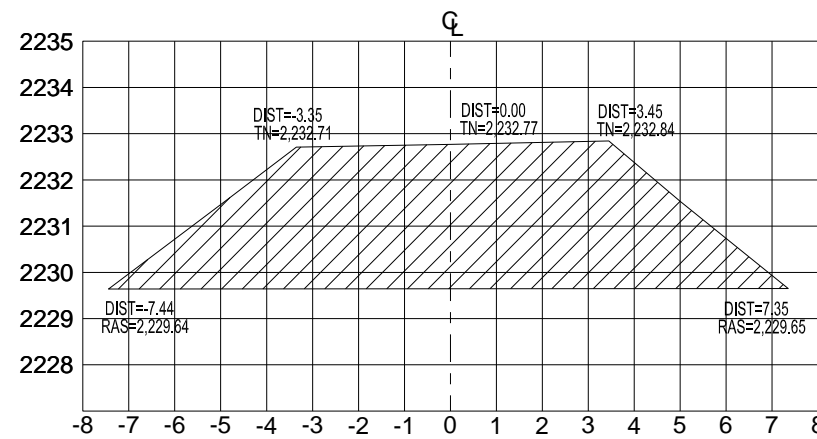
ESTACION 0+040.00  
ÁREA = 31.85 m<sup>2</sup>



ESTACION 0+050.00  
ÁREA = 30.32 m<sup>2</sup>



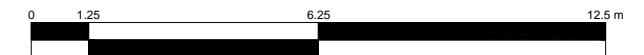
ESTACION 0+060.00  
ÁREA = 34.23 m<sup>2</sup>

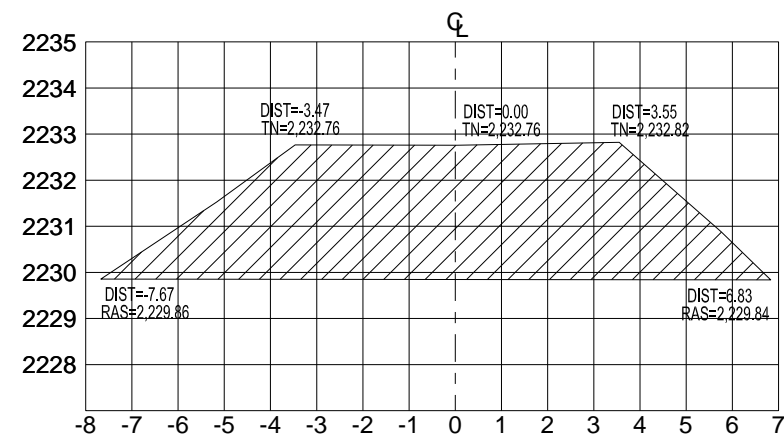


ESTACION 0+070.00  
ÁREA = 33.71 m<sup>2</sup>

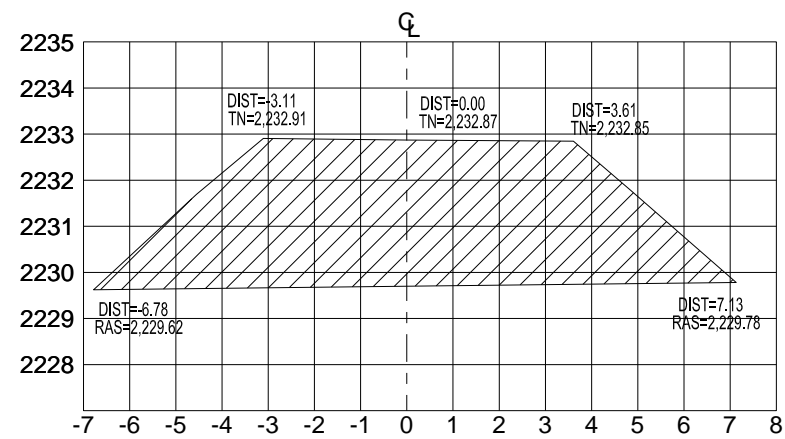
SECCIONES PEINE 6

ESCALA GRAFICA

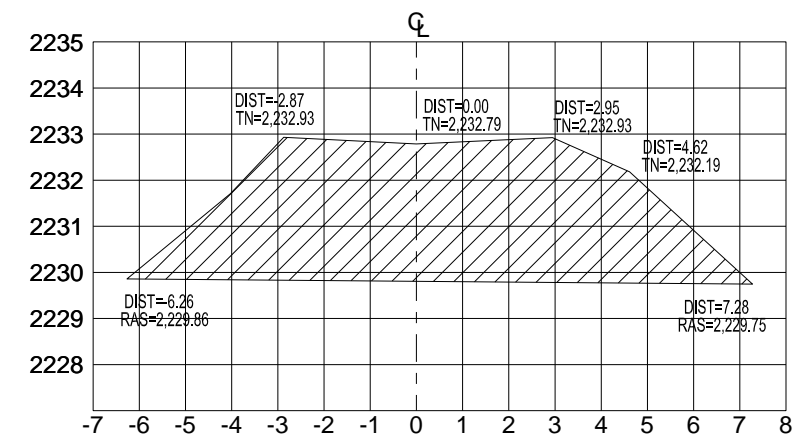




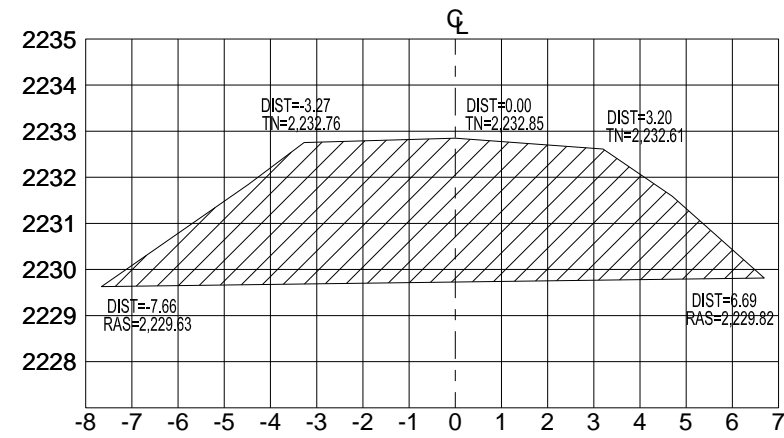
ESTACION 0+080.000  
ÁREA = 31.55 m<sup>2</sup>



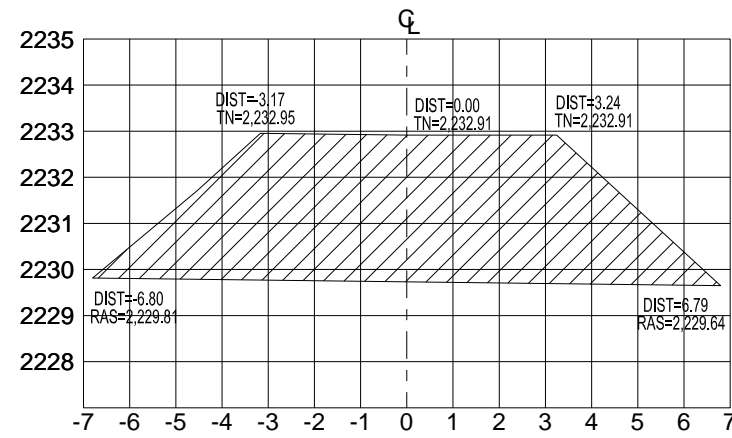
ESTACION 0+090.000  
ÁREA = 32.87 m<sup>2</sup>



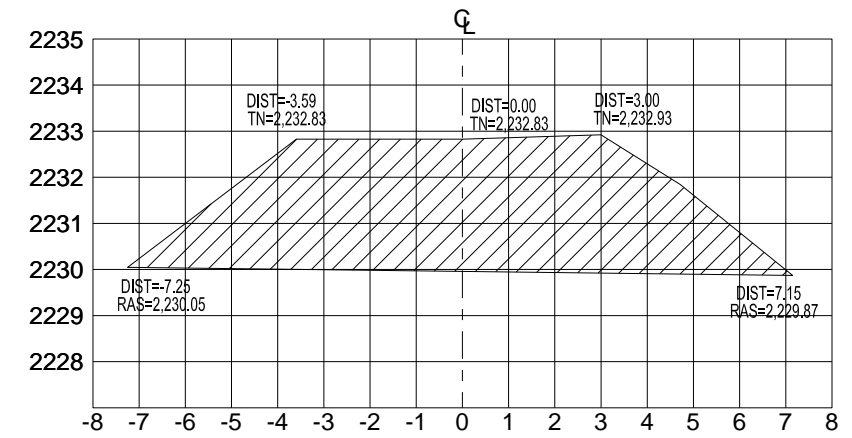
ESTACION 0+100.000  
ÁREA = 30.56 m<sup>2</sup>



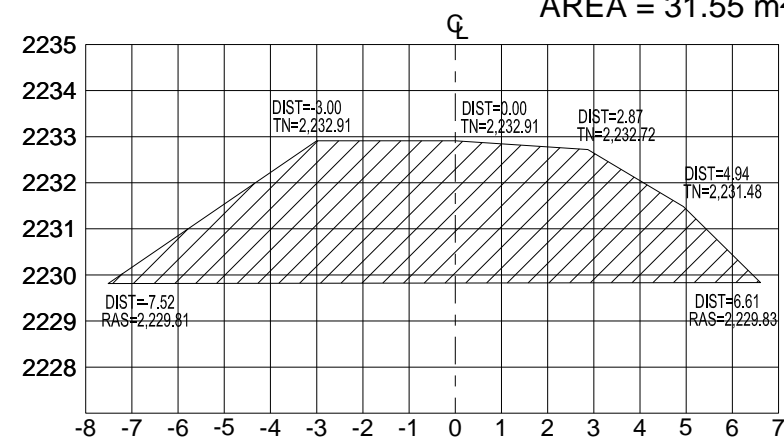
ESTACION 0+120.000  
ÁREA = 31.55 m<sup>2</sup>



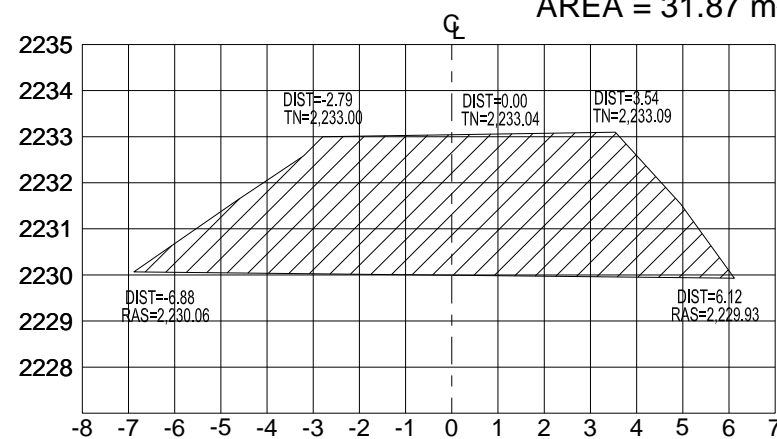
ESTACION 0+140.000  
ÁREA = 31.87 m<sup>2</sup>



ESTACION 0+160.000  
ÁREA = 30.80 m<sup>2</sup>



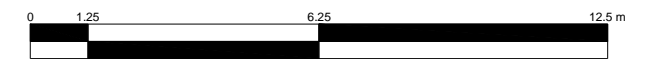
ESTACION 0+180.000  
ÁREA = 30.88 m<sup>2</sup>

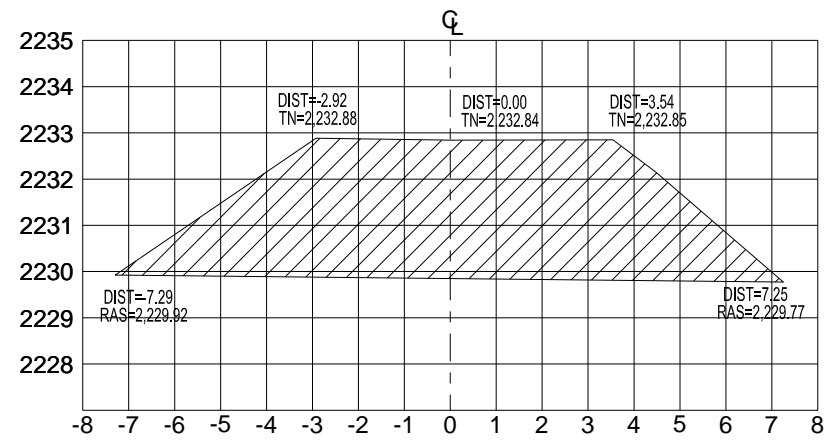


ESTACION 0+200.000  
ÁREA = 29.53 m<sup>2</sup>

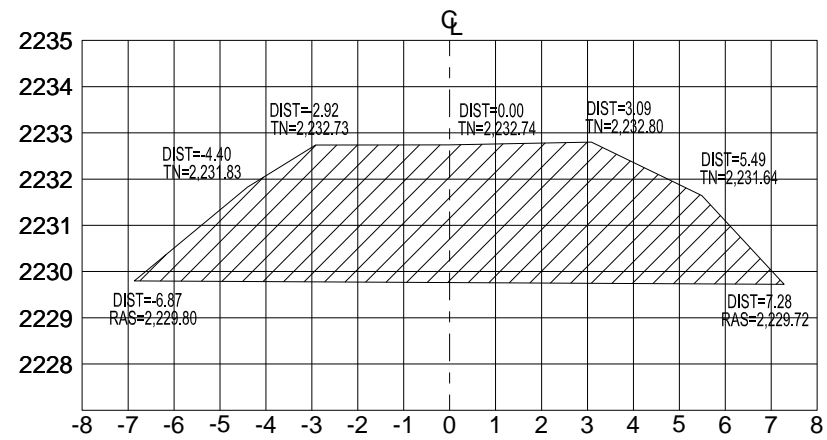
SECCIONES PEINE 6

ESCALA GRAFICA

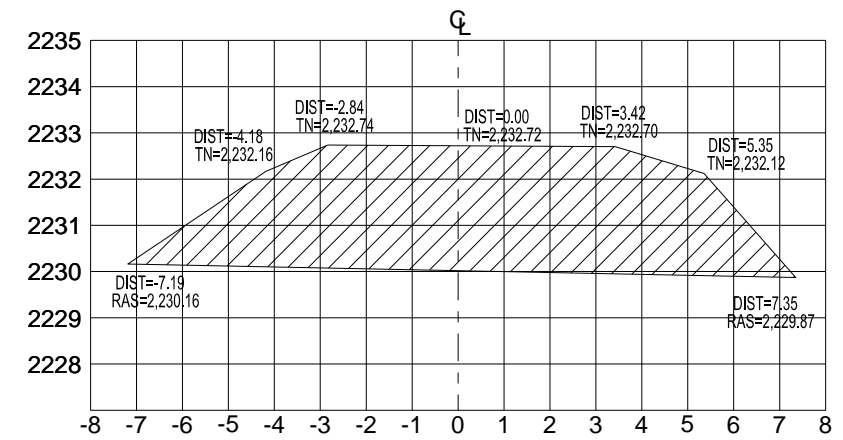




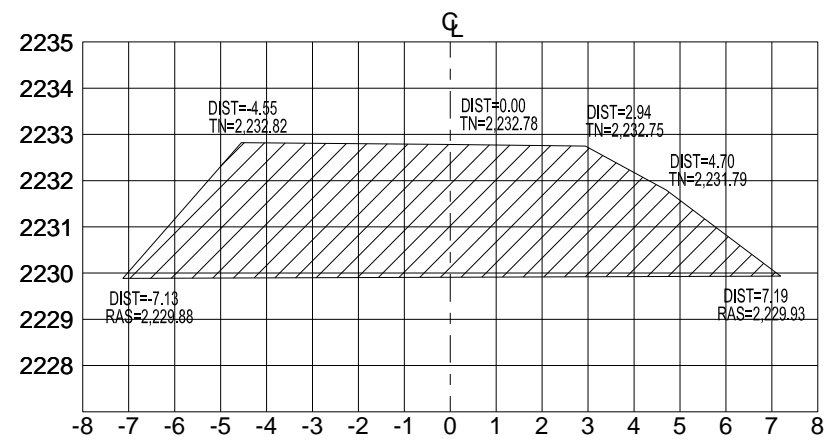
ESTACION 0+220.000  
ÁREA = 31.79 m<sup>2</sup>



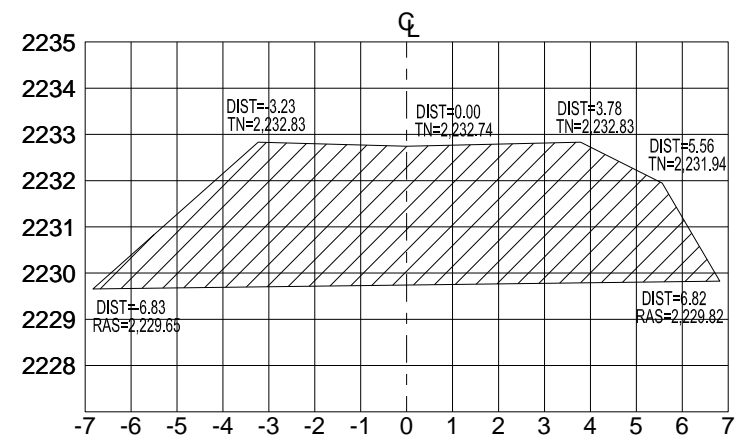
ESTACION 0+240.000  
ÁREA = 31.88 m<sup>2</sup>



ESTACION 0+260.000  
ÁREA = 30.21 m<sup>2</sup>



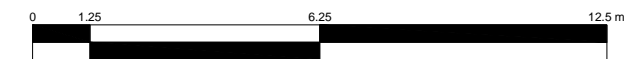
ESTACION 0+280.000  
ÁREA = 31.82 m<sup>2</sup>



ESTACION 0+298.000  
ÁREA = 32.92 m<sup>2</sup>

SECCIONES PEINE 6

ESCALA GRAFICA



# Anexo C

## Prueba de deshidratación

A continuación se describe el procedimiento realizado en esta prueba.

1.- Se eligieron ubicaciones aleatorias dentro del vaso regulador para extraer material de desazolve y se registró la ubicación de dichos puntos.

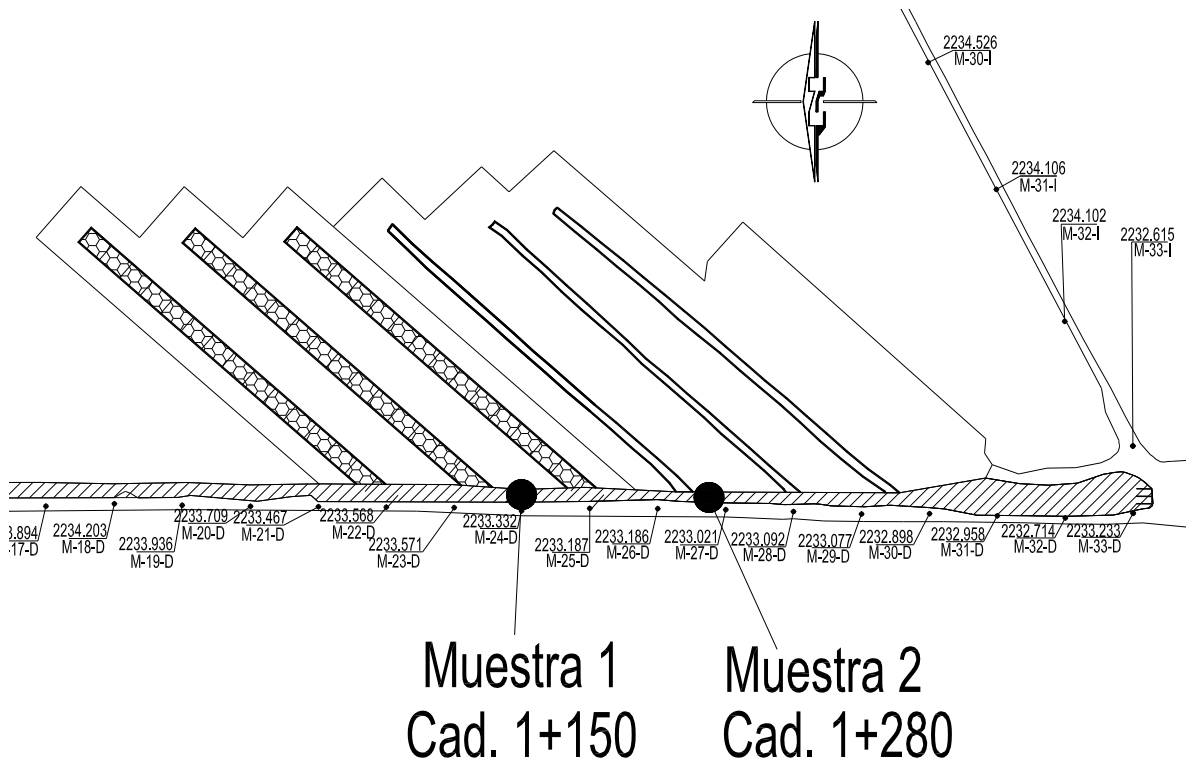


Figura 16. Ubicación de muestras

Muestra	Cadenamiento
1	1+150
2	1+280

2.- Se presentaron de 2 contenedores (tambos) de 200 litros de capacidad cada uno, a los cuales se les realizaron 84 perforaciones de taladro con broca de 3/8" con el objetivo de permitir que el material pierda su contenido de agua.



**Imagen 42. Presentación de contenedores con perforaciones.**



**Imagen 43. Vista interior de contenedor con perforaciones.**

3.- Se llenó cada contenedor con material de desazolve hasta que quedaran completamente enrasados y se sellaron con plástico en la parte superior.



**Imagen 44. Llenado de contenedores.**



**Imagen 45. Enrasado de contenedores.**



**Imagen 46. Sellado de contenedores con plástico.**



**Imagen 47. Contenedores sellados.**



4.- Se dejan los contenedores de manera protegida y se toman las lecturas de la disminución del contenido de desazolve de cada contenedor a las 24, 48, y 72 horas.



**Imagen 48. Apertura de contenedores.**



**Imagen 49. Toma de lecturas.**

### Registro de lecturas de decremento (mm)

Tiempo	Contenedor	
	Rojo (mm)	Azul (mm)
24 horas	4	2
48 horas	5	3
72 horas	2	4
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>9</b>

5.- Por último se procedió a calcular la diferencia en porcentaje entre el volumen inicial (volumen del contenedor) y el volumen final de material de desazolve (Volumen a las 72 horas)

#### Volumen inicial (volumen del contenedor)

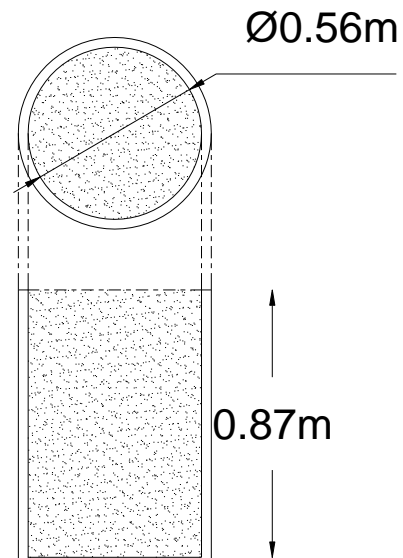
Datos

$$Diametro = 0.56 \text{ m}$$

$$Altura = 0.87 \text{ m}$$

$$Volumen = \left( \frac{\pi D^2}{4} \right) \cdot altura$$

$$Volumen = \frac{\pi (0.56 \text{ m})^2}{4} \cdot 0.87 = 0.21428 \text{ m}^3$$



#### Volumen final (Volumen a las 72 horas)

Para este cálculo en primero lugar se tomara en cuenta el promedio de las lecturas obtenidas en el punto anterior.

$$Promedio = \frac{11 \text{ mm} + 9 \text{ mm}}{2} = 10 \text{ mm} = 0.01 \text{ m}$$

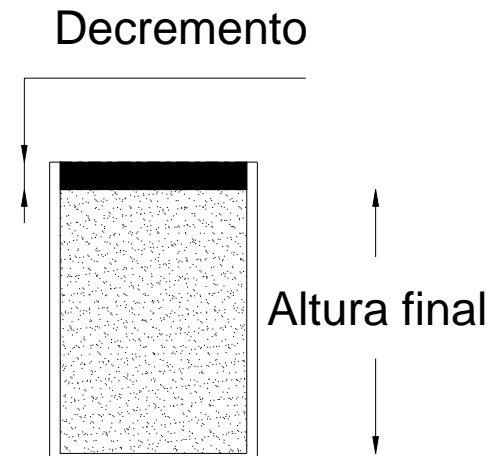
Datos

$$\text{Diametro} = 0.56 \text{ m}$$

$$\text{Altura final} = 0.87 \text{ m} - .01 \text{ m}$$

$$\text{Volumen} = \left( \frac{\pi D^2}{4} \right) \cdot \text{altura final}$$

$$\text{Volumen} = \frac{\pi (0.56 \text{ m})^2}{4} \cdot 0.86 = 0.21182 \text{ m}^3$$



**Factor de Reducción Volumétrico**

$$\text{Porcentaje de reduccionvolumetrico} = \frac{\text{Volumen}_{\text{Inicial}}}{\text{Volumen}_{\text{Final}}}$$

$$\text{Factor de reduccion volumetrico} = 0.9885$$

# Anexo D

Cálculo de volumen de balastro en Peine 4					
Estación	Área [m]	A. prom.[m]	Distancia [m]	Vol. Parcial [m3]	Vol. Acumulado [m3]
0+000.00	0.00				
0+007.00	74.08	37.04	7.00	259.28	259.28
0+020.00	52.16	63.12	13.00	820.56	1079.84
0+040.00	24.50	38.33	20.00	766.60	1846.44
0+060.00	25.00	24.75	20.00	495.00	2341.44
0+080.00	24.30	24.65	20.00	493.00	2834.44
0+100.00	25.45	24.88	20.00	497.60	3332.04
0+120.00	26.78	26.12	20.00	522.40	3854.44
0+140.00	26.54	26.66	20.00	533.20	4387.64
0+156.00	27.64	27.09	16.00	433.44	4821.08
0+160.00	26.74	27.19	4.00	108.76	4929.84
0+180.00	29.67	28.21	20.00	564.20	5494.04
0+200.00	29.43	29.55	20.00	591.00	6085.04
0+220.00	30.87	30.15	20.00	603.00	6688.04
0+240.00	32.32	31.60	20.00	632.00	7320.04
0+260.00	32.60	32.46	20.00	649.20	7969.24
0+280.00	29.87	31.24	20.00	624.80	8594.04
0+300.00	32.10	30.99	20.00	619.80	9213.84

Cálculo de volumen de balastro en Peine 5					
Estación	Área [m]	A. prom.[m]	Distancia [m]	Vol. Parcial [m3]	Vol. Acumulado [m3]
0+000.00	0.00				
0+010.00	61.98	30.99	10.00	309.90	309.90
0+020.00	60.10	61.04	10.00	610.40	920.30
0+030.00	30.54	45.32	10.00	453.20	1373.50
0+040.00	31.76	31.15	10.00	311.50	1685.00
0+050.00	30.58	31.17	10.00	311.70	1996.70
0+060.00	33.87	32.23	10.00	322.30	2319.00
0+070.00	32.79	33.33	10.00	333.30	2652.30
0+080.00	33.89	33.34	10.00	333.40	2985.70
0+090.00	32.15	33.02	10.00	330.20	3315.90
0+100.00	32.06	32.11	10.00	321.10	3637.00
0+110.00	33.61	32.84	10.00	328.40	3965.40
0+120.00	31.82	32.72	10.00	327.20	4292.60
0+130.00	32.56	32.19	10.00	321.90	4614.50
0+153.04	33.23	32.90	23.04	758.02	5372.52
0+160.00	32.50	32.87	6.96	228.78	5601.30
0+180.00	31.74	32.12	20.00	642.40	6243.70
0+200.00	30.58	31.16	20.00	623.20	6866.90
0+210.00	30.86	30.72	10.00	307.20	7174.10
0+220.00	30.79	30.83	10.00	308.30	7482.40
0+230.00	30.68	30.74	10.00	307.40	7789.80
0+240.00	31.62	31.15	10.00	311.50	8101.30
0+260.00	31.46	31.54	20.00	630.80	8732.10
0+280.00	31.72	31.59	20.00	631.80	9363.90
0+290.00	32.47	32.10	10.00	321.00	9684.90
0+295.00	35.89	34.18	5.00	170.90	9855.80
0+300.00	35.78	35.84	5.00	179.20	10035.00

Cálculo de volumen de balastro en Peine 6					
Estación	Área [m]	A. prom.[m]	Distancia [m]	Vol. Parcial [m3]	Vol. Acumulado [m3]
0+000.00					
0+010.00	59.89	59.89	10.00	598.90	598.90
0+020.00	45.54	52.72	10.00	527.20	1126.10
0+030.00	29.65	37.60	10.00	376.00	1502.10
0+040.00	31.85	30.75	10.00	307.50	1809.60
0+050.00	30.32	31.09	10.00	310.90	2120.50
0+060.00	34.23	32.28	10.00	322.80	2443.30
0+070.00	33.71	33.97	10.00	339.70	2783.00
0+080.00	31.55	32.63	10.00	326.30	3109.30
0+090.00	32.87	32.21	10.00	322.10	3431.40
0+100.00	30.56	31.72	10.00	317.20	3748.60
0+120.00	31.55	31.06	20.00	621.20	4369.80
0+140.00	31.87	31.71	20.00	634.20	5004.00
0+160.00	30.80	31.34	20.00	626.80	5630.80
0+180.00	30.88	30.84	20.00	616.80	6247.60
0+200.00	29.53	30.21	20.00	604.20	6851.80
0+220.00	31.79	30.66	20.00	613.20	7465.00
0+240.00	31.88	31.84	20.00	636.80	8101.80
0+260.00	30.21	31.05	20.00	621.00	8722.80
0+280.00	31.82	31.02	20.00	620.40	9343.20
0+298.00	32.92	32.37	18.00	582.66	9925.86

Cálculo de volumen desazolado al interior del vaso					
Estación	Área [m]	A. prom.[m]	Distancia [m]	Vol. Parcial [m3]	Vol. Acumulado [m3]
0+800.00	26.15				
0+827.00	157.16	91.655	27.00	2474.69	2474.685
0+850.00	109.10	133.130	23.00	3061.99	5536.675
0+869.53	108.87	108.985	19.53	2128.48	7665.152
0+900.00	252.38	180.625	30.47	5503.64	13168.796
0+950.00	238.43	245.405	50.00	12270.25	25439.046
0+970.60	374.92	306.675	20.60	6317.51	31756.551
1+000.00	333.09	354.005	29.40	10407.75	42164.298
1+050.00	268.15	300.620	50.00	15031.00	57195.298
1+100.00	151.15	209.650	50.00	10482.50	67677.798
1+150.00	141.02	146.085	50.00	7304.25	74982.048
1+200.00	48.38	94.700	50.00	4735.00	79717.048
1+227.20	0.00	24.190	27.20	657.97	80375.016



Cálculo de volumen desazolvado en el canal de llamada					
Estación	Área [m]	A. prom.[m]	Distancia [m]	Vol. Parcial [m3]	Vol. Acumulado [m3]
0+100.00	4.55				
0+150.00	7.30	5.925	50.00	296.25	296.250
0+200.00	5.83	6.565	50.00	328.25	624.500
0+250.00	4.85	5.340	50.00	267.00	891.500
0+300.00	11.67	8.260	50.00	413.00	1304.500
0+350.00	6.78	9.225	50.00	461.25	1765.750
0+400.00	12.70	9.740	50.00	487.00	2252.750
0+450.00	8.87	10.785	50.00	539.25	2792.000
0+500.00	4.68	6.775	50.00	338.75	3130.750
0+550.00	8.85	6.765	50.00	338.25	3469.000
0+600.00	4.96	6.905	50.00	345.25	3814.250
0+650.00	4.13	4.545	50.00	227.25	4041.500
0+700.00	7.94	6.035	50.00	301.75	4343.250
0+750.00	8.69	8.315	50.00	415.75	4759.000
0+800.00	10.17	9.430	50.00	471.50	5230.500
0+850.00	5.49	7.830	50.00	391.50	5622.000
0+900.00	4.32	4.905	50.00	245.25	5867.250
0+950.00	5.35	4.835	50.00	241.75	6109.000
1+000.00	3.57	4.460	50.00	223.00	6332.000
1+050.00	5.27	4.420	50.00	221.00	6553.000
1+100.00	4.97	5.120	50.00	256.00	6809.000
1+150.00	2.29	3.630	50.00	181.50	6990.500
1+200.00	3.56	2.925	50.00	146.25	7136.750
1+250.00	15.61	9.585	50.00	479.25	7616.000
1+300.00	11.84	13.725	50.00	686.25	8302.250
1+350.00	9.69	10.765	50.00	538.25	8840.500
1+400.00	8.82	9.255	50.00	462.75	9303.250
1+450.00	16.62	12.720	50.00	636.00	9939.250
1+500.00	27.83	22.225	50.00	1111.25	11050.500
1+550.00	28.41	28.120	50.00	1406.00	12456.500
1+600.00	31.26	29.835	50.00	1491.75	13948.250

## **Bibliografía**

SACMEX 1 – Sistema de aguas de la Ciudad de México, (2012), *Construcción de planta de bombeo San Bernardino, delegación Xochimilco*, México, D.F.

SACMEX 2 – Sistema de aguas de la Ciudad de México, (2007), *Estudio topográfico para cuantificar el volumen de azolve por extraer en las laguna de regulación Cuauhtepc, Ciénega Chica y Rio Cuauhtepc con ramales 2007 – 2008.*, México, D.F.

SACMEX 3 – Sistema de aguas de la Ciudad de México, (2007), *Plan hidráulico delegacional (2007- 2012) Xochimilco.*, México, D.F.

SACMEX 4 – Sistema de aguas de la Ciudad de México, (2003), *Estudio topográfico para determinar el volumen de azolve por extraer en la laguna de regulación ciénega grande, en la temporada de estiaje 2003-2004*, México, D.F.

SACMEX 5 – Sistema de aguas de la Ciudad de México, (2012), *El gran reto del agua en la Ciudad de México*, México, D.F.

LOPSRM . – Congreso general de los Estados Unidos Mexicanos, (2009), *Ley de obras públicas y servicios relacionados con las mismas*, México, D.F.

RLOPSRM . – Congreso general de los Estados Unidos Mexicanos, (2010), *Reglamento de la ley de obras públicas y servicios relacionados con las mismas*, México, D.F.

LRSDF .- Asamblea Legislativa del Distrito Federal, (2003), *Ley de residuos sólidos del Distrito Federal*, México, D.F.

RLRSDF .- Asamblea Legislativa del Distrito Federal, (2008), *Reglamento de la ley de residuos sólidos del Distrito Federal*, México, D.F.

SOBSE .- Secretaría de obras y servicios, (2010), *Normas de construcción de la administración pública del Distrito Federal, Libro 3,Tomo I, Construcción e instalaciones, obra civil en urbanización.*, México, D.F.

CONAGUA 1 – Comisión nacional del agua, *Especificaciones para los conceptos: 3.01.02.011.a., 3.01.02.011.b. y 3.01.02.011.c.*, Recuperado de:  
<http://www.conagua.gob.mx/conagua07/licitaciones/aa-001-0808/espe159fnlp.doc>

CONAGUA 2 – Comisión nacional del agua, *Mapa interactivo del funcionamiento del drenaje de la Ciudad México*, Recuperado de :  
<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Temas/InteractivoDrenaje.swf>

APASCO 1 – Holcim-Apasco, (2008), *Manual Técnico de Construcción*, México, D.F.