

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO ESTRUCTURADO DE MANERA INDEPENDIENTE**

**TEMA:**

---

**“ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL EMBOVEDADO DEL  
COLECTOR SANITARIO EL TUMBE ANTE EL RIESGO DE  
COLAPSO EN EL CANTÓN CAYAMBE, PROVINCIA DE  
PICHINCHA”**

---

**AUTOR:**

Jairo Damián Cayambe Grefa

**TUTOR:**

Ing. Mg. Santiago Medina

**Ambato – Ecuador**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

Cumpliendo con lo que se estipula en la Tutoría, CERTIFICO: que el informe final del trabajo de investigación sobre el tema: “ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL EMBOVEDADO DEL COLECTOR SANITARIO EL TUMBE ANTE EL RIESGO DE COLAPSO EN EL CANTÓN CAYAMBE, PROVINCIA DE PICHINCHA”, elaborado por el autor: Jairo Damián Cayambe Grefa, egresado de esta Facultad, carrera de Ingeniería Civil, considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a evaluación del jurado examinador designado por el H. Consejo de Pregrado.

Ambato, 20 de Abril de 2015

**Ing. Mg. Santiago Medina**  
**TUTOR**

## **AUTORÍA DE LA TESIS**

Los criterios emitidos en el trabajo de investigación: “ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL EMBOVEDADO DEL COLECTOR SANITARIO EL TUMBE ANTE EL RIESGO DE COLAPSO EN EL CANTÓN CAYAMBE, PROVINCIA DE PICHINCHA”, como también los contenidos, ideas, análisis, conclusiones y propuesta son de exclusiva responsabilidad de mi persona, como autor de este presente trabajo de grado.

Ambato, 20 de Abril de 2015

Jairo Damián Cayambe Grefa

**EL AUTOR**

## **DEDICATORIA**

El desarrollo y culminación de este proyecto va dedicado a mi adorada familia, mi hija Jade Cayambe y a mí querida esposa Karina Alvarado, quienes han sido desde el inicio el motivo principal para mi superación personal, brindándome su apoyo para no rendirme.

Dedico además a mi padre Isidro Cayambe por su lucha constante para ofrecernos lo mejor a mí y a mis hermanos, a mi madre Patricia Grefa que desde el cielo me envía sus bendiciones, a mi abuelita, mis tíos(as), que son pilares fundamentales de mi vida, velando por mi bienestar y mi educación.

Este triunfo y todos los que están por venir, siempre irán dedicado a ustedes.

## **AGRADECIMIENTO**

Mi más sincero agradecimiento al culminar el presente trabajo investigativo y carrera universitaria, para mis padres que han sabido apoyarme incondicionalmente, orientándome, guiándome en todos los ámbitos de mi vida.

A la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, por haberme brindado todos los conocimientos que he adquirido en el transcurso de mi vida universitaria, en especial al Ing. Mg. Santiago Medina por su tiempo y apoyo para la culminación del presente proyecto.

Finalmente un agradecimiento especial al Cuerpo De Bomberos Del Cantón Cayambe y al Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Cayambe por su apoyo en la presente investigación.

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

### A. PAGINAS PRELIMINARES

Portada.....	I
Aprobación del tutor .....	II
Autoría de la tesis.....	III
Dedicatoria .....	IV
Agradecimiento.....	V
Índice general de contenidos.....	VI
Índice de tablas.....	XII
Índice de ilustraciones.....	XIV
Resumen ejecutivo .....	XVI

### B. TEXTO INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I.....	1
EL PROBLEMA .....	1
1.1 Tema de investigación.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	1
1.2.1 Contextualización.....	1
1.2.2 Análisis crítico .....	4
1.2.3 Prognosis .....	4
1.2.4 Formulación del problema .....	5
1.2.5 Preguntas directrices .....	5
1.2.6 Delimitaciones.....	5
1.2.6.1 Delimitación espacial.....	5
1.2.6.2 Delimitación temporal.....	6
1.2.6.3 Delimitación de contenidos.....	6
1.3 Justificación.....	7

1.4 Objetivos .....	8
1.4.1 Objetivo general .....	8
1.4.2 Objetivos específicos .....	8
CAPÍTULO II .....	9
MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 Antecedentes investigativos .....	9
2.2 Fundamentación filosófica .....	10
2.3 Fundamentación legal .....	10
2.4 Categorías fundamentales .....	11
2.4.1 Supraordinación de variables .....	11
2.4.2 Definiciones variable independiente .....	11
2.4.2.1 Estructuras.....	11
2.4.2.2 Análisis de estructuras.....	12
2.4.2.3 Patologías constructivas .....	13
2.4.2.4 Embovedado de colector sanitario .....	14
2.4.3 Definiciones variable dependiente .....	16
2.4.3.1 Resistencia de materiales .....	16
2.4.3.2 Ensayo e inspección de materiales.....	17
2.4.3.3 Comportamiento mecánico de materiales .....	19
2.4.3.4 Colapso de estructuras.....	20
2.5 Hipótesis.....	21
2.6 Señalamiento de variables.....	21
CAPÍTULO III.....	22
METODOLOGÍA .....	22
3.1 Modalidad básica de la investigación .....	22
3.2 Nivel o tipo de investigación.....	22
3.3 Población y muestra .....	23

3.3.1 Población.....	23
3.3.2 Muestra.....	23
3.4 Operacionalización de variables .....	24
3.4.1 Variable independiente.....	24
3.4.2 Variable dependiente.....	25
3.5 Plan de recolección de información .....	26
3.6 Plan de procesamiento de información .....	27
CAPÍTULO IV .....	28
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	28
4.1 Análisis e interpretación de resultados.....	28
4.1.1 Pregunta 1.....	28
4.1.2 Pregunta 2.....	29
4.1.3 Pregunta 3.....	30
4.1.4 Pregunta 4.....	30
4.1.5 Pregunta 5.....	31
4.2 Análisis de colector sanitario .....	32
4.2.1 Materiales que componen el colector.....	32
4.2.2 Dimensión del colector .....	33
4.2.2.1 Dimensión del ladrillo.....	33
4.2.2.2 Dimensión de ejes .....	34
4.2.3 Cargas a las que está sometido el colector .....	34
4.2.3.1 Cargas vehículo tipo.....	35
4.2.3.1.1 Bulbo de presiones .....	36
4.2.3.2 Presión del suelo .....	40
4.2.4 Propiedades de materiales .....	42
4.2.4.1 Peso unitario.....	42
4.2.4.2 Modulo de elasticidad .....	42



4.2.4.3 Coeficiente de poisson .....	43
4.2.4.4 Coeficiente de expansión térmica .....	43
4.2.5 Análisis estructural utilizando un software especializado .....	43
4.3 Verificación de hipótesis.....	85
CAPITULO V .....	86
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	86
5.1 Conclusiones .....	86
5.2 Recomendaciones.....	86
CAPÍTULO VI.....	88
PROPUESTA.....	88
6.1 Datos informativos .....	88
6.1.1 Título de la propuesta.....	88
6.1.2 Beneficiarios .....	88
6.1.3 Ubicación .....	88
6.1.4 Tiempo estimado para la ejecución.....	88
6.1.5 Equipo técnico responsable.....	89
6.2 Antecedentes de la propuesta.....	89
6.3 Justificación.....	90
6.4 Objetivos .....	92
6.4.1 Objetivo general .....	92
6.4.2 Objetivos específicos .....	92
6.5 Análisis de factibilidad.....	92
6.6 Fundamentación .....	92
6.6.1 Obras subterráneas .....	92
6.6.1.1 Orígenes y evolución.....	92
6.6.2 Topografía .....	95
6.6.2.1 Topografía subterránea.....	95

6.6.2.2	Planimetría subterránea.....	95
6.6.2.3	Altimetría subterránea.....	97
6.6.3	Estudios geotécnicos .....	98
6.6.3.1	Tipos de suelo .....	98
6.6.3.2	Análisis granulométrico .....	99
6.6.3.3	Clasificación de suelos.....	100
6.6.4	Túneles .....	100
6.6.4.1	Sistema de alcantarillado.....	101
6.6.4.2	Sistemas constructivos .....	101
6.6.4.3	Operaciones básicas en la construcción de un túnel .....	103
6.6.5	Diseño hidráulico .....	105
6.6.5.1	Alcantarillado sanitario.....	105
6.6.5.2	Aguas residuales o negras .....	106
6.6.5.3	Parámetros de diseño.....	106
6.6.5.4	Diseño de canal .....	113
6.6.6	Diseño estructural.....	115
6.6.6.1	Sostenimiento.....	115
6.6.6.2	Revestimiento.....	117
6.6.6.3	Presión del terreno.....	118
6.6.6.4	Dimensionamiento de embovedado .....	120
6.7	Metodología modelo operativo .....	122
6.7.1	Ambiente contaminado del colector sanitario.....	122
6.7.1.1	Equipo de respiración autónomo (e.r.a.) .....	122
6.7.2	Topografía .....	125
6.7.2.1	Levantamiento de superficie .....	125
6.7.2.2	Levantamiento de la red básica .....	126
6.7.2.3	Medida de la profundidad de los pozos.....	127

6.7.3 Estudios geológicos.....	128
6.7.4 Diseño hidráulico .....	129
6.7.4.3 Parámetros de diseño.....	129
6.7.4.4 Diseño de canal .....	134
6.7.4 Diseño estructural.....	139
6.7.4.1 Calidad del suelo .....	139
6.7.4.2 Sostenimiento.....	139
6.7.4.3 Revestimiento.....	139
6.7.4.4 Presión del terreno.....	140
6.7.4.5 Dimensionamiento .....	141
6.7.4.6 Diseño estructural utilizando un software especializado .....	142
6.8 Administración.....	178
6.9 Previsión de la evaluación.....	178

## **C. MATERIALES DE REFERENCIA**

BIBLIOGRAFÍA.....	XVII
ANEXOS.....	XXI
Anexo 1.- Sistema Unificado De Clasificación De Suelos.....	XXI
Anexo 2.- Anexos Fotográficos .....	XXII

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Variable independiente .....	24
<b>Tabla 2:</b> Variable dependiente .....	25
<b>Tabla 3:</b> Plan de recolección de información.....	26
<b>Tabla 4:</b> Cuadro demostrativo de pesos .....	36
<b>Tabla 5:</b> Características físicas y mecánicas de la Cangahua .....	41
<b>Tabla 6:</b> Período de diseño.....	106
<b>Tabla 7:</b> Consumo diario.....	109
<b>Tabla 8:</b> Caudal instantáneo según Pöpel .....	110
<b>Tabla 9:</b> Valor de infiltración (1t/s/m).....	111
<b>Tabla 10:</b> Calidad de macizo rocoso en relación al índice RMR.....	116
<b>Tabla 11:</b> Sostenimientos a partir de índice RMR .....	116
<b>Tabla 12:</b> Longitud de avance sin sostenimiento y tiempos de estabilidad .....	117
<b>Tabla 13:</b> Soportes permanentes .....	117
<b>Tabla 14:</b> Tabla Terzaghi .....	119
<b>Tabla 15:</b> Espesores mínimos .....	121
<b>Tabla 16:</b> Propiedades del suelo.....	128
<b>Tabla 17:</b> Resumen de las características físicas y mecánicas del Suelo.....	129
<b>Tabla 18:</b> Población inter-censal de la parroquia Cayambe.....	130
<b>Tabla 19:</b> Método geométrico.....	130
<b>Tabla 20:</b> Población Urbana de Cayambe.....	131
<b>Tabla 21:</b> Población 2015 .....	131
<b>Tabla 22:</b> Diseño sanitario .....	137
<b>Tabla 23:</b> Diseño hidráulico.....	138
<b>Tabla 24:</b> Resultados de Springs .....	148
<b>Tabla 25:</b> Factor Fa .....	152
<b>Tabla 26:</b> Amplificación espectral .....	152
<b>Tabla 27:</b> Importancia de la estructura.....	153
<b>Tabla 28:</b> Cálculo varillas de acero en paredes.....	173
<b>Tabla 29:</b> Cálculo varillas de acero en piso .....	173
<b>Tabla 30:</b> Cálculo varillas de acero en bóveda .....	173
<b>Tabla 31:</b> Cálculo varillas de acero por corte en paredes .....	177

<b>Tabla 32:</b> Cálculo varillas de acero por corte en piso .....	177
<b>Tabla 33:</b> Cálculo varillas de acero por corte en bóveda .....	177
<b>Tabla 34:</b> Sistema Unificado de Clasificación de Suelos .....	XXI

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1:</b> Mapa de Pichincha .....	6
<b>Ilustración 2:</b> Colector sanitario el Tumbé .....	29
<b>Ilustración 3:</b> Desprendimiento de ladrillo .....	29
<b>Ilustración 4:</b> Ladrillo desgastado .....	30
<b>Ilustración 5:</b> Filtraciones en el colector sanitario.....	31
<b>Ilustración 6:</b> Socavaciones en el piso.....	31
<b>Ilustración 7:</b> Materiales del Colector .....	32
<b>Ilustración 8:</b> Dimensiones del Colector .....	33
<b>Ilustración 9:</b> Dimensiones de ladrillo.....	33
<b>Ilustración 10:</b> Dimensiones de ejes.....	34
<b>Ilustración 11:</b> Carga de vehículos pesados sobre el colector sanitario .....	35
<b>Ilustración 12:</b> Dimensiones de vehículo .....	36
<b>Ilustración 13:</b> Distribución de esfuerzos en el terreno debido a una carga puntual	37
<b>Ilustración 14:</b> Perfil del colector sanitario El Tumbé .....	37
<b>Ilustración 15:</b> Longitud de afectación.....	38
<b>Ilustración 16:</b> Distribución de presiones en el colector, 1 vehículo.....	39
<b>Ilustración 17:</b> Distribución de presiones en el colector, 2 vehículos .....	40
<b>Ilustración 18:</b> Corte transversal del colector.....	41
<b>Ilustración 19:</b> Análisis estructural utilizando un software especializado .....	43
<b>Ilustración 20:</b> Colapso de un tramo del colector sanitario El Tumbé .....	85
<b>Ilustración 21:</b> Cloaca Máxima .....	93
<b>Ilustración 22:</b> Alcantarillado de París .....	93
<b>Ilustración 23:</b> Túnel de conducción G-Cans Project.....	94
<b>Ilustración 24:</b> Tanque G-Cans Project .....	94
<b>Ilustración 25:</b> Levantamiento topográfico con Estación Total .....	95
<b>Ilustración 26:</b> Tipos de poligonales .....	96
<b>Ilustración 27:</b> Levantamiento subterráneo con estación total .....	97
<b>Ilustración 28:</b> Cinta metálica.....	98
<b>Ilustración 29:</b> Análisis granulométrico .....	99
<b>Ilustración 30:</b> Curva granulométrica.....	100
<b>Ilustración 31:</b> Alcantarillado de París .....	101

<b>Ilustración 32:</b> Método “Cut and Cover” .....	102
<b>Ilustración 33:</b> Perforación con rotomartillo .....	103
<b>Ilustración 34:</b> Carga Manual .....	104
<b>Ilustración 35:</b> Carretas .....	104
<b>Ilustración 36:</b> Cerchas metálicas con entibado de madera.....	105
<b>Ilustración 37:</b> Esquema general de un alcantarillado sanitario .....	105
<b>Ilustración 38:</b> Secciones de canal abierto .....	113
<b>Ilustración 39:</b> Canal rectangular .....	114
<b>Ilustración 40:</b> Sección rectangular óptima .....	115
<b>Ilustración 41:</b> Esquema de Terzaghi .....	118
<b>Ilustración 42:</b> Esquema de presión lateral.....	120
<b>Ilustración 43:</b> Equipo de Respiración Autónoma .....	123
<b>Ilustración 44:</b> Equipo de Respiración Autónomo .....	124
<b>Ilustración 45:</b> Capacitación del uso de E.R.A.....	124
<b>Ilustración 46:</b> Levantamiento topográfico .....	126
<b>Ilustración 47:</b> Geo-referenciación de puntos .....	126
<b>Ilustración 48:</b> Levantamiento de la red básica.....	127
<b>Ilustración 49:</b> Medición de profundidad de pozos .....	127
<b>Ilustración 50:</b> Diseño hidráulico mediante HCanales.....	135
<b>Ilustración 51:</b> Zona de desprendimiento .....	140
<b>Ilustración 52:</b> Ubicación de casos para diseño.....	142
<b>Ilustración 53:</b> Casos para diseño.....	143
<b>Ilustración 54:</b> Diseño estructural utilizando un software especializado .....	143
<b>Ilustración 55:</b> Representación de discretización .....	148
<b>Ilustración 56:</b> Zonificación sísmica .....	151
<b>Ilustración 57:</b> Modelación de embovedado utilizando elementos FRAME .....	167

## **RESUMEN EJECUTIVO**

El presente trabajo de investigación concerniente al Análisis estructural del embovedado del colector sanitario El Tumbé ante el riesgo de colapso en el Cantón Cayambe, Provincia de Pichincha tiene como objetivo general determinar el estado de la estructura actual del colector sanitario luego de varios años de vida útil.

Una inspección interna fue necesaria para poder constatar las condiciones de la estructura del colector sanitario, en la cual se pudo observar el deterioro provocado por la acción de agentes físicos y químicos presentes en las aguas servidas con el transcurso del tiempo.

Para llevar a cabo el desarrollo de la propuesta que consiste en el Diseño estructural en hormigón armado del embovedado para el colector sanitario El Tumbé en el Cantón Cayambe, Provincia de Pichincha se realizó el levantamiento subterráneo del colector sanitario y el levantamiento topográfico de la superficie por donde éste atraviesa, obteniendo el trazado real y sus dimensiones internas. Además se ensayaron varias muestras de suelo en sitios estratégicos para determinar sus propiedades y en base a éstos datos diseñar la nueva estructura de una manera técnica y acertada.

El presente trabajo fue desarrollado de manera personal y será una contribución al Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Cayambe, ya que se brindará toda la documentación técnica elaborada en esta investigación.



## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN**

“ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL EMBOVEDADO DEL COLECTOR SANITARIO EL TUMBE ANTE EL RIESGO DE COLAPSO EN EL CANTÓN CAYAMBE, PROVINCIA DE PICHINCHA”

#### **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

##### **1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN**

El desarrollo local es un cambio económico, social, político y cultural, cuya finalidad es el progreso de la comunidad, ciudad, región o país y por supuesto de cada persona que habita en ella. Dicho desarrollo se da gracias a las distintas actividades económicas que permiten la generación de riquezas, teniendo como fin la satisfacción de las necesidades humanas, también apropiación del espacio local y de sus posibilidades de mejoramiento.

El crecimiento poblacional ha generado que se implementen nuevos proyectos de infraestructura, reordenamiento de la localidad y dotación de servicios básicos. Uno de estos servicios básicos es el alcantarillado sanitario, cuya función es la de recoger y transportar las aguas residuales y pluviales de una población desde el lugar que se genera hasta el sitio en que se vierten al medio natural o se tratan. Este tipo de estructuras se construyen bajo tierra, con una pendiente que permita el flujo del agua

por gravedad, así mismo sus juntas deben ser herméticas para evitar filtraciones de las aguas residuales e impedir las infiltraciones de terreno circundante.

Es indispensable que el diseño y la construcción de estas instalaciones los realicen profesionales o técnicos especializados, cumpliendo con todas las normas de construcción y seguridad vigentes en cada región o país, ya que debe brindar todas las facilidades para que las aguas servidas circulen sin ningún tipo de contratiempo, además ser lo suficientemente robusta para poder soportar todas las cargas a las que estará sometido, como la presión del suelo y el tráfico vehicular sin presentar ningún tipo de grietas, rupturas, colapsos parciales o totales.

Muchos han sido los proyectos de esta índole ejecutados alrededor del planeta, la mayoría de ellos construidos de manera acertada, cumpliendo con las normativas y reglamentaciones de cada región, pero un número reducido de este tipo de proyectos han terminado con daños menores, parciales e incluso con colapsos totales, debido a diversos factores, provocando generalmente pérdidas materiales, en ocasiones pérdidas humanas, y malestar a la población que son los principales afectados.

En la ciudad de Quito, en el intercambiador El Trébol el 31 de Marzo de 2008, se produjo un hundimiento de grandes proporciones (aproximadamente 25.000 m<sup>3</sup> de tierra), el hundimiento inició con la formación de una forma cratérica de aproximadamente 30 metros de diámetro, el mismo que se ampliaba de manera constante debido a la inestabilidad que presentaban los taludes por la saturación del suelo causado por las fuertes precipitaciones, dando lugar a la formación de un cráter de 120 metros de diámetro y con una altura de 40 metros, debido al colapso de un tramo del embaulado de hormigón que encausa el río Machángara, ubicado por debajo del intercambiador. (Arias, 2008).

Una hipótesis sobre las causas que podrían haber provocado este fenómeno es: “El probable detonante de este problema, fue el gran caudal y material flotante que transporta el río, debido a la lluvia violenta, que rompió la zona más débil de la bóveda, ubicada a 145m del portal de entrada, los vecinos del Río Machángara, señalan que el

agua alcanzó una altura de 2m de carga sobre el punto más alto del portal de entrada del túnel, lo que indica que el canal estaba trabajando a presión.

Desprendiendo el recubrimiento de hormigón de la bóveda del embaulamiento, produjo el arrastre del material de relleno, que en pocas horas formó una chimenea de aproximadamente de 30m de diámetro en la superficie para luego seguir extendiéndose.” (Calle, 2008).

La ciudad de Cayambe está atravesada por un colector sanitario denominado El Tumbé, aproximadamente tiene una longitud de 2.00 km, recorre la ciudad de Norte a Sur, recolectando las aguas residuales de sus alrededores, en su trayecto atraviesa por debajo de diversos tipos de estructuras como residencias familiares, edificaciones de mediana altura y vías en las cuales existe tráfico de vehículos livianos, semi-livianos y pesados.

La estructura que conforma el colector sanitario es un embovedado de ladrillo trabado que data de mucho tiempo atrás, material que se rompe muy fácilmente con el movimiento del suelo, esfuerzos debido al tráfico vehicular y disminuye su resistencia mecánica cuando entra en contacto con el agua, generando fisuras por donde escapan las aguas servidas, además la introducción de tierra hacia el interior del colector dejando como consecuencia socavaciones internas, hundimientos de calles y lotes de terrenos vacíos, e incluso lotes con viviendas familiares.

Un caso en particular provocó el colapso de una vivienda y tuvo como consecuencia una pérdida humana, en el cual se pudo constatar que en ese tramo ya no existía el sistema de embovedado de ladrillo trabado, si no únicamente suelo natural.

Para evitar este tipo de colapsos que provocan grandes inversiones de dinero en remediación y malestar en la comunidad, es necesario realizar un estudio de las condiciones actuales de las estructuras sanitarias, sobre todo las que ya vienen funcionando de varias décadas atrás, que fueron construidas con técnicas poco confiables para nuestra época y brindar alternativas de reforzamiento, estabilización y reconstrucción.

### **1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO**

Es indispensable analizar las diversas causas que han ocasionado que exista un alto riesgo de colapso del embovedado del colector sanitario El Tumbé en el Cantón Cayambe y los efectos negativos que estos provocan.

Se puede observar que la estructura del embovedado de ladrillo trabado está completamente desgastada ya que no se han aplicado programas de mantenimiento y reforzamiento estructural que contrarresten las acciones corrosivas del agua, provocando que en ciertos tramos hayan existido colapsos del embovedado, generando hundimiento de vías, de viviendas y obstaculizando el flujo de las aguas residuales.

La presencia de personal técnico con limitada experiencia ha provocado que se utilice técnicas constructivas poco confiables como la de “ladrillo trabado”, además se ha permitido levantar edificaciones sobre el embovedado del colector sanitario, sin considerar los inconvenientes que su modesta estructura podrían causar a futuro, poniendo en riesgo a varias familias y negocios.

Los materiales utilizados no cumplen con las exigencias estructurales, estos materiales deben ser capaces de soportar una gran variedad de esfuerzos sin presentar ningún tipo de deformaciones o fallas, utilizando modernas técnicas constructivas que garanticen su estabilidad y correcto desempeño, ese es el motivo que está provocando que existan colapsos parciales en diversos tramos del colector.

### **1.2.3 PROGNOSIS**

Si con el transcurrir del tiempo no se da una solución técnica a este problema debido a su construcción y deteriorada condición de la estructura del colector sanitario El Tumbé se evidenciará el incremento de hundimientos de las calles del Cantón por donde atraviesa este colector sanitario, además de la obstrucción de las aguas servidas del sistema de alcantarillado por la acumulación de tierra y escombros provocando la concentración de malos olores, roedores, etc. Pero sobre todo, los posibles colapsos de

los edificios y viviendas por la existencia de socavaciones en sus cimentaciones, creando consigo pérdidas materiales y posiblemente pérdidas humanas.

#### **1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Será necesario realizar un análisis estructural del embovedado del colector sanitario El Tumbe ante el riesgo de colapso en el Cantón Cayambe, Provincia de Pichincha?

#### **1.2.5 PREGUNTAS DIRECTRICES**

- ¿En qué condiciones se encuentra actualmente el embovedado del colector sanitario El Tumbe del Cantón Cayambe?
- ¿De qué manera el riesgo de colapso del embovedado del colector sanitario El Tumbe afecta al bienestar de la ciudadanía?
- ¿Qué técnica de reforzamiento permitirá reducir el riesgo de colapso del embovedado del colector sanitario El Tumbe del Cantón Cayambe?

#### **1.2.6 DELIMITACIONES**

La investigación se encuentra enmarcada en la siguiente delimitación que contiene:

##### **1.2.6.1 DELIMITACIÓN ESPACIAL**

El objeto de estudio está ubicado:

**Provincia:** Pichincha

**Cantón:** Cayambe

**Parroquia:** Cayambe

**Ubicación:** Limita al norte con la provincia de Imbabura, al sur con el cantón Quito, al este con la provincia de Napo y al oeste con el cantón Pedro Moncayo

**Coordenadas:** 0°13'00"S, 78°31'00"W

**Temperatura:** 12°C

**Altura:** 2830 m.s.n.m.

**Punto de inicio:** Calles Cardenal de la Torre Y Pichincha

**Punto final:** Calles Terán Y Vivar

**Longitud de colector a intervenir:** 590.00m

**Ilustración 1:** Mapa de Pichincha



**Fuente:** [www.municipiocayambe.gob.ec](http://www.municipiocayambe.gob.ec)

### 1.2.6.2 DELIMITACIÓN TEMPORAL

Se realizó el trabajo investigativo a partir de Julio del 2014.

### 1.2.6.3 DELIMITACIÓN DE CONTENIDOS

**CAMPO:** Ingeniería Civil

**ÁREA:** Estructuras

**ASPECTO:** Rehabilitación de Estructuras

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

El progresivo crecimiento poblacional ocasiona que las estructuras construidas anteriormente para satisfacer las necesidades básicas queden en la actualidad completamente obsoletas, ya que han culminado con su ciclo de vida útil y en algunas ocasiones ya no cumplen a cabalidad las funciones para las cuales fueron diseñadas y construidas, por tal motivo es imperante realizar proyectos y trabajos de remodelación, reforzamiento o ampliación, para de este modo seguir prestando sus servicios.

Un claro ejemplo es el embovedado del colector sanitario del Cantón Cayambe que fue construido con técnicas, métodos y utilizando materiales considerados poco confiables actualmente, siendo necesario una intervención urgente para su correcto funcionamiento, **beneficiando** principalmente a la ciudadanía en general.

Por lo tanto es imperante investigar métodos constructivos **innovadores**, nuevos métodos de cálculo y diseño que nos brinden seguridad, estabilidad y consecuentemente cumpla sus funciones. Mejorando notablemente su desempeño y brindando a los moradores cercanos al colector un alto grado de tranquilidad.

Dicha investigación puede ser de gran **importancia**, además de un excelente aporte a profesionales y estudiantes para trabajos relacionados a futuro, siendo éste un confiable punto de partida para nuevos cálculos y diseños que irán variando dependiendo las necesidades de cada caso.

Cabe destacar que el estudio es completamente **factible** teniendo en cuenta que tanto las autoridades del GADM de Cayambe como los habitantes cercanos a éste colector sanitario consideran de vital importancia los resultados de la investigación para poder entender de mejor manera los posibles riesgos que ésta conlleva.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

- Analizar las actuales condiciones estructurales del embovedado del colector sanitario El Tumbe luego de varios años de vida útil ante el riesgo de colapso en el Cantón Cayambe, Provincia de Pichincha.

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar en qué condiciones se encuentra actualmente el embovedado del colector sanitario El Tumbe del Cantón Cayambe.
- Determinar el riesgo de colapso del embovedado del colector sanitario El Tumbe.



## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

Varios han sido los libros, repositorio de tesis tanto físicas como digitales, artículos técnicos encontrados en la red, trabajos investigativos y revistas técnicas que han sido revisadas, que nos ayudarán y servirán como base para realizar el presente estudio de investigación, entre los cuales podemos mencionar los siguientes:

En la tesis de la Universidad Técnica de Ambato, con el tema: “**ANÁLISIS DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS Y COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE COLECTORES PARA ALCANTARILLADOS**”, de los autores: Edwin Javier Castillo Chico y María Elizabeth Trujillo Viteri, previo a la obtención del título de Ingenieros Civiles, concluyen que:

- El diseño correcto de un sistema de alcantarillado beneficia económicamente tanto a la entidad contratante como al contratista, ya que al tomar las debidas precauciones en el diseño no se tendrán mayores problemas en la etapa constructiva, pues de lo contrario se producen en obra contratiempos que afectarían la vida útil del sistema, por lo cual es preciso realizar una serie de cambios que requieren la creación de nuevos rubros y plazos de ejecución, que en sí, significarán “sucres” en contra, afectando consecuentemente al presupuesto del sistema.
- La cimentación de los colectores tiene tanta importancia como cimentar una casa o un edificio, es por esto que se lo debe ejecutar en forma correcta para solamente así ofrecer seguridad a la estructura.

- Disponer de un sistema adecuado de encofrados nos está garantizando la ejecución de un buen acabado de la obra, así como el ahorro de tiempo y material para el constructor, lo que significa economía; esto quiere decir que se debe tecnificar los sistemas de encofrados porque la mano de obra cada día es más cara y además el costo final de ellos es considerable.

En la tesis de la Universidad Técnica de Ambato, con el tema: “**FISCALIZACIÓN DE OBRAS, ANÁLISIS OPERATIVO DE LA TOMA DEL RÍO AMBATO Y TÚNEL NO. 3 DEL PROYECTO DE RIEGO AMBATO-HUACHI-PELILEO**”, de los autores: Mario Enrique Naranjo Gamboa y Jessy Ximena Tovar Chiriboga, previo a la obtención del título de Ingenieros Civiles, mencionan lo siguiente:

- El túnel, es el conducto o paso subterráneo que se abre a través de una montaña con el objeto de evitar las rutas exteriores empinadas y sinuosas, que permitirá conducir el agua captada en la obra de toma hasta el sitio de su utilización.
- La mayor parte de los túneles requieren revestimiento sólido; siendo la mayoría de hormigón y más utilizados en túneles para la conducción agua.

## **2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA**

La presente investigación se basa en el paradigma neopositivista, ya que es una investigación técnica destinada a encontrar la explicación de un fenómeno, predecir situaciones a futuro y establecer parámetros de control, además existe un predominio de métodos cuantitativos, teniendo en cuenta que existen leyes, normas pre-estructuradas e inmutables, finalmente está sujeto a verificación, confirmación y análisis de resultados.

## **2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL**

El presente estudio se fundamenta con los siguientes códigos:

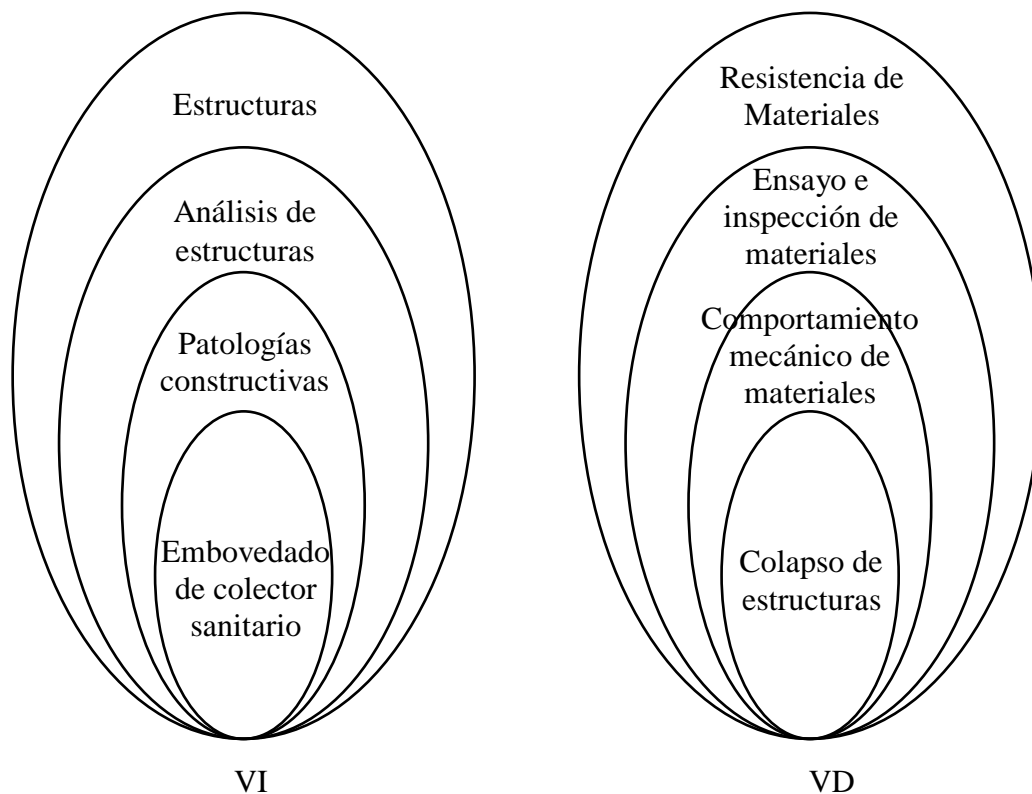
- Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015, NEC-SE-CG-Cargas-No Sísmicas, NEC-SE-DS-Peligro-Sísmico.

- American Concrete Institute (Instituto Americano del Concreto), ACI-318-11.
- CPE INEN 5 Parte 9.1 1992.
- Norma Boliviana, Reglamentos técnicos de diseño para sistemas de agua potable 2004.

## 2.4 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

### 2.4.1 SUPRAORDINACIÓN DE VARIABLES

**Gráfico 1:** Supraordinación de variables



**Elaborado por:** Jairo Cayambe

### 2.4.2 DEFINICIONES VARIABLE INDEPENDIENTE

#### 2.4.2.1 ESTRUCTURAS

La ingeniería estructural es una rama clásica de la Ingeniería Civil que se ocupa del diseño y cálculo de la parte estructural en elementos y sistemas estructurales tales

como edificios, puentes, muros (incluyendo muros de contención), presas, túneles y otras obras civiles. Su finalidad es la de conseguir estructuras seguras, resistentes y funcionales. En un sentido práctico, la ingeniería estructural es la aplicación de la mecánica de medios continuos para el diseño de estructuras que soporten su propio peso (cargas muertas), más las cargas ejercidas por el uso (cargas vivas), más las cargas producidas por los eventos de la naturaleza como vientos, sismos, nieve o agua.

Los ingenieros estructurales se aseguran que sus diseños satisfagan un estándar para alcanzar objetivos establecidos por seguridad (por ejemplo, que la estructura no se derrumbe sin dar ningún aviso previo) o de nivel de servicio (por ejemplo, que la vibración de un edificio no moleste a sus ocupantes). Adicionalmente, son responsables por hacer uso eficiente del dinero y materiales necesarios para obtener estos objetivos. Algunos ejemplos simples de ingeniería estructural lo constituyen las vigas rectas simples, las columnas o pisos de edificios nuevos, incluyendo el cálculo de cargas (o fuerzas) en cada miembro y la capacidad de varios materiales de construcción tales como el acero, madera u hormigón. Ejemplos más elaborados de ingeniería estructural lo constituyen estructuras más complejas, tales como puentes o edificios de varios pisos incluyendo rascacielos. (Wikipedia, 2014).

#### **2.4.2.2 ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS**

El análisis en ingeniería es la solución analítica de un problema de ingeniería utilizando las matemáticas y los principios científicos.

Así, el análisis en ingeniería se basa fundamentalmente en las matemáticas básicas, como álgebra, trigonometría, cálculo y estadística. También puede recurrir a las matemáticas avanzadas, como álgebra lineal, ecuaciones diferenciales y variables complejas. Los principios y leyes de las ciencias físicas, en particular la física y la química.

En este sentido más que buscar una ecuación que se adapte a un problema, el análisis en ingeniería implica conectar los números en una ecuación y “darle la vuelta a la palanca” para generar una respuesta. Es decir, no es un simple procedimiento de “*plug*

*and chug*” (sumergirse en la manipulación de fórmulas sin tratar de comprender el problema), sino que el análisis requiere un pensamiento lógico y sistemático acerca del problema. El ingeniero primero tiene que definir éste de manera clara, lógica y concisa. Así que debe entender el comportamiento físico del sistema que está analizando e identificar que principios científicos aplicar, reconociendo cuales herramientas matemáticas debe utilizar y como aplicarlas, a mano o en computadora.

En consecuencia debe ser capaz de generar una solución consistente con el problema definido y cualquier supuesto que lo simplifique, y después confirmar que la solución es razonable y no contienen errores. (Hagen, 2009).

## **DISEÑO ESTRUCTURAL**

El diseño es el corazón de la ingeniería, y una definición concisa de diseño en ingeniería es: Proceso de producción de un componente, sistema u operación que satisface una necesidad específica. (Hagen, 2009).

El diseño estructural incluye la disposición y el dimensionamiento de las estructuras y de sus partes, de manera que soporten en forma satisfactoria las cargas a las cuales puedan estar sujetas. Más específicamente, el diseño estructural implica lo siguiente: la disposición general del sistema estructural; el estudio de las configuraciones estructurales alternativas que proporcionen soluciones factibles; la consideración de las condiciones de carga; el análisis y diseño estructural preliminares de las soluciones posibles; la selección de la solución y el análisis y el diseño estructural final de la estructura. El diseño de la estructura también incluye la preparación de planos. (McCormac, 2010).

### **2.4.2.3 PATOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS**

Se consideran patologías constructivas las diferentes lesiones patológicas habituales en la construcción, se clasifican según su causa o agente causante.

Estas lesiones pueden ser, según su origen:

**Lesiones Físicas.-** Causadas por la humedad, la suciedad, la erosión.

**Lesiones Mecánicas.-** Sus causas se deben a un factor mecánico: grietas, fisuras, deformaciones, desprendimientos y erosión debido a esfuerzos mecánicos.

**Lesiones Químicas.-** Previamente a su aparición interviene un proceso químico (oxidación, corrosión, eflorescencias, organismos vivos, etc.).

Conocer las patologías constructivas es clave para evitarlas en futuras obras.

Según a qué área de la construcción afecten pueden clasificarse como:

**Patología de los acabados** o lesiones menores.

**Patología de los suelos** en las que el comportamiento del suelo puede generar lesiones en el edificio.

**Patología de los elementos estructurales** que son debidas a los esfuerzos no controlados.

Para poder diagnosticar correctamente una patología primero se debe conocer cuál es el origen que causa la misma, para poder así encontrar la solución óptima para su reparación. Las lesiones patológicas deben ser analizadas mediante el diagnóstico de un especialista, ya que es muy importante un diagnóstico acertado para proceder al tratamiento y la óptima recuperación de la parte afectada. (Construmatica, 2007).

#### **2.4.2.4 EMBOVEDADO DE COLECTOR SANITARIO**

Es una estructura hidráulica generalmente elaborada de mampostería o fabricado que poseen una forma geométrica de herradura, diseñado para la recogida y transporte de las aguas residuales y pluviales a gravedad de una población hasta el sitio en que se vierten al medio o se tratan.

Los materiales empleados en la construcción de colectores y redes de recogida de aguas residuales, están sometidas a la acción, en ciertas zonas, de fuerzas destructivas entre las que pueden estar:

**Mecánicas.-** como la que representa la acción erosiva del agua al correr; si el agua arrastra arenas, es evidente que aumentará la acción erosiva sobre las superficies internas de los conductos.

**Químicas.-** debido a la presencia de ácidos en las aguas residuales, procedentes, por ejemplo, de los desagües de la industria; además, de los procesos de putrefacción que tiene lugar en los depósitos de materias fecales.

**Estáticas.-** debidas a la carga de tierras y otras causas; las presiones internas ocasionadas por posibles obstrucciones, hacen que la impermeabilización sea un factor importante.

**Térmicas.-** causadas por aguas residuales a elevadas temperaturas procedentes de zonas industriales.

De todos ellos se deduce que las superficies internas de las alcantarillas y colectores deben ser lisas, sin poros y totalmente impermeables. En la actualidad, se emplean, para la construcción de las redes de saneamiento, los siguientes materiales de construcción: tubos de fundición, hormigón armado, hormigón centrifugado y gres. (Purschel, 1965).

**Alcantarillados de ladrillo y de bloques.-** La construcción de embovedados de ladrillo y de bloques de barro vidriado en los Estados Unidos, ha quedado limitada a periodos anteriores a 1950. Más recientemente se han construido unas alcantarillas de bloque de concreto. La construcción de alcantarillas de ese tipo, se ha abandonado a causa de la mano de obra que exigían y de la irregularidad con que quedaban las superficies interiores. Sin embargo, es conveniente saber cómo se construían las alcantarillas de ladrillo y de bloques, a causa del gran número de estructuras de saneamiento construidas con ladrillo durante la primera parte del siglo actual y antes, y de la larga vida de la mayor parte de las estructuras de cerámica. (Babbitt, 1949).

Las referencias bibliográficas que se utilizaron para justificar el tema antes mencionado son de fuentes bibliográficas que se publicaron varias décadas atrás,

considerándolas actualmente como obsoletas, debemos tener en cuenta que en la actualidad ya no se construyen colectores sanitarios utilizando como elemento estructural al ladrillo, debido a los diferentes inconvenientes que presenta y que se detallarán en los siguientes capítulos.

### **2.4.3 DEFINICIONES VARIABLE DEPENDIENTE**

#### **2.4.3.1 RESISTENCIA DE MATERIALES**

La resistencia de los materiales tiene como objeto estudiar el comportamiento de los sólidos deformables y establecer los criterios que nos permitan determinar el material más conveniente, la forma y las dimensiones más adecuadas que hay que dar a estos sólidos cuando se les emplean como elementos de una construcción o de una máquina, para que puedan resistir la acción de una determinada sollicitación exterior, así como obtener este resultado de la forma más económica posible. (Ortiz, 2002).

La resistencia de materiales es el estudio de las propiedades de los cuerpos sólidos que les permite resistir la acción de las fuerzas externas, el estudio de las fuerzas internas en los cuerpos y de las deformaciones ocasionadas por las fuerzas externas.

En general, los ingenieros se enfrentan a dos tipos distintos de problemas, diseño y revisión. Los problemas de diseño son aquellos en los que es necesario determinar, de la manera más económica, el material, forma y tamaño que deberá tener un cuerpo para resistir la acción de las fuerzas internas. En los problemas de revisión, los datos que se conocen son la clase de material, la forma y tamaño del cuerpo, así como las cargas que este debe resistir, y el ingeniero tiene que calcular la magnitud de las fuerzas internas (esfuerzos) que se originarán en dicho cuerpo, para determinar si su tamaño es suficiente o no. La mayor parte de los problemas que surgen en ingeniería son de diseño. (Parker, 1952).

La resistencia de materiales constituye una disciplina que se vincula básicamente con las estructuras. En tal caso la resistencia de los materiales, se nutre, en gran parte, de las conclusiones que emanan de los ensayos de materiales. (Helfgot, 1979).



### **2.4.3.2 ENSAYO E INSPECCIÓN DE MATERIALES**

El ensayo de materiales puede efectuarse con uno de los tres objetivos como meta:

- Aportar información rutinaria acerca de la calidad de un producto-ensayo comercial o de control.
- Recabar información nueva o mejor acerca de materiales conocidos o desarrollar nuevos materiales-investigación de materiales y labor de desarrollo.
- Obtener medidas exactas de las propiedades fundamentales o constantes físicas-medición científica.

Estos objetivos deben discernirse claramente para empezar ya que ellos generalmente afectan el tipo de equipo de ensayo y medición a usar, la deseada precisión de la labor, el carácter del personal a emplear, y los costos involucrados.

El ensayo comercial se preocupa principalmente, ya sea por la verificación de la aceptabilidad de los materiales bajo especificaciones de adquisición o por el control de la producción o fabricación. Generalmente, el tipo de ensayo ha sido especificado, aunque como una guía para la calidad de medición pueda resultar completamente arbitraria. Se utilizan los procedimientos normales y el objeto consiste simplemente en determinar si las propiedades de un material o de una parte de él quedan dentro de los límites requeridos. No se necesita alto grado de refinamiento, aunque frecuentemente los límites de exactitud se especifican.

Los propósitos comunes de la investigación de materiales son:

- Arribar a un nuevo entendimiento de los materiales conocidos.
- Descubrir las propiedades de materiales nuevos.
- Elaborar normas de calidad o procedimientos de ensayo significativos.

Además puede existir el objetivo específico de elegir un material para un uso particular de determinar los principios para mejorar el diseño con un material dado, o estudiar el comportamiento de la parte o estructura después de haberla hecho.

La meta del ensayo científico es la acumulación de un acervo de información ordenado y confiable acerca de las propiedades fundamentales y útiles de los materiales, con la mira final de aportar datos para el análisis exacto del comportamiento estructural y el diseño eficiente.

Se puede distinguir entre experimento y ensayo, aunque su uso en relación con estas ideas frecuentes es vago. La experimentación involucra la idea de que el desenlace puede ser incierto, que resultados hasta entonces desconocidos pueden surgir. El ensayo involucra la idea de un procedimiento más o menos establecido y de que los límites de los resultados generalmente se definen.

Por conveniencia, se puede diferenciar entre los ensayos de campo y los ensayos de laboratorio. Debido a las condiciones de trabajo difíciles o azarosas, la interferencia, las limitaciones de tiempo, y las condiciones climáticas variables, los ensayos realizados en el campo usualmente carecen de la precisión de ensayos similares efectuados en el laboratorio; sin embargo, el desempeño del trabajo laboratorial no garantiza necesariamente la precisión.

Con respecto al método general de ataque y la interpretación de resultados, es deseable distinguir entre:

- Ensayos en estructuras, miembros, o partes de tamaño neutral.
- Ensayos en modelos de estructuras, miembros o partes.
- Ensayos en probetas cortadas de las partes acabadas.
- Ensayos en muestras de materiales naturales o transformados.

Con respecto a la utilizabilidad de un material o una parte después del ensayo, los ensayos pueden clasificarse como destructivos o no destructivos. (Davis, 1964).

### 2.4.3.3 COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE MATERIALES

Las propiedades mecánicas pueden definirse específicamente como aquellas que tienen que ver con el comportamiento (ya sea elástico o inelástico) de un material bajo fuerzas aplicadas. Las propiedades mecánicas se expresan en términos de cantidades que son función del esfuerzo o de la deformación o ambas simultáneamente.

El ensaye mecánico se ocupa de la determinación de las medidas de las propiedades mecánicas. Las mediciones primarias involucradas son la determinación de la carga y el cambio de longitud. Estas se convierten en términos de esfuerzo o deformación por medio de la consideración de las dimensiones de la probeta.

Las propiedades mecánicas fundamentales son la resistencia, la rigidez, la elasticidad, la plasticidad y la capacidad energética.

La resistencia de un material se mide por el esfuerzo según el cual se desarrolla alguna condición limitativa específica. Las principales condiciones limitativas o criterios de la falla son la terminación de la acción elástica y la ruptura. La dureza, usualmente indicada por la resistencia a la penetración o la abrasión de la superficie de un material, puede considerarse como un tipo o una medida particular de resistencia.

La rigidez tiene que ver con la magnitud de la deformación que ocurre bajo la carga; dentro del rango de comportamiento elástico, la rigidez se mide por el “Módulo de Elasticidad”.

La elasticidad (mas no el “Módulo de Elasticidad”) se refiere a la capacidad de un material para deformarse no permanentemente al retirar el esfuerzo.

El termino plasticidad se usa aquí en su acepción genérica para indicar la capacidad para deformarse en el rango elástico o plástico sin que ocurra ruptura; la plasticidad puede expresarse de varias maneras; por ejemplo, en conexión con los ensayos de tensión de los metales dúctiles, nos referimos a ella como “ductilidad”.

La capacidad de un material para absorber energía elástica depende de la resistencia y rigidez; la capacidad energética en el rango de acción elástica se denomina resiliencia; la energía requerida para romper un material se toma como la medida de su tenacidad. (Davis, 1964).

#### **2.4.3.4 COLAPSO DE ESTRUCTURAS**

La ruptura completa o desintegración puede proveer una demostración obvia de que algún límite ha sido alcanzado en el curso del sometimiento de un material o estructura a algún tratamiento.

Las manifestaciones de que ha ocurrido la falla a veces aparecen después de que los procesos básicos, por medio de los cuales la falla se inició han seguido su curso, de modo que el mecanismo real de la falla puede estar embozado a pasar desapercibido.

Las condiciones iniciales de la microestructura del material, las condiciones particulares de la carga, las macro y micro distorsiones que ocurren durante las etapas posteriores de carga, o la forma o restricción de una pieza o estructura pueden influir críticamente en el modo de falla. La astuta observación de las condiciones ambientales, así como la comprensión del comportamiento fundamental de los materiales, son frecuentemente importantes para evitar las conclusiones erróneas acerca de las “causas de las fallas”.

Con respecto al desempeño de un material por sí mismo, una alteración del comportamiento característico de acuerdo con alguna propiedad física básica puede considerarse que constituye la falla. Por ejemplo si un material es esforzado (o deformado) más allá del límite elástico (es decir, no recobra su forma o longitud originales al retirarse la carga), puede decirse que se ha alcanzado la falla elástica; esto no significa que la capacidad del material para exhibir alguna recuperación elástica haya sido obliterada –sino más bien que en relación con su condición inicial una deformación no elástica o permanente ha sido inducida. En un sentido, entonces, el concepto de falla es elusivo. (Davis, 1964).

Las fallas se definen como un comportamiento estructural que no concuerda con las condiciones de estabilidad esperadas de los diseños, comportamiento que hace necesarias las reparaciones; las fallas también se pueden definir como un comportamiento que no cumplen con las funciones a las que estaba destinada la estructura terminada. Las fallas aparecen en todo tipo de estructuras; grandes o pequeñas; altas o bajas; mínimas o monumentales; formando marcos o sencillamente soportadas sobre muros; y de cualquier material básico como madera, acero o concreto armado. (Feld, 1968).

## **2.5 HIPÓTESIS**

El deterioro sufrido en el embovedado del colector sanitario El Tumbe en el Cantón Cayambe, provincia de Pichincha, a través de los años ha provocado un alto riesgo de colapso.

## **2.6 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES**

**Variable Independiente:** Deterioro del embovedado del colector sanitario El Tumbe.

**Variable Dependiente:** Colapso de estructuras.

**Nexo:** Riesgo.

**Unidad de observación:** Cantón Cayambe, provincia de Pichincha.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN**

**INVESTIGACIÓN DE CAMPO.-** La presente investigación fue de campo debido a que se realizó en el lugar mencionado anteriormente para el estudio, determinando mediante observación directa la situación del sector.

**INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA O DOCUMENTAL.-** La investigación fue bibliográfica o documental ya que se basó en la recolección de datos científicos, como revistas, libros, páginas de internet de diversos autores relacionados al tema.

#### **3.2 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN**

**EXPLORATIVO.-** La presente investigación fue explorativa, debido a que se realizó una indagación acerca del tema, examinando las características del problema, seleccionando técnicas para la recolección de datos y realizando observaciones en el sitio para llegar a una mejor comprensión de la situación del embovedado del colector sanitario El Tumbe.

**DESCRIPTIVO.-** La investigación fue descriptiva, ya que nos permitió describir cual era la situación de los elementos que componen el embovedado del colector sanitario El Tumbe y tener una apreciación general mucho más completa.

**ASOCIACIÓN DE VARIABLES.-** Debido a que la investigación tuvo como fin determinar predicciones estructuradas y un análisis de variaciones.

### **3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **3.3.1 POBLACIÓN**

Para la realización de la presente investigación se utilizó como población la longitud total del colector sanitario El Tumbé.

$$L_T = 2.00km$$

#### **3.3.2 MUESTRA**

La muestra utilizada para la investigación iniciará en las calles Cardenal de la Torre y Pichincha, hasta las calles Terán y Vivar, con una longitud total de:

$$n = 590.00m$$

### 3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

#### 3.4.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

##### Deterioro del embovedado del colector sanitario El Tumbé

**Tabla 1:** Variable independiente

Conceptualización	Categorías	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
Es una estructura hidráulica generalmente elaborada de mampostería o fabricado que poseen una forma geométrica de herradura, diseñado para la recogida y transporte de las aguas residuales y pluviales a gravedad de una población hasta el sitio en que se vierten al medio o se tratan.	Análisis de Estructura Hidráulica	Geometría y tipo de materiales	¿Cuál es la forma del colector sanitario?	Inv. Doc. Y Observación
			¿Qué dimensiones tiene?	Inv. Doc. Y Observación
			¿Los materiales con los que están contruidos son los apropiados?	Inv. Doc. Y Observación
	Mantenimiento	¿Se han aplicado programas de mantenimiento?	Inv. Doc. Y Observación	
	Diseño	Solicitaciones de carga	¿A qué cargas se encuentra sometida la estructura?	Investigación documental
			¿Qué cargas se debe considerar para el análisis?	Investigación documental
Comportamiento estructural			¿Cómo reacciona la estructura a las cargas? ¿Qué deformaciones existen frente a las sollicitaciones de diseño?	Investigación documental Investigación documental
Requerimientos de diseño	¿Cuáles son las condiciones que establecen un óptimo diseño? ¿Qué normativa se aplicaría para el diseño?	Investigación documental Investigación documental		

**Elaborado por:** Jairo Cayambe



### 3.4.2 VARIABLE DEPENDIENTE

#### Colapso de estructuras

**Tabla 2:** Variable dependiente

Conceptualización	Categorías	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
Es una demostración obvia de que la resistencia de algún material componente de una estructura ha alcanzado su límite en el curso del sometimiento a cualquier condición externa o interna, que incapacita a la estructura a cumplir con la función para la que ha sido diseñada.	Resistencia de los materiales	Comportamiento mecánico	¿Cómo determinar el comportamiento mecánico de un material?	Investigación documental y de laboratorio
		Patología de los materiales	¿Cuáles son los factores que inciden en el desgaste de los materiales?	Investigación documental
	Cumplimiento de su función (falla)	Adecuada estructura	¿La estructura actual es la adecuada para cumplir esta función?	Observación – Lista de cotejo
		Soporte de esfuerzos	¿La actual estructura del embovedado soporta adecuadamente las cargas?	Observación – Lista de cotejo

**Elaborado por:** Jairo Cayambe

### 3.5 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

**Tabla 3:** Plan de recolección de información

DETALLE	EXPLICACIÓN
¿Para qué realizar la presente investigación?	Para alcanzar los objetivos planteados: -Analizar las actuales condiciones estructurales del embovedado del colector sanitario El Tumbe luego de varios años de vida útil -Evaluar en qué condiciones se encuentra actualmente -Determinar el riesgo de colapso del embovedado -Proponer una técnica de reforzamiento para la estructura del colector
¿De qué personas u objetos?	Colector sanitario
¿Quién investiga?	Investigador: Jairo Cayambe
¿Cuándo se recolecta la información?	Recolección de información a partir de Julio del 2014
¿En qué lugar se recolectara la información?	La información se recolectara a partir de la revisión de libros, documentos y revistas técnicas.
¿Qué frecuencia se aplicará?	1 aplicación
¿Qué técnicas de la investigación se aplicará?	Observación de campo
¿Qué instrumento de investigación?	Lista de cotejo

**Elaborado por:** Jairo Cayambe

### **3.6 PLAN DE PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN**

En el presente proyecto se realizará el siguiente plan de procesamiento de información:

- Revisión de la construcción y funcionamiento existente.
- Revisión exhaustiva de toda la información recopilada, depurando información defectuosa o contradictoria.
- Clasificación de resultados según su importancia.
- Tabulación de datos considerando la hipótesis y sus variables.
- Presentación de resultados estadísticos.

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

#### **4.1 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

Para continuar con el desarrollo del presente trabajo investigativo, bajo el tema: “ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL EMBOVEDADO DEL COLECTOR SANITARIO EL TUMBE ANTE EL RIESGO DE COLAPSO EN EL CANTÓN CAYAMBE, PROVINCIA DE PICHINCHA”, ha sido de vital importancia conocer el estado actual del embovedado, siendo necesario para este propósito una observación directa en su interior y utilizando como instrumento investigativo una lista de cotejo.

##### **4.1.1 PREGUNTA 1**

¿El embovedado de ladrillo del colector sanitario presenta indicios de haber recibido algún tipo de mantenimiento previo?

- Si  
 No

##### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE PREGUNTA 1**

En la observación directa que se realizó al interior del colector sanitario El Tumbe en el cantón Cayambe, provincia de Pichincha, se pudo constatar que pese sus años de servicio, en ningún momento se han aplicado programas de mantenimiento.

**Ilustración 2: Colector sanitario el Tumbé**



**Fuente:** Jairo Cayambe

**4.1.2 PREGUNTA 2**

¿En el tramo a intervenir, la estructura del embovedado de ladrillo del colector se encuentra con sus secciones completas?

- Si
- No

**ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE PREGUNTA 2**

Se pudo apreciar que existen desprendimientos de ladrillos en la bóveda del colector.

**Ilustración 3: Desprendimiento de ladrillo**



**Fuente:** Jairo Cayambe

### 4.1.3 PREGUNTA 3

¿El ladrillo del embovedado presenta signos de desgaste o deterioro?

- Si  
 No

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE PREGUNTA 3

El agua y la humedad han sido los principales causantes del desgaste del ladrillo.

**Ilustración 4:** Ladrillo desgastado



**Fuente:** Jairo Cayambe

### 4.1.4 PREGUNTA 4

¿Existen filtraciones en el interior del colector sanitario?

- Si  
 No

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE PREGUNTA 4

Se apreció que en varios tramos del colector existen filtraciones.

**Ilustración 5:** Filtraciones en el colector sanitario



**Fuente:** Jairo Cayambe

**4.1.5 PREGUNTA 5**

¿El piso del colector sanitario presenta desgastes o socavaciones?

- Si
- No

**ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE PREGUNTA 5**

El abundante caudal de las aguas servidas ha provocado que existan socavaciones en el piso.

**Ilustración 6:** Socavaciones en el piso



**Fuente:** Jairo Cayambe

## 4.2 ANÁLISIS DE COLECTOR SANITARIO

Es de vital importancia conocer los esfuerzos a los que está sometido actualmente el colector sanitario El Tumbé y cómo éste reacciona ante ellos, permitiéndonos apreciar de mejor manera su comportamiento estructural. Para ello se utilizará un software especializado.

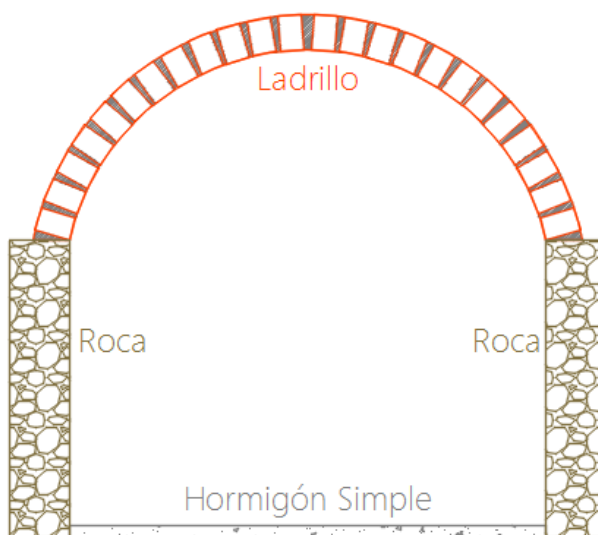
### 4.2.1 MATERIALES QUE COMPONEN EL COLECTOR

Tres son los materiales que componen el colector sanitario El Tumbé, los cuales son:

- Ladrillo para la bóveda o techo.
- Roca para los hastiales o paredes.
- Hormigón Simple para la contrabóveda o piso.

Tanto para unir los ladrillos como para las rocas, se ha utilizado mortero de cemento.

**Ilustración 7:** Materiales del Colector



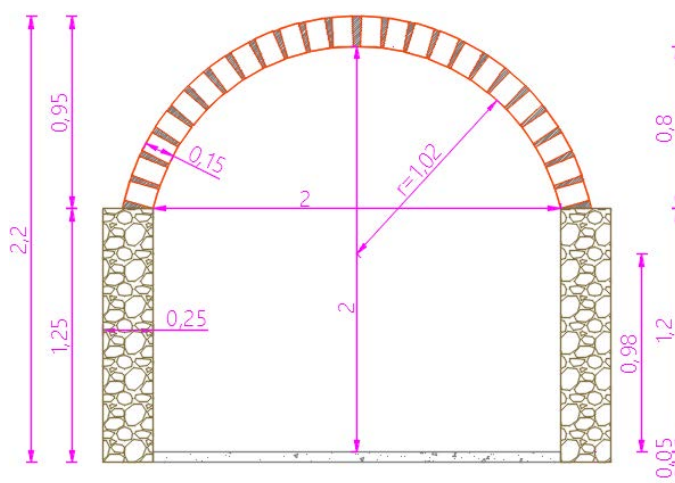
**Fuente:** Jairo Cayambe



## 4.2.2 DIMENSIÓN DEL COLECTOR

El colector sanitario El Tumbé fue construido utilizando técnicas artesanales, motivo por el cual sus dimensiones varían de un tramo a otro, cabe mencionar que las variaciones de dimensiones no son considerables, por lo que vamos a tomar como referencia la dimensión más frecuente.

**Ilustración 8:** Dimensiones del Colector

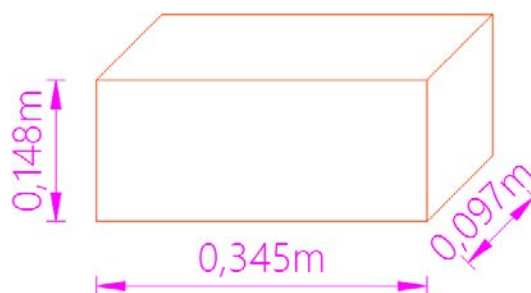


**Fuente:** Jairo Cayambe

### 4.2.2.1 DIMENSIÓN DEL LADRILLO

Por su proceso de elaboración artesanal el ladrillo no mantiene unas dimensiones constantes en todos sus lados, por lo cual se usará un promedio de estas.

**Ilustración 9:** Dimensiones de ladrillo



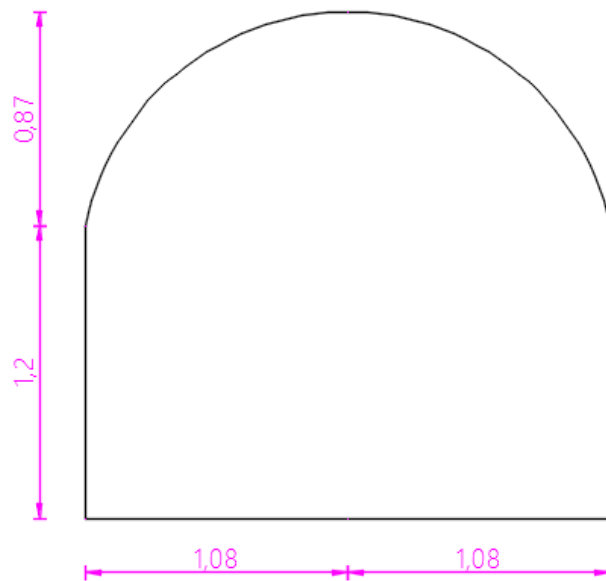
**Fuente:** Jairo Cayambe

- Ancho = 9.7 cm
- Alto = 14.8 cm
- Largo = 34.5 cm. (Angulo, 2008).

#### 4.2.2.2 DIMENSIÓN DE EJES

Las distancias entre ejes se utilizarán al momento de realizar la modelación mediante un software especializado.

**Ilustración 10:** Dimensiones de ejes



**Fuente:** Jairo Cayambe

#### 4.2.3 CARGAS A LAS QUE ESTÁ SOMETIDO EL COLECTOR

Diversas son las cargas a las que está sometido el colector sanitario El Tumbe, entre las que podemos mencionar las siguientes:

##### CARGAS MUERTAS

- Carga de presión de suelo
- Peso propio

## CARGAS VIVAS

- Vehicular (livianos, pesados, motocicletas, etc.)
- Peatonal
- Presión del agua.

De todos estos, la carga vehicular es la que más influye y por tal motivo es la que se va a tomar en cuenta para la realización del análisis estructural, la carga peatonal se despreciará debido a que no se puede aplicar conjuntamente con la vehicular.

**Ilustración 11:** Carga de vehículos pesados sobre el colector sanitario



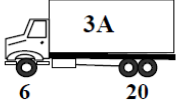
**Fuente:** Jairo Cayambe

### 4.2.3.1 CARGAS VEHÍCULO TIPO

Es común observar el tránsito de vehículos pesados por las calles donde atraviesa el colector sanitario (buses de servicio urbano, recolectores de basura, camiones para la distribución de productos de consumo masivo), razón por el cual se tomará la carga que ejerce este tipo de vehículos para la realización del análisis estructural.

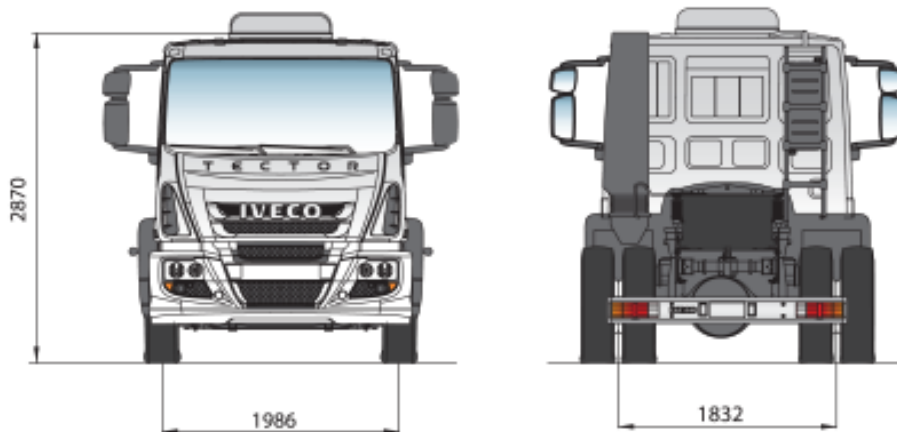
El tipo de vehículo y su correspondiente distribución de pesos, está dado por el MTOP (Ministerio de Transportes y Obras Públicas), el seleccionado para las siguientes operaciones es el Tipo 3-A, debido a que se asemeja a los camiones que generalmente transitan sobre el colector sanitario.

**Tabla 4:** Cuadro demostrativo de pesos

TIPO	Distribución máxima de carga por eje	DESCRIPCIÓN	Peso Bruto Vehicular PBV (Toneladas)	Peso Vehículo Vacío (Promedio)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (METROS)		
					Largo	Ancho	Alto
3-A		CAMIÓN DE 3 EJES (TANDEM POSTERIOR)	26,00	11,00	12,20	2,60	4,10

**Fuente:** (MTO, 2009)

**Ilustración 12:** Dimensiones de vehículo

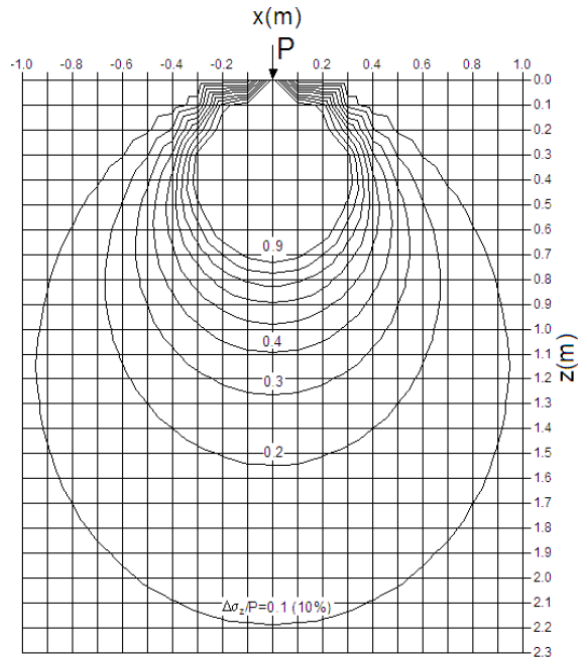


**Fuente:** [www.iveco.com](http://www.iveco.com)

#### 4.2.3.1.1 BULBO DE PRESIONES

El bulbo de presiones es la zona del suelo donde se producen incrementos de carga vertical considerables por efecto de una carga aplicada del tipo que sea. Esta zona forma un llamado bulbo de presiones, y está conformada por isóbaras que son curvas que unen puntos de un mismo valor de presiones o de esfuerzos. (Cruz, 2009).

**Ilustración 13:** Distribución de esfuerzos en el terreno debido a una carga puntual

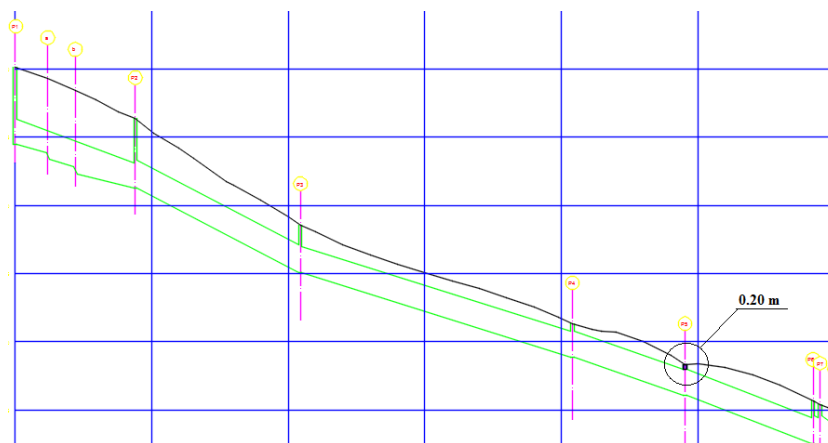


**Fuente:** (Cruz, 2009).

La norma CPE INEN 5 Parte 9.1 1992 recomienda que un sistema de alcantarillado debe estar ubicado como mínimo a 1.20m por debajo de la calzada para que las cargas generadas por el tráfico vehicular tenga un mínimo impacto en ésta.

En el tramo intervenido del colector sanitario son varios los puntos en los cuales no se cumple esta norma, siendo el más crítico uno que posee únicamente 20cm de separación, desde la calzada hasta el techo del colector sanitario.

**Ilustración 14:** Perfil del colector sanitario El Tumble



**Fuente:** Jairo Cayambe

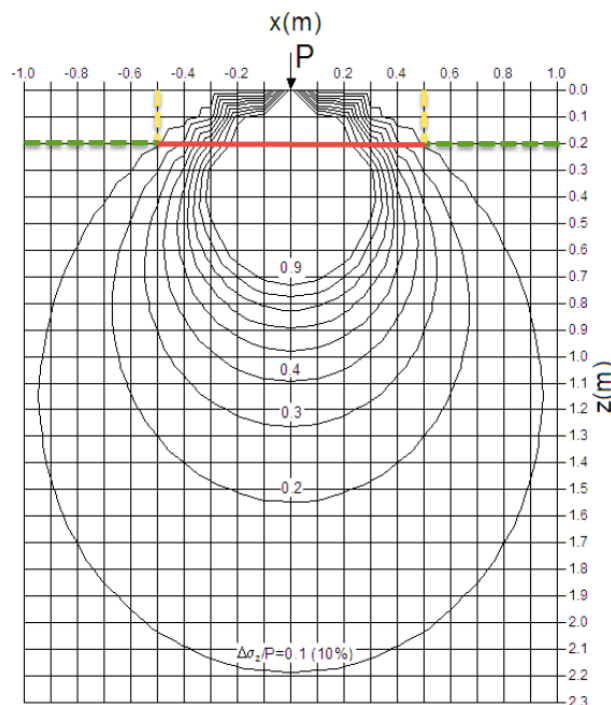
En el apartado **ANEXOS N.-3** se detallaran de mejor manera el perfil del colector sanitario El Tumble, secciones y demás información.

Para la realización del análisis se tomarán en cuenta las condiciones más desfavorables.

La carga a utilizarse será la de los ejes posteriores del vehículo tipo 3-A que es de 20.00ton, es decir 10.00ton por cada eje.

Considerando que el colector se encuentra a 20cm por debajo de la calzada, tendremos que la carga puntual incide hasta una distancia de 50cm a cada lado, por tal motivo, 1.00m será la longitud del tramo del colector sanitario a modelar.

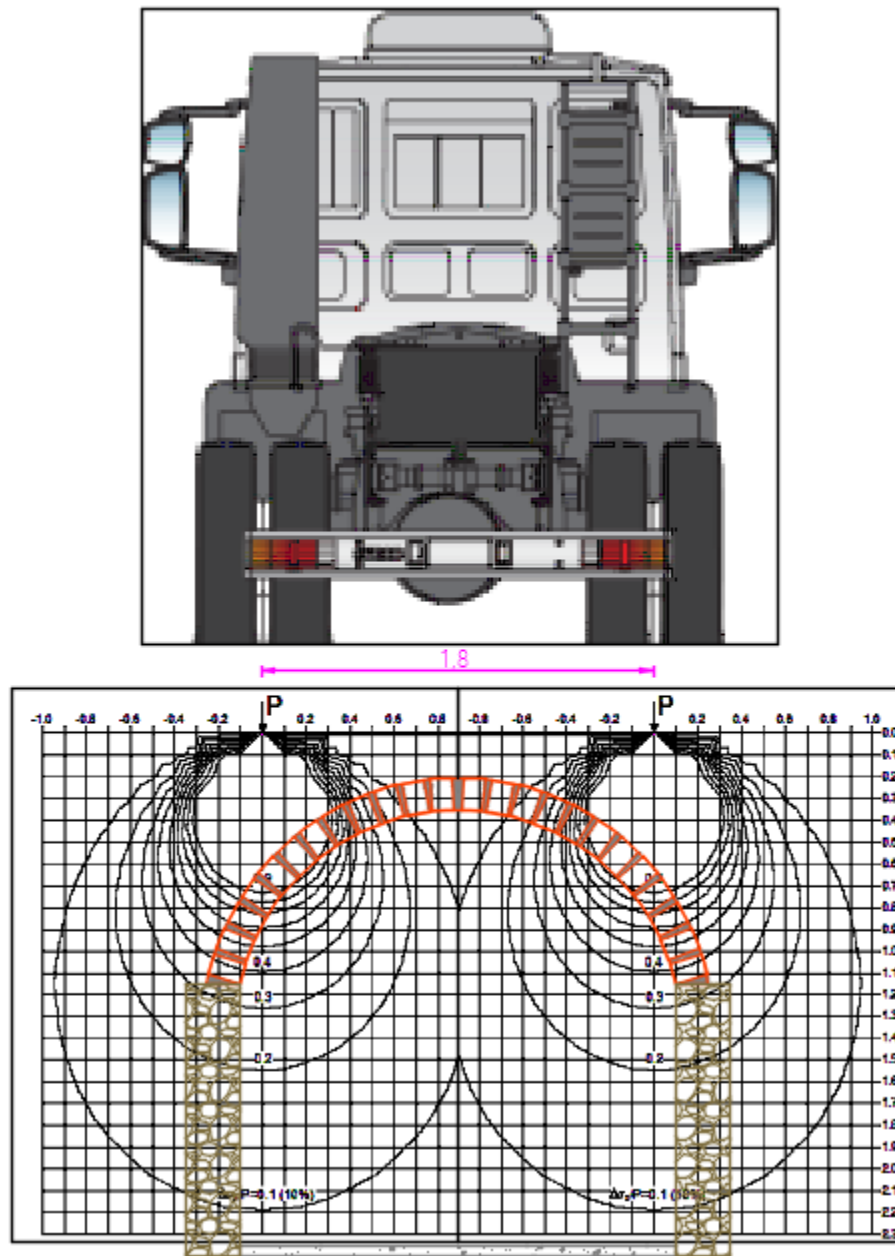
**Ilustración 15:** Longitud de afectación



**Fuente:** Jairo Cayambe

La carga vehicular puede ser aplicada de diversas maneras, en la siguiente ilustración se observa cómo actúa el bulbo de presiones en el colector sanitario, observándose que en la zona central de la bóveda no existe ningún tipo de presiones.

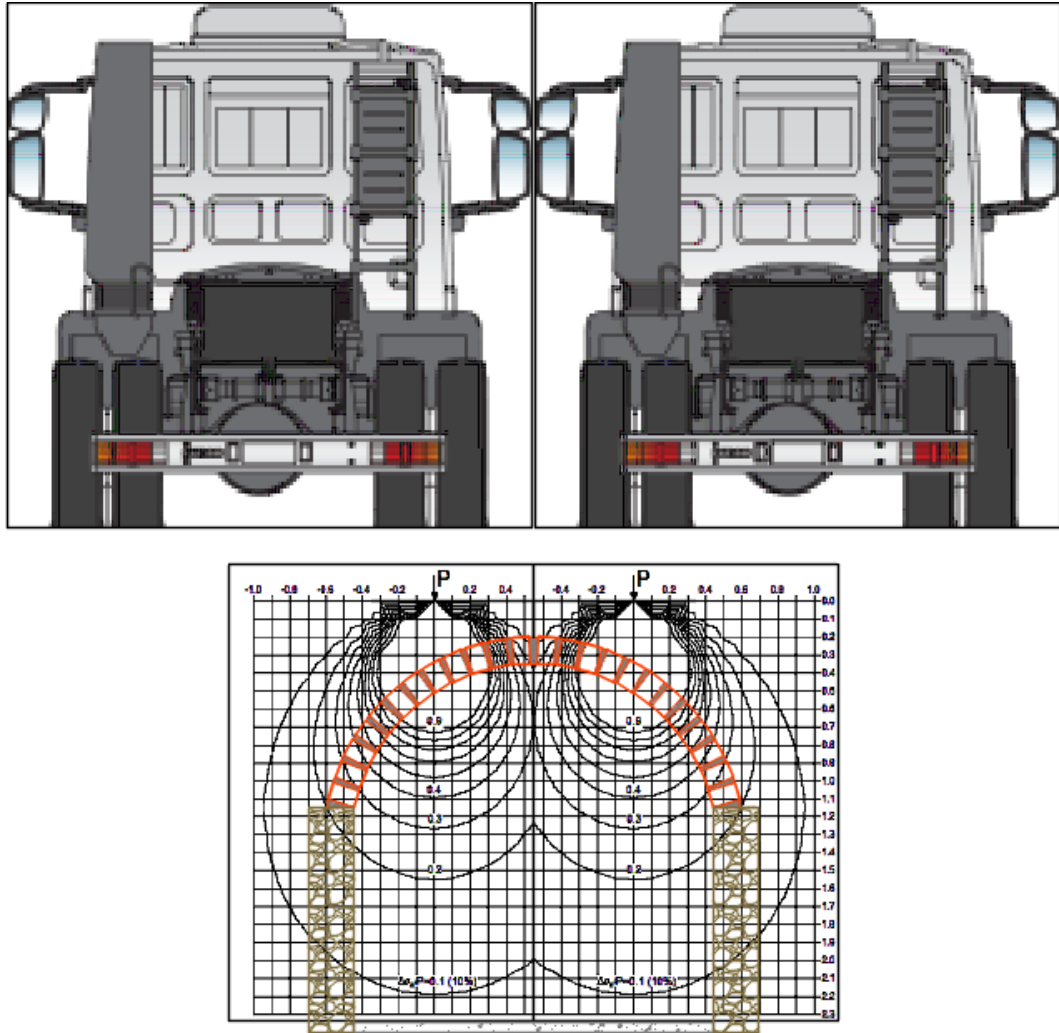
**Ilustración 16:** Distribución de presiones en el colector, 1 vehículo



**Fuente:** Jairo Cayambe

Como anteriormente mencionábamos, se tomarán en cuentas las condiciones más desfavorables. Una de ellas es la circulación simultánea de 2 vehículos pesados, los cuales aplican presión en toda la superficie de la bóveda del colector, consecuentemente esta distribución de presiones se utilizará para el análisis del colector sanitario.

**Ilustración 17:** Distribución de presiones en el colector, 2 vehículos



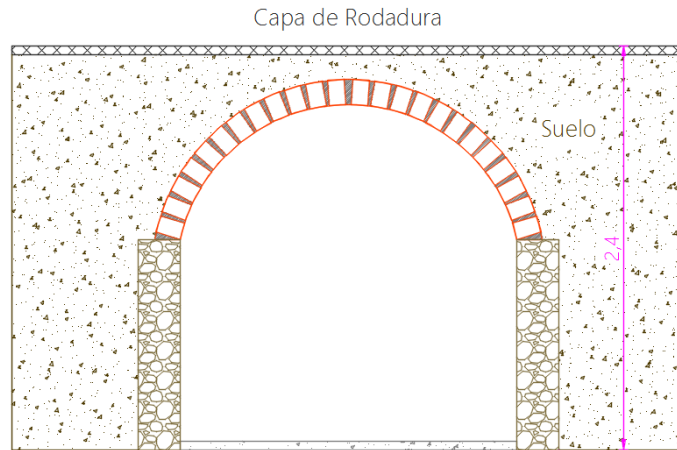
**Fuente:** Jairo Cayambe

#### 4.2.3.2 PRESIÓN DEL SUELO

El tipo de suelo que cubre el colector sanitario El Tumbé es Cangahua, este suelo de origen volcánico se encuentra generalmente en la mayor parte de la serranía ecuatoriana.



**Ilustración 18:** Corte transversal del colector



**Fuente:** Jairo Cayambe

La cangahua presenta las siguientes características físicas y mecánicas.

**Tabla 5:** Características físicas y mecánicas de la Cangahua

Característica Físicas		
	Valor	Unidad
Contenido de humedad	21 - 32	%
Límite plástico	24	%
Límite líquido	33	%
Índice de plasticidad	9	%
Peso específico	2.58 – 2.69	g/cm <sup>3</sup>
Relación de vacíos	0.83 – 1.32	
Porosidad	45 - 58	
Características Mecánicas		
	Valor	Unidad
Resistencia al corte	0.5 - 1.5	Kg/cm <sup>2</sup>
Angulo de fricción interna	23 - 32	°
Coefficiente de Poisson	0.3 – 0.4	
Cohesión	1±0.5	kg/cm <sup>2</sup>
Coefficiente de permeabilidad	1.35 – 4.48	x10 <sup>-6</sup>

**Elaborado por:** Jairo Cayambe

**Fuente:** (Gaibor, 2012).

## 4.2.4 PROPIEDADES DE MATERIALES

### 4.2.4.1 PESO UNITARIO

En la Norma Ecuatoriana de la Construcción se detallan los pesos unitarios de los materiales de la construcción utilizados frecuentemente, entre los cuales tenemos:

- Ladrillo artesanal 16kN/m<sup>3</sup> (NEC, 2015).
- Roca (Basalto) 27kN/m<sup>3</sup> (NEC, 2015).

### 4.2.4.2 MODULO DE ELASTICIDAD

El valor del módulo de elasticidad del ladrillo se debe establecer por medio de ensayos de laboratorio, en ausencia de los valores experimentales, pueden emplearse la siguiente formula descrita en la Norma Ecuatoriana de la Construcción. (NEC, 2015).

Mampostería en arcilla:  $E_m = 750 f'm \leq 20000 \text{ MPa}$

Dónde:

$E_m =$  Módulo de elasticidad de la mampostería

$f'm =$  Resistencia a compresión de la mampostería.

El promedio de la resistencia a compresión del ladrillo obtenido de diez muestras ensayadas es de 19.16kg/cm<sup>2</sup>. (Angulo, 2008).

$$E_m = 750 f'm$$

$$E_m = 750 * 19.16 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_m = 14370 \text{ kg/cm}^2$$

El valor del módulo de elasticidad de la roca se obtendrá de un libro especializado.

Como resultados tenemos:

- Ladrillo artesanal 1.4x10<sup>4</sup> kg/cm<sup>2</sup>

- Roca (Basalto)  $2 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$  (Canoba, 2004).

#### 4.2.4.3 COEFICIENTE DE POISSON

Los valores del coeficiente de Poisson se obtendrán de libros especializados.

- Ladrillo artesanal 0.20 (Bravo, 2013).
- Roca (Basalto) 0.25 (Canoba, 2004).

#### 4.2.4.4 COEFICIENTE DE EXPANSIÓN TÉRMICA

Los valores del coeficiente de expansión térmica se obtendrán de libros especializados.

- Ladrillo artesanal  $9 \times 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$  (Universidad de Sevilla, 2010).
- Roca (Basalto)  $8 \times 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$  (Universidad de Sevilla, 2010).

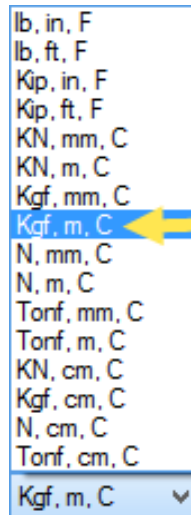
#### 4.2.5 ANÁLISIS ESTRUCTURAL UTILIZANDO UN SOFTWARE ESPECIALIZADO

Abrir el software especializado Sap2000.

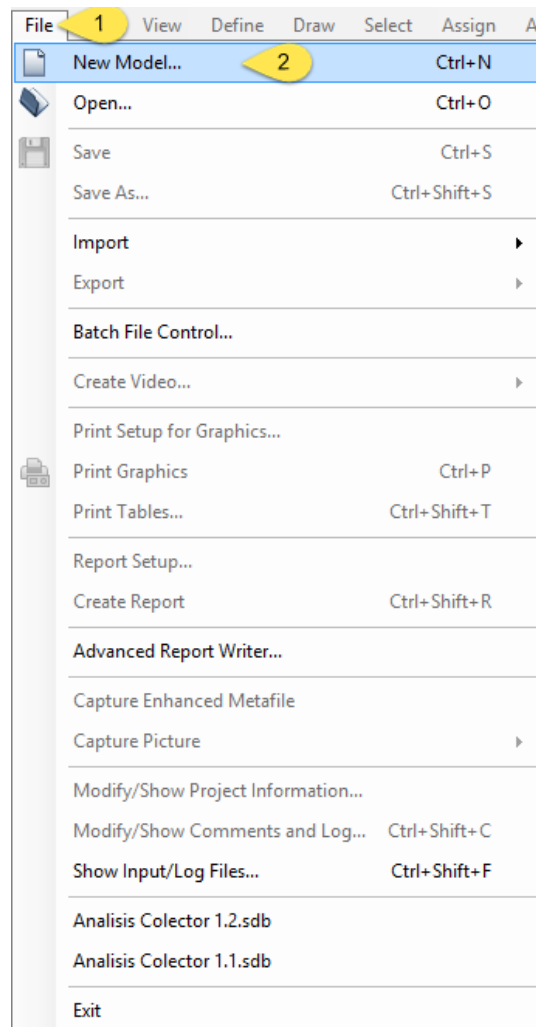
**Ilustración 19:** Análisis estructural utilizando un software especializado



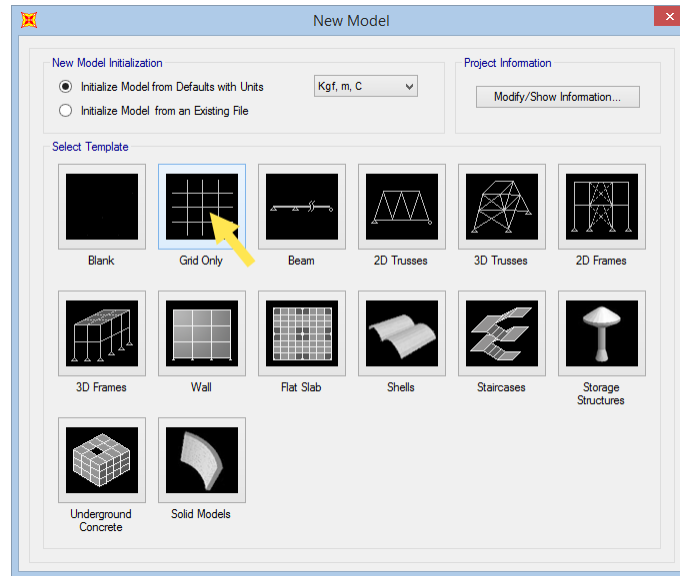
Seleccionar las unidades a utilizar.



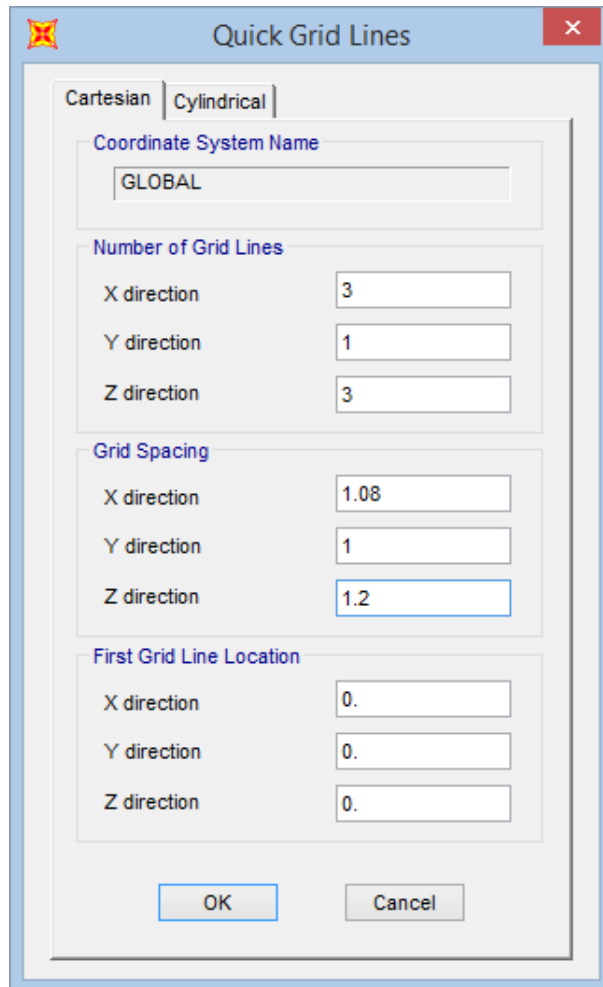
Crear un nuevo modelo.



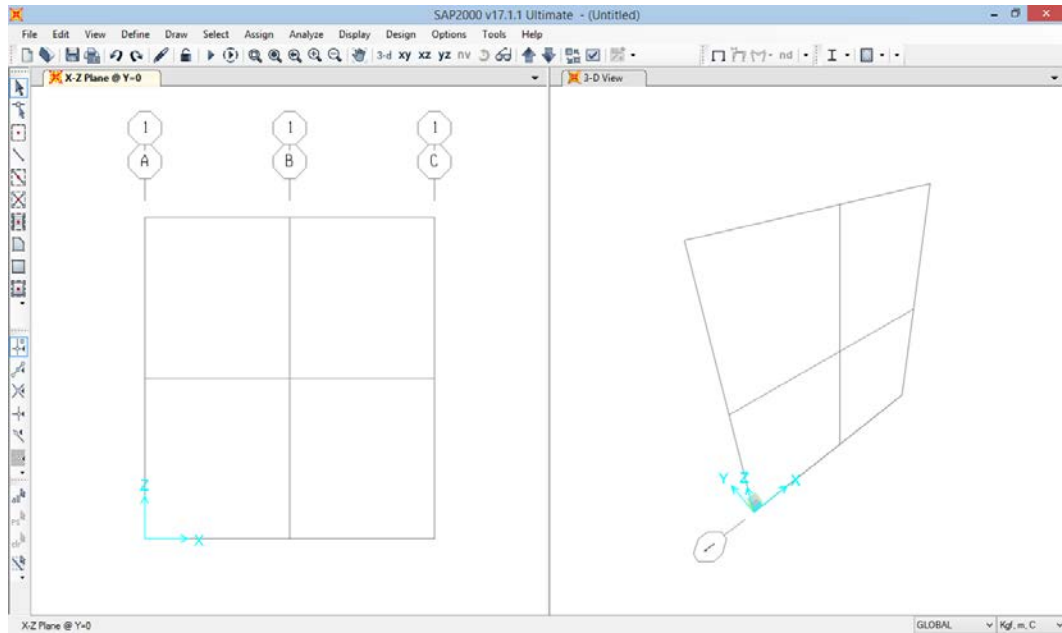
Seleccionar la opción solo grillas.



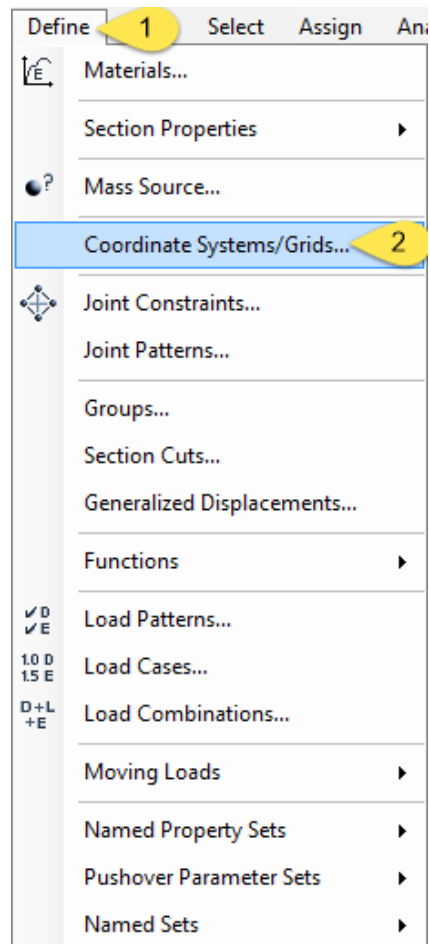
Ingresar el número de ejes y las distancias de separación entre ellos.

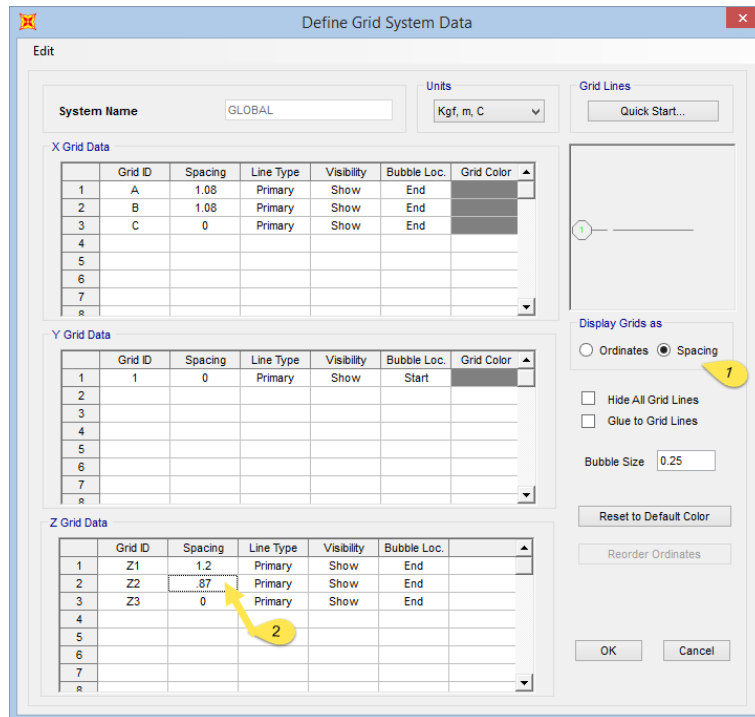
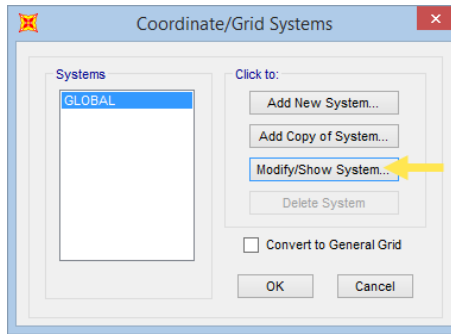


Resultado visual de la grilla según nuestra configuración.

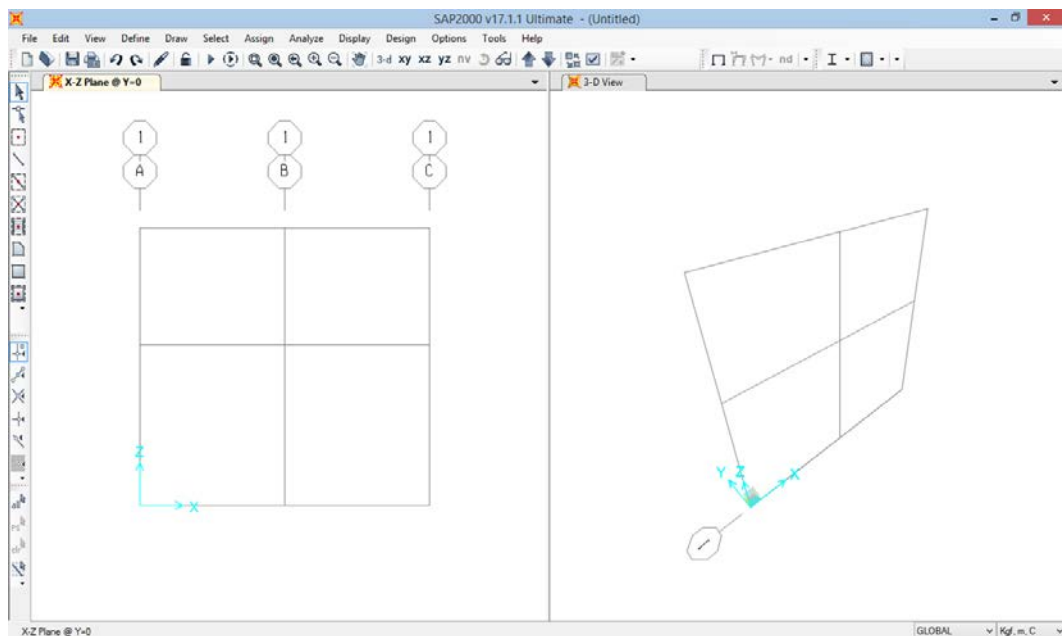


Modificar la grilla para dar la separación correcta del eje de la bóveda.

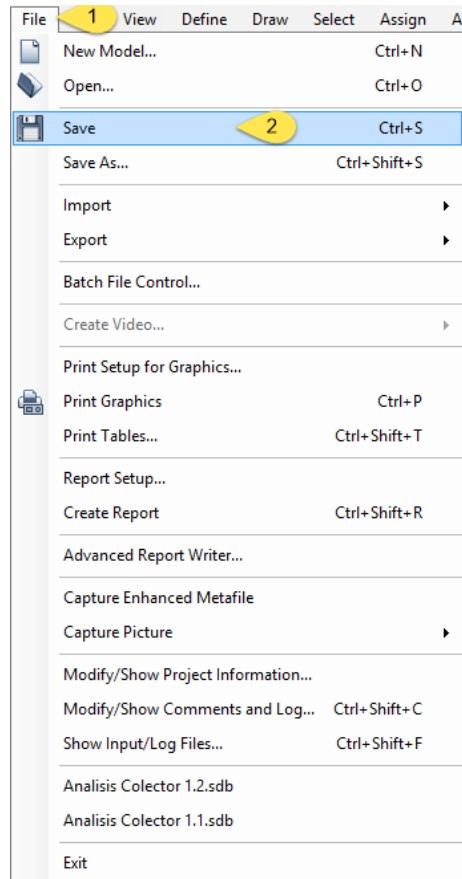




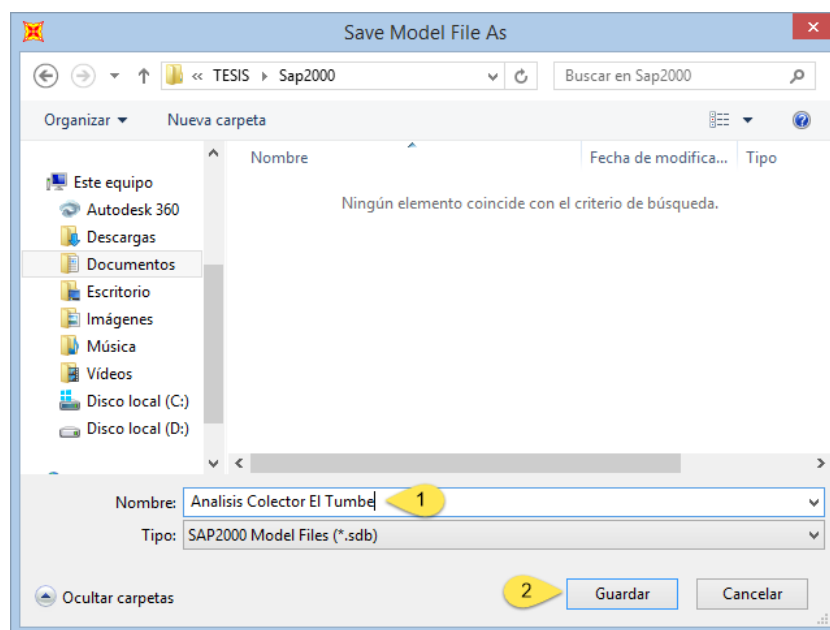
Resultado visual de la grilla configurada correctamente.



Guardar el proyecto.

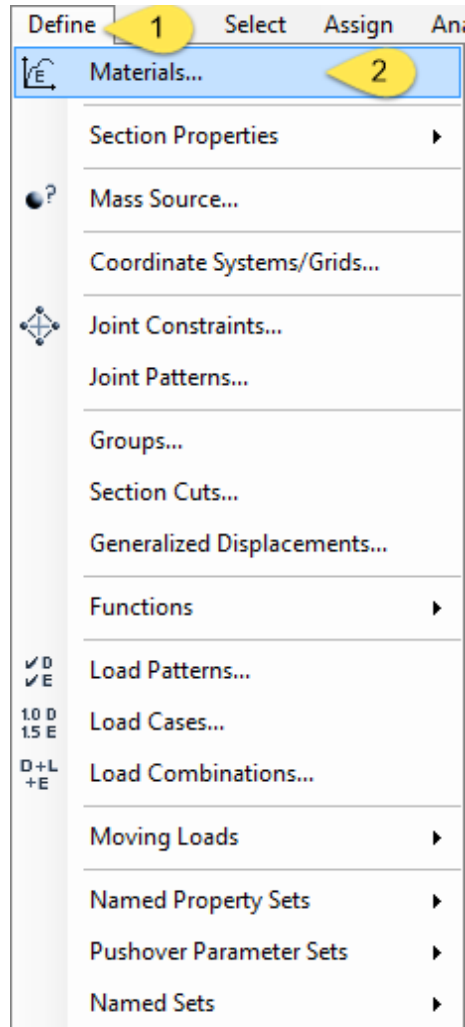


Escribir el nombre deseado.

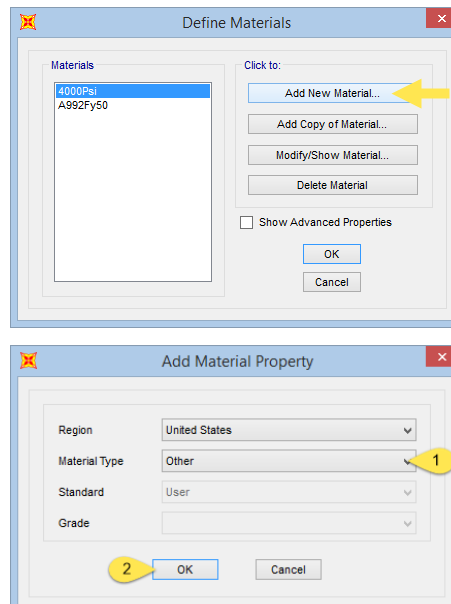




Definir los materiales a utilizar.



Añadir un nuevo material.



Agregar las propiedades del ladrillo, teniendo en cuenta las unidades utilizadas.

The dialog box 'Material Property Data' is shown with the following data and callouts:

Section	Property	Value	Callout
General Data	Material Name and Display Color	Ladrillo	1
	Material Type	Other	
	Material Notes	Modify/Show Notes...	
Weight and Mass	Weight per Unit Volume	1.632E-03	3
	Mass per Unit Volume	1.664E-06	
Units	Units	Kgf, cm, C	2
Isotropic Property Data	Modulus of Elasticity, E	14370	4
	Poisson	0.2	5
	Coefficient of Thermal Expansion, A	9E-06	6
	Shear Modulus, G	5987.5	

Switch To Advanced Property Display:

Buttons: OK, Cancel

Repetir el proceso con las propiedades de la roca.

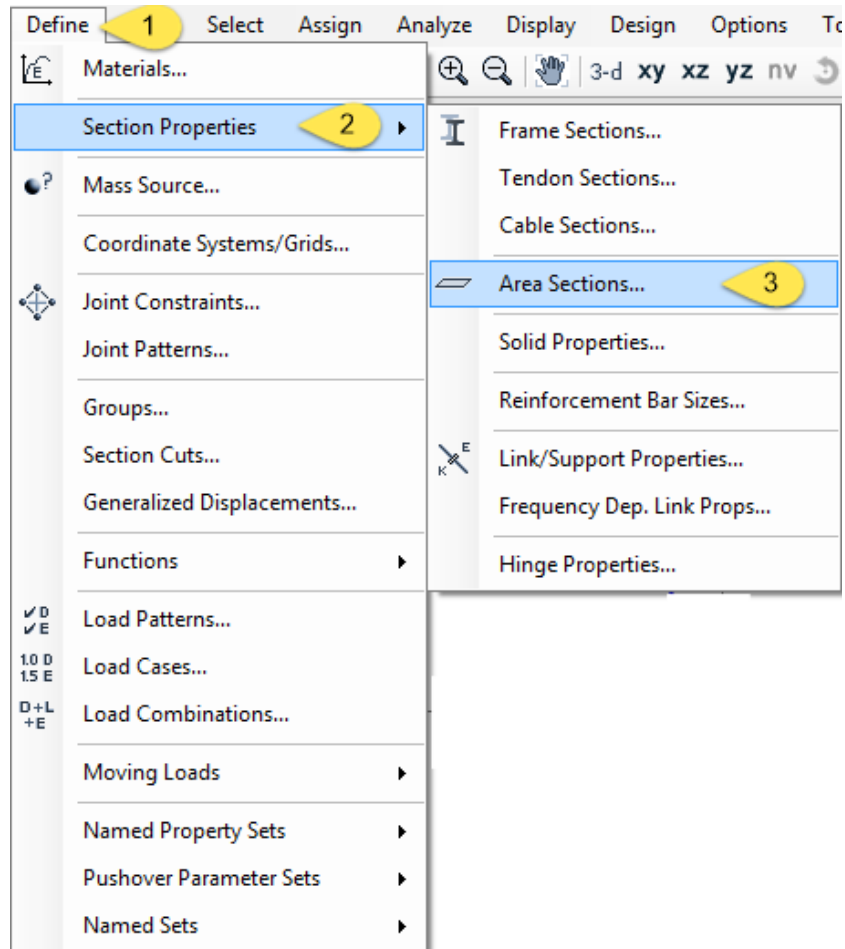
The dialog box 'Material Property Data' is shown with the following data and callouts:

Section	Property	Value	Callout
General Data	Material Name and Display Color	Roca	1
	Material Type	Other	
	Material Notes	Modify/Show Notes...	
Weight and Mass	Weight per Unit Volume	2.753E-03	3
	Mass per Unit Volume	2.808E-06	
Units	Units	Kgf, cm, C	2
Isotropic Property Data	Modulus of Elasticity, E	2E5	4
	Poisson	0.25	5
	Coefficient of Thermal Expansion, A	8E-6	6
	Shear Modulus, G	80000.	

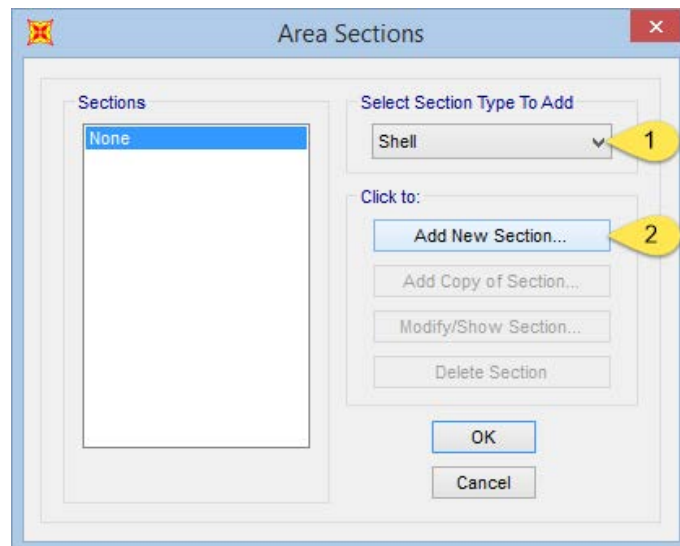
Switch To Advanced Property Display:

Buttons: OK, Cancel

## Definir las secciones Shell



Añadir una nueva sección.



Ingresar los datos correspondientes al ladrillo.

The screenshot shows the 'Shell Section Data' dialog box with the following configuration:

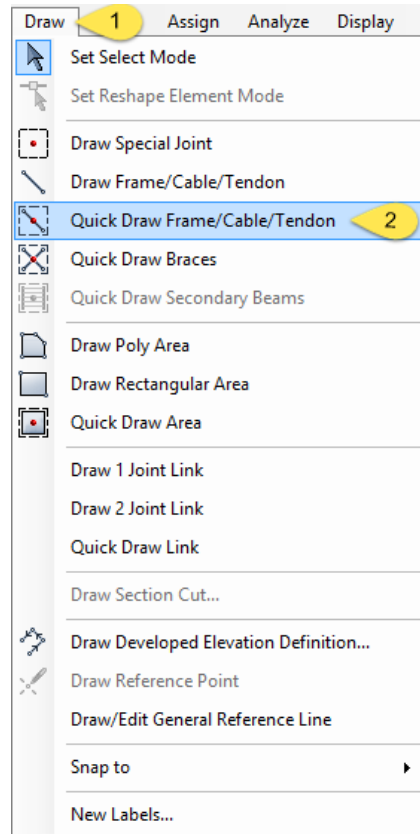
- Section Name:** BovedaLadrillo (marked with a yellow callout '1')
- Section Notes:** Modify/Show...
- Display Color:** Orange square
- Type:** Shell - Thin (selected)
- Thickness:** Membrane: 0.15 (marked with a yellow callout '2'), Bending: 0.15 (marked with a yellow callout '3')
- Material:** Material Name: Ladrillo (marked with a yellow callout '4'), Material Angle: 0.
- Time Dependent Properties:** Set Time Dependent Properties...
- Stiffness Modifiers:** Set Modifiers...
- Temp Dependent Properties:** Thermal Properties...
- Buttons:** OK, Cancel

Repetir el proceso e ingresar los datos de la roca.

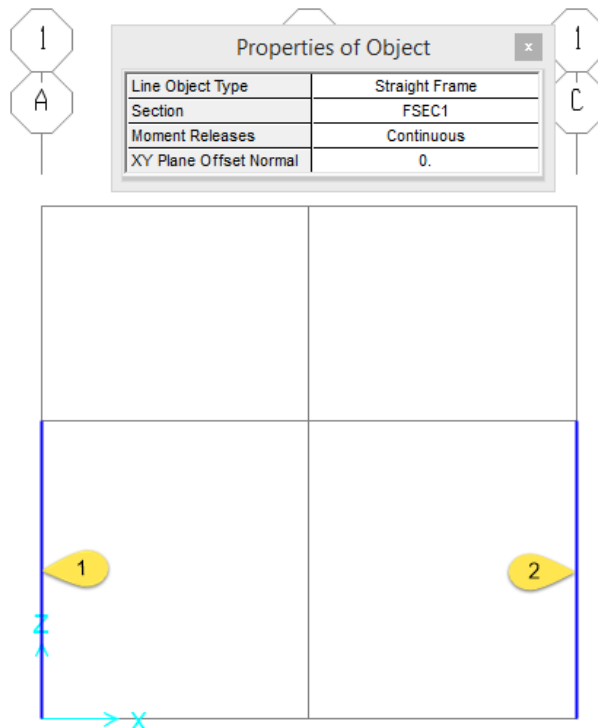
The screenshot shows the 'Shell Section Data' dialog box with the following configuration:

- Section Name:** ParedesRoca (marked with a yellow callout '1')
- Section Notes:** Modify/Show...
- Display Color:** Dark red square
- Type:** Shell - Thin (selected)
- Thickness:** Membrane: 0.25 (marked with a yellow callout '2'), Bending: 0.25 (marked with a yellow callout '3')
- Material:** Material Name: Roca (marked with a yellow callout '4'), Material Angle: 0.
- Time Dependent Properties:** Set Time Dependent Properties...
- Stiffness Modifiers:** Set Modifiers...
- Temp Dependent Properties:** Thermal Properties...
- Buttons:** OK, Cancel

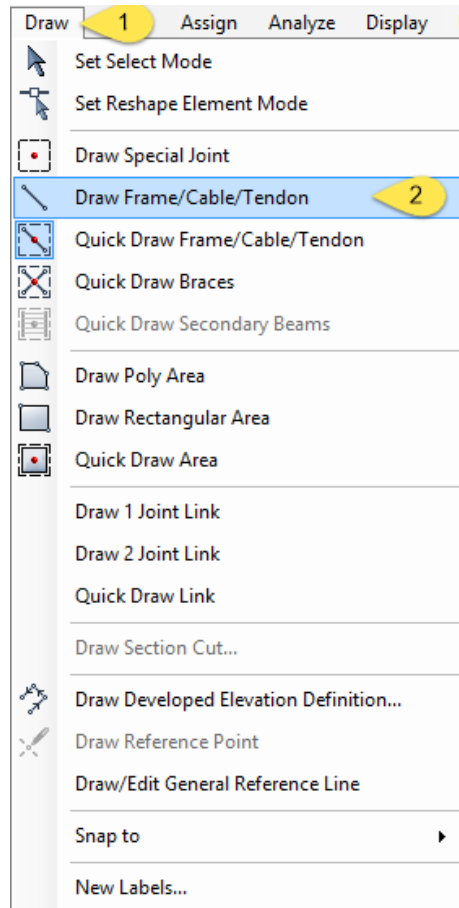
Dibujar el perfil del colector.



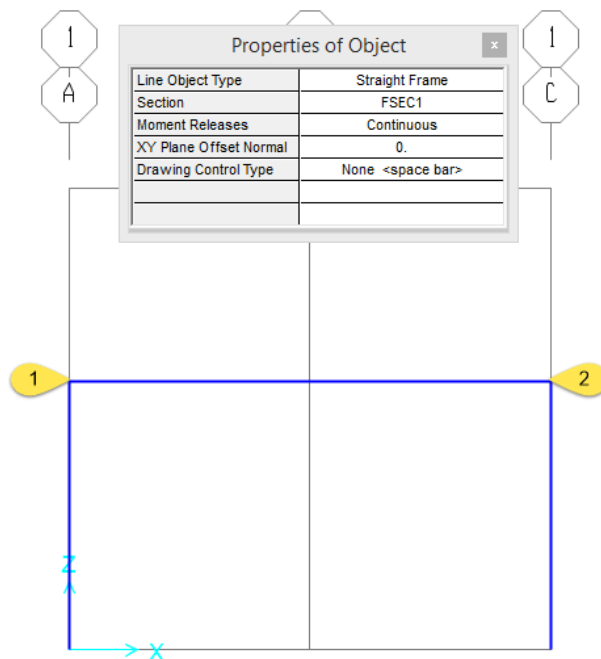
Seleccionar las paredes.



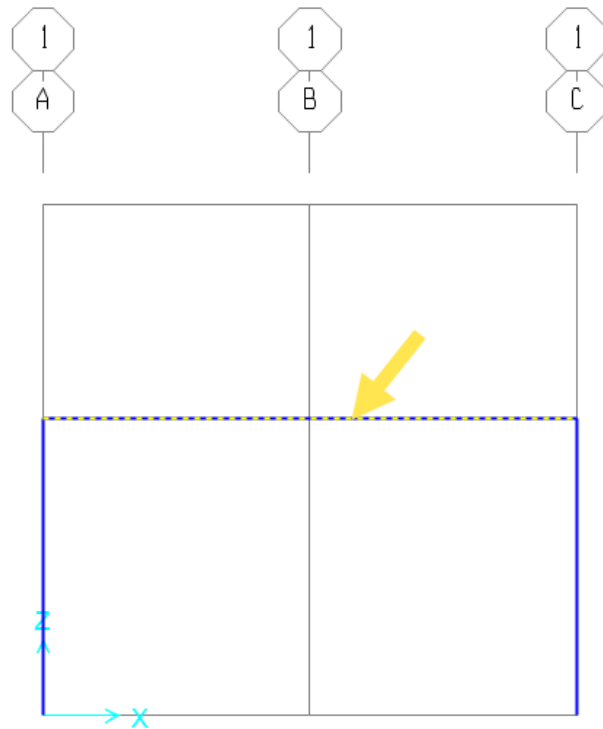
Dibujar bóveda



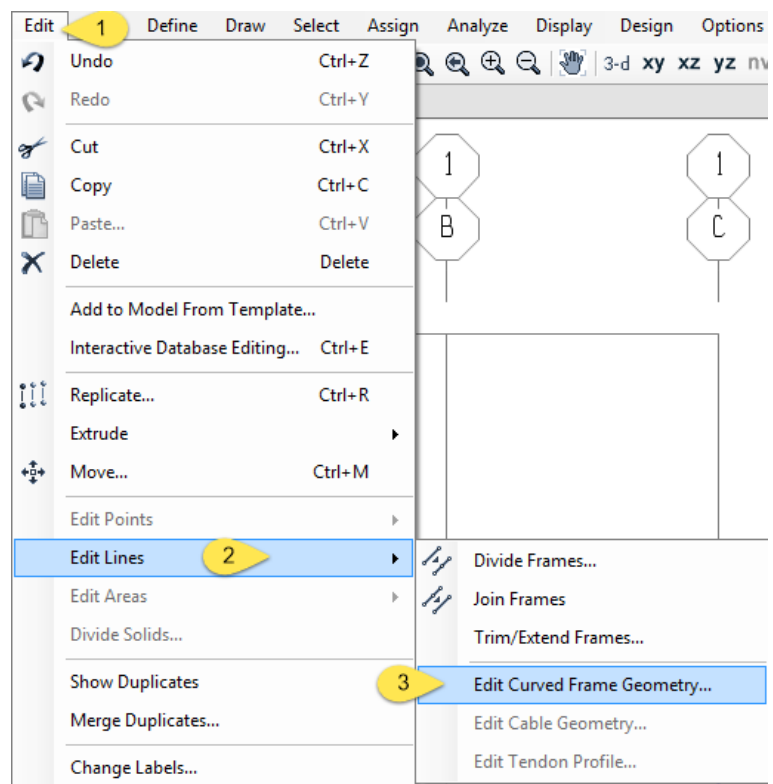
Dibujar una línea horizontal, después transformar en el techo del colector.



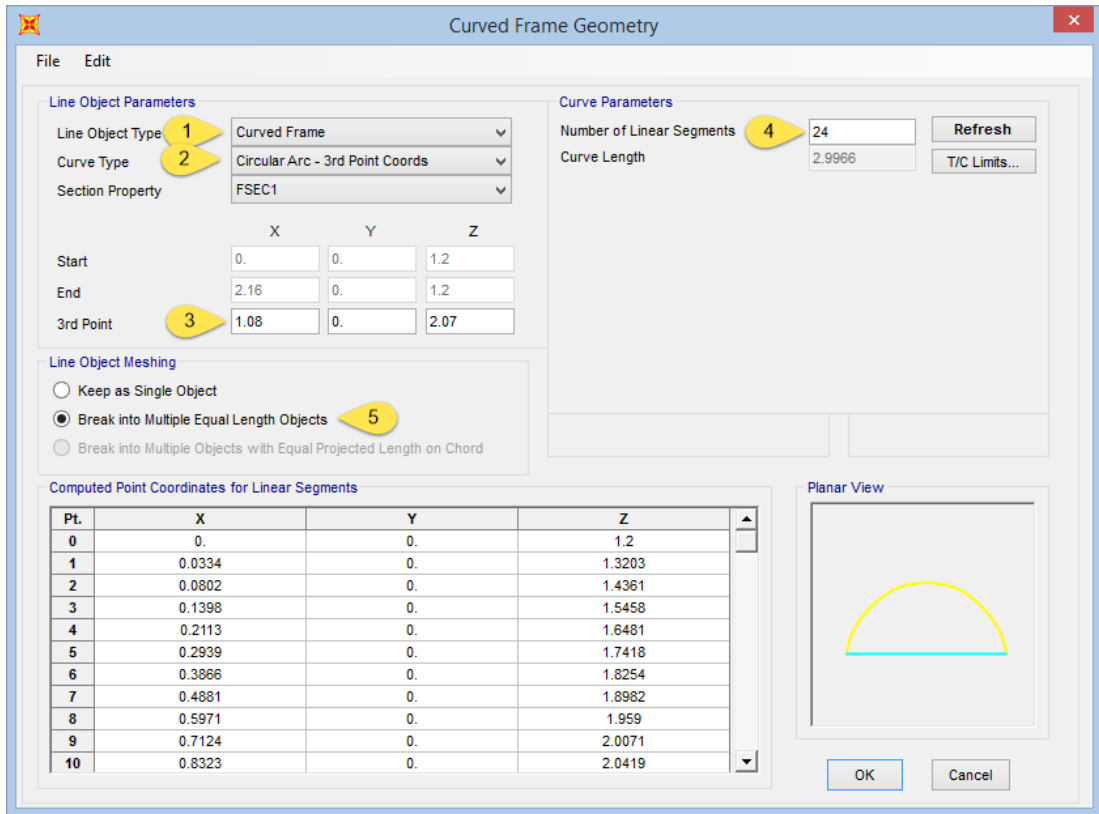
Seleccionar la línea horizontal



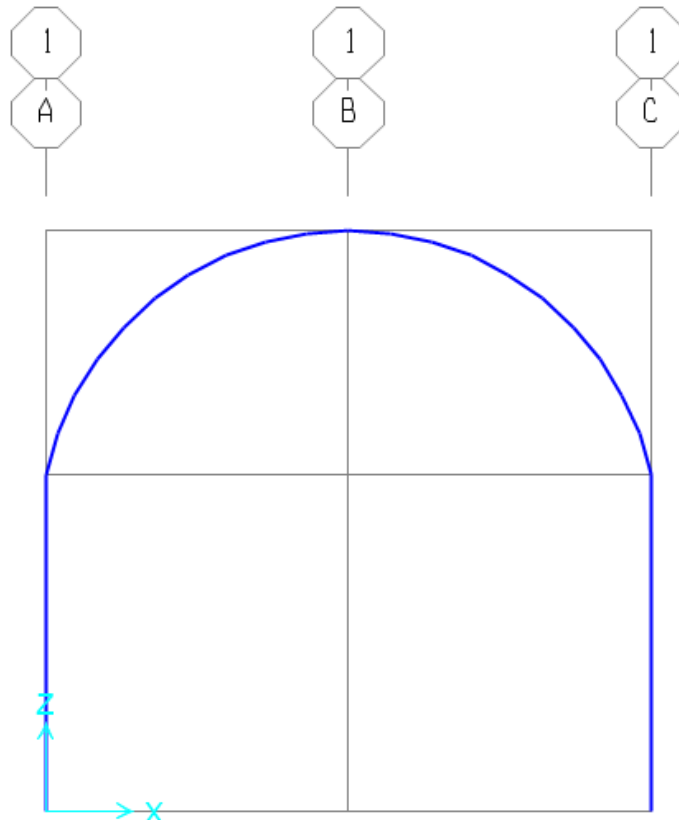
Editar la línea para convertirla en curva.



Configurar los valores de la línea curva según lo necesitado.

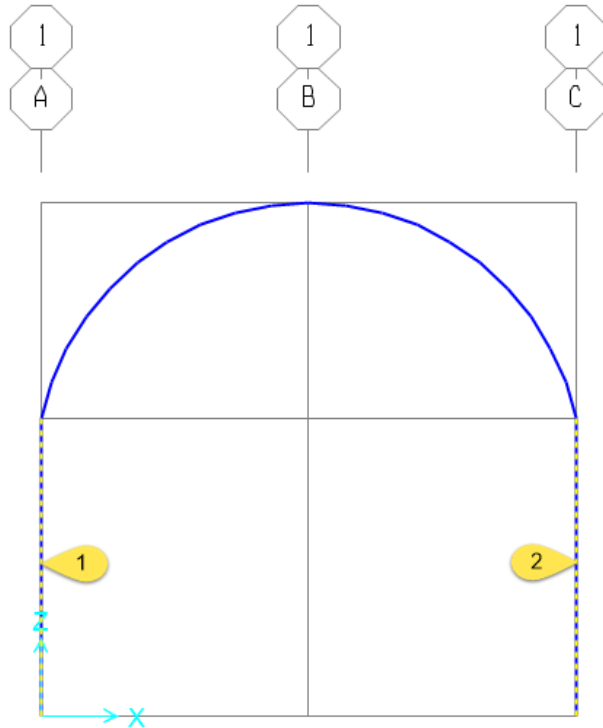


Perfil del embovedado del colector sanitario.

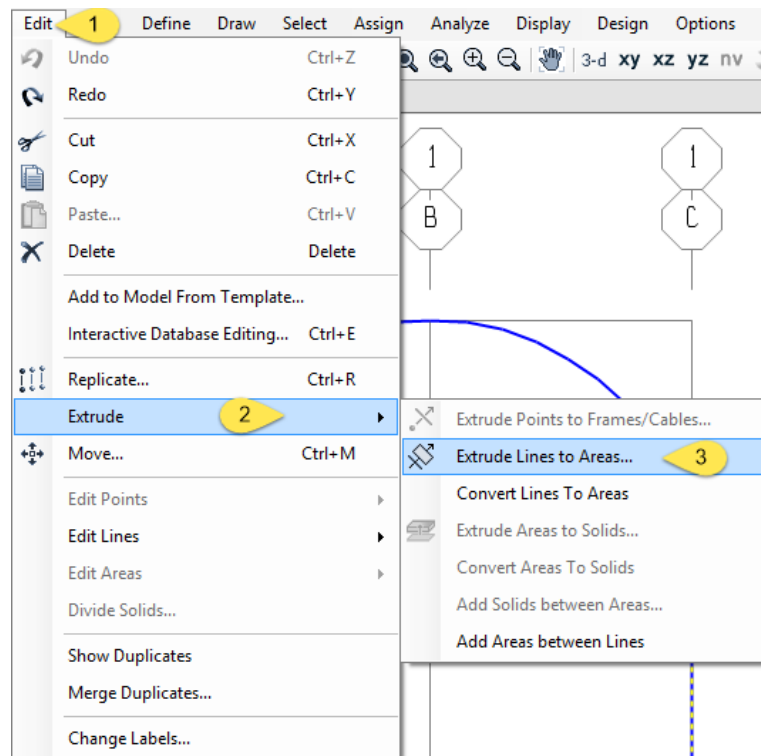




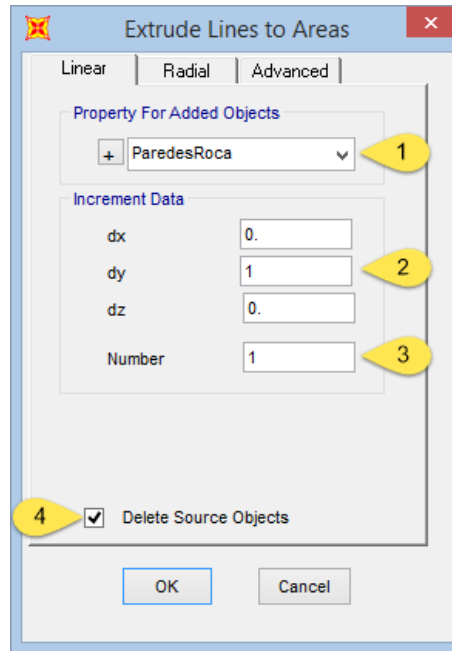
Crear las secciones área, seleccionar las paredes.



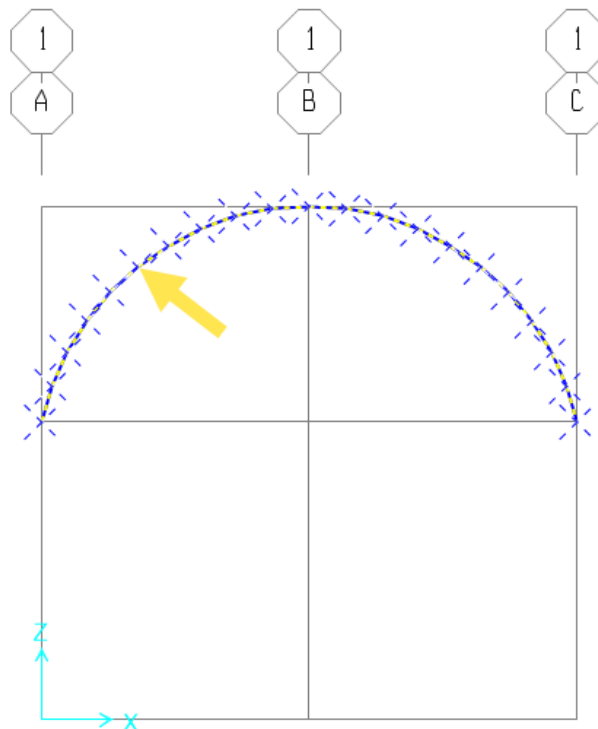
Convertir líneas a áreas.



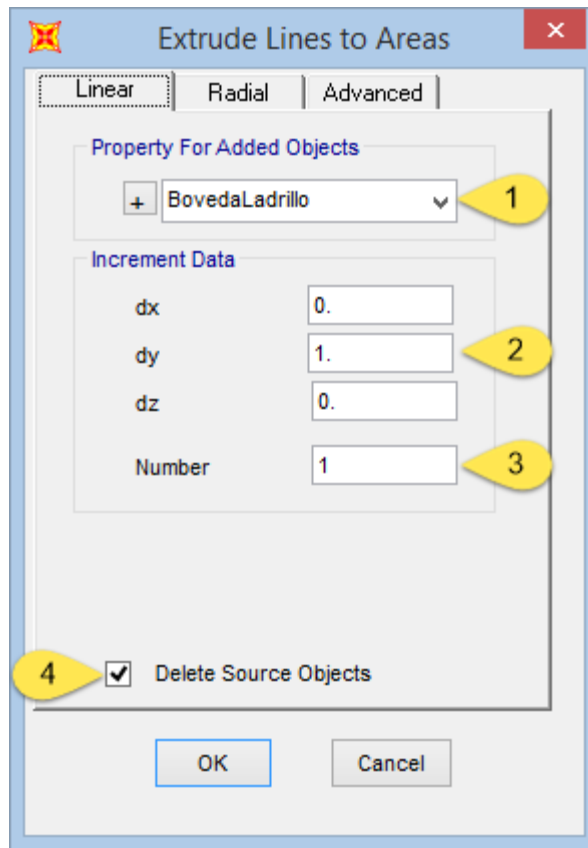
Ingresar la información necesaria para las paredes.



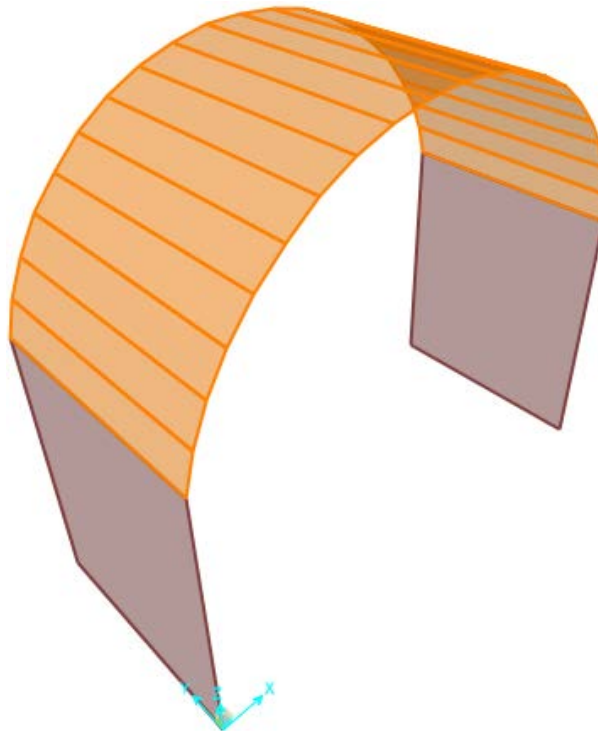
Seleccionar la bóveda o techo.



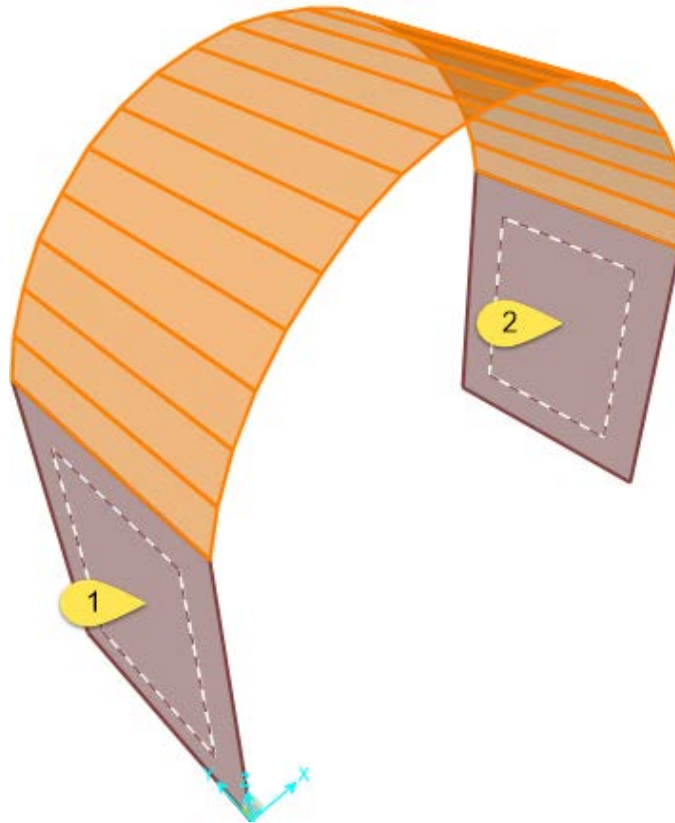
Repetir el proceso e ingresar los datos correspondientes a la bóveda.



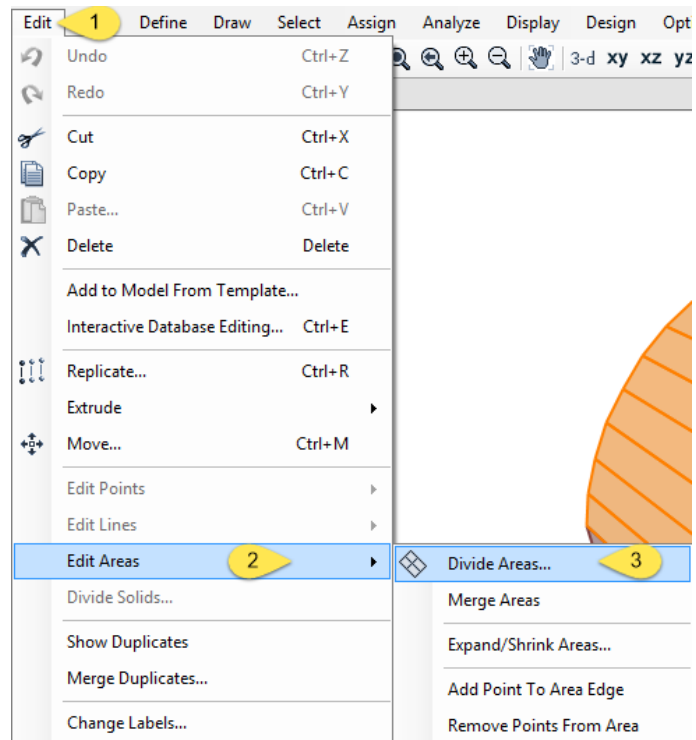
Visualización de resultados.



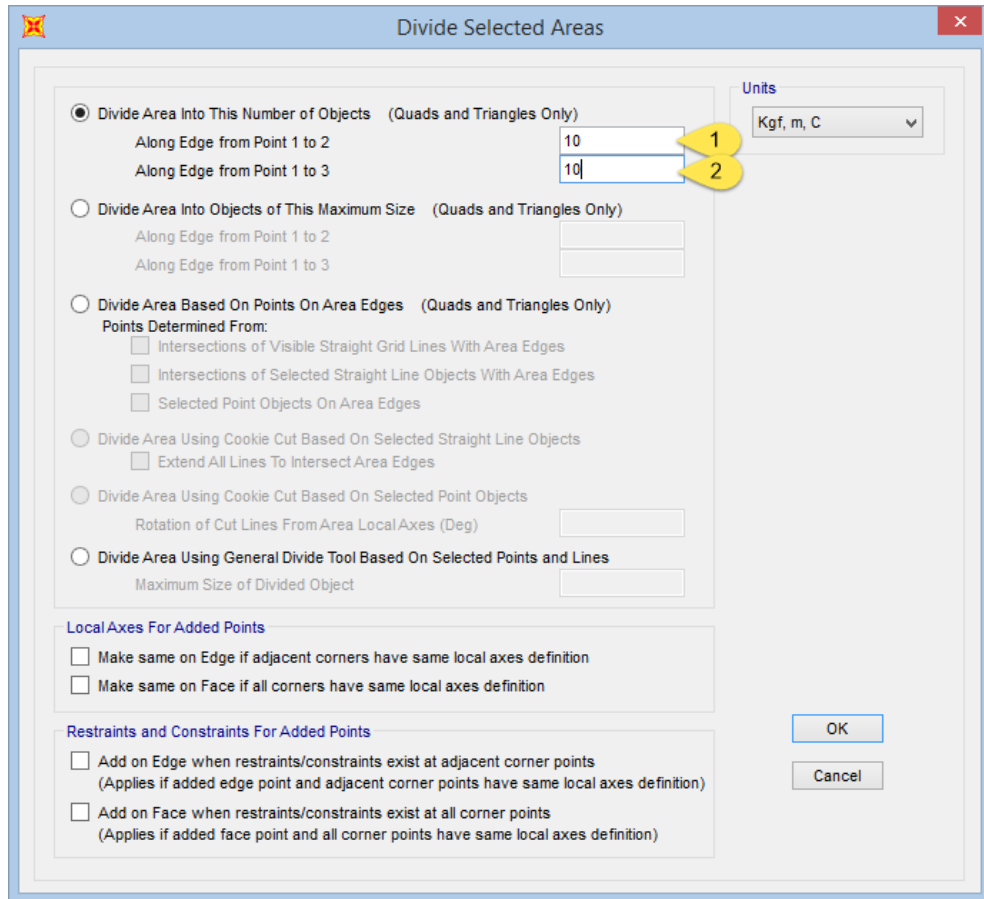
Discretizar áreas, seleccionamos las paredes.



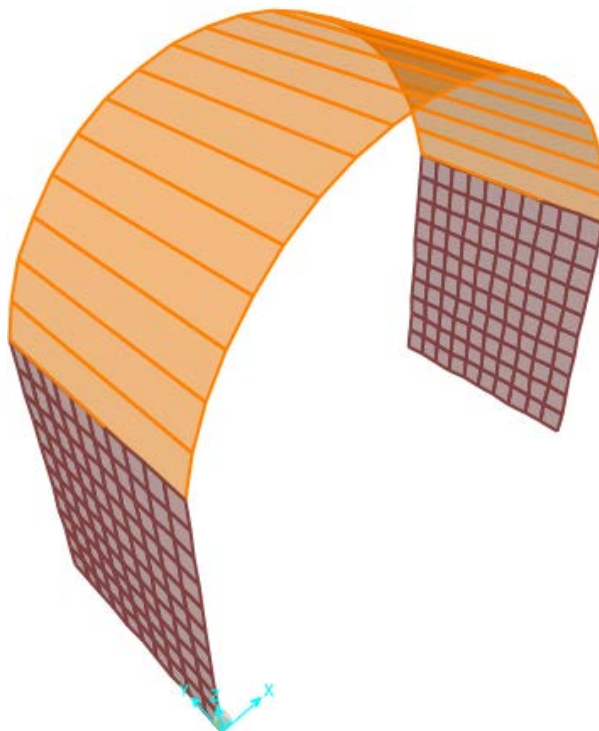
Dividir las áreas seleccionadas.



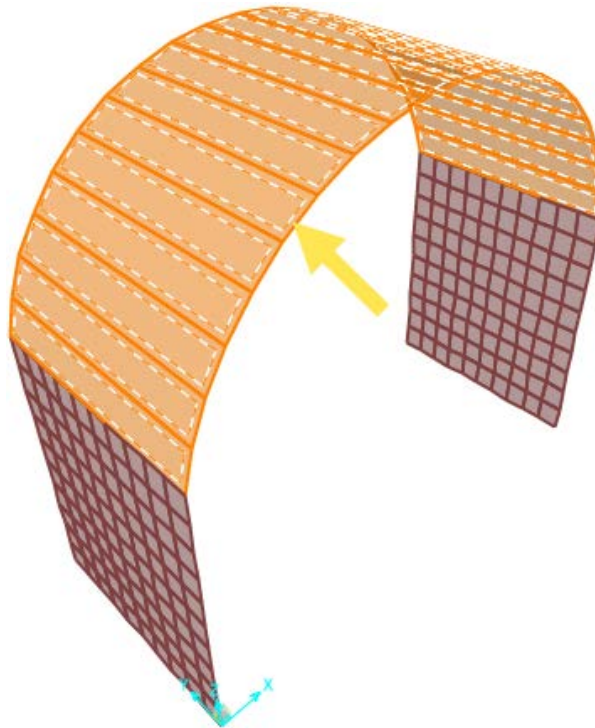
Ingresar los datos necesarios para la división de áreas.



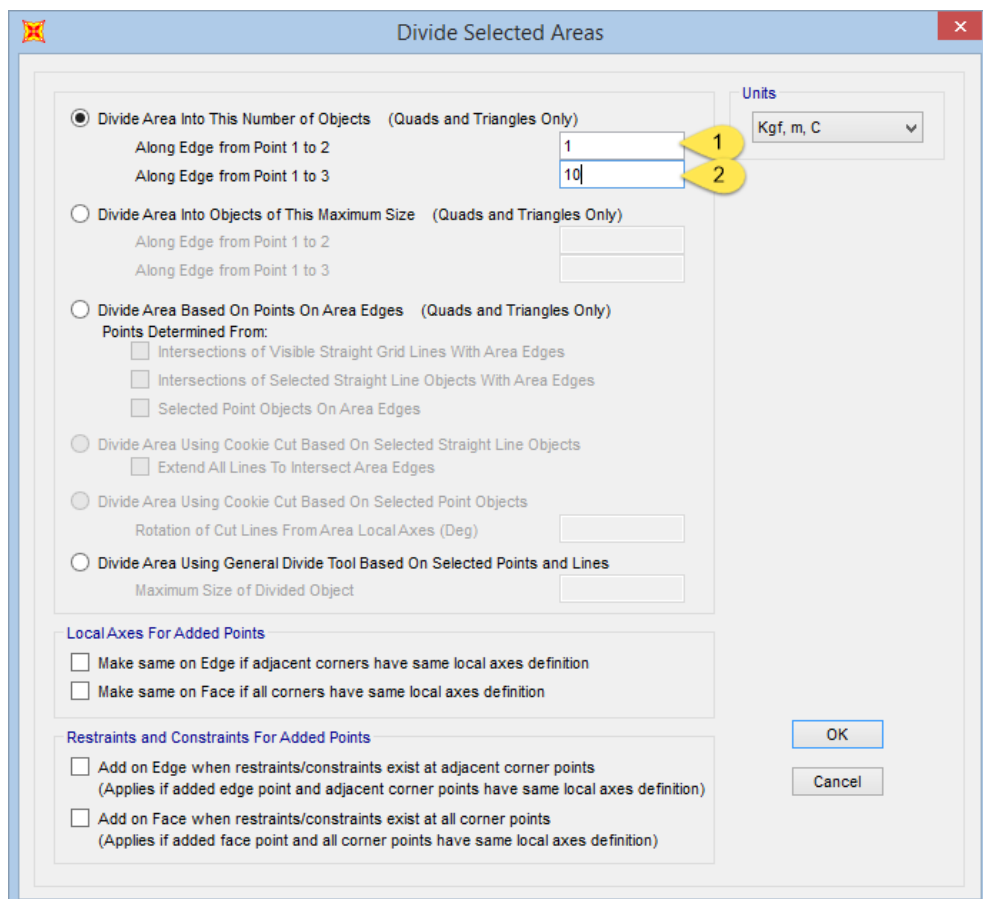
Visualización de discretización de paredes.



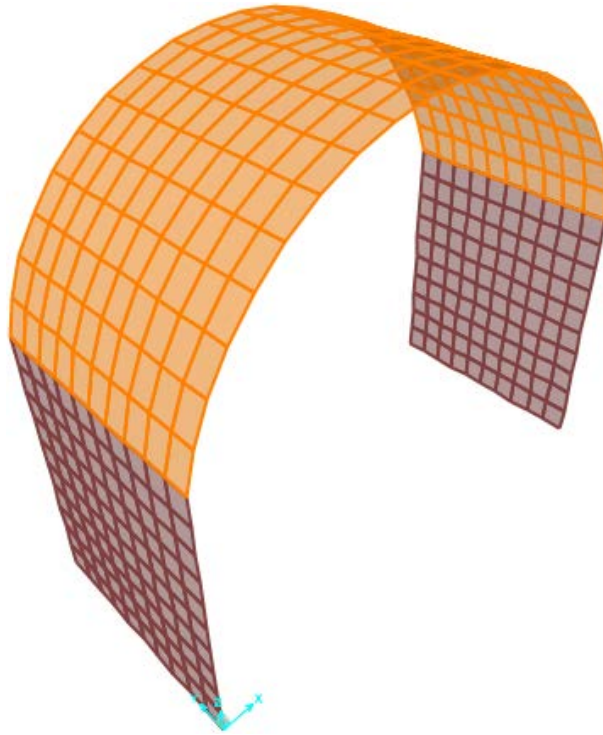
Seleccionar el techo.



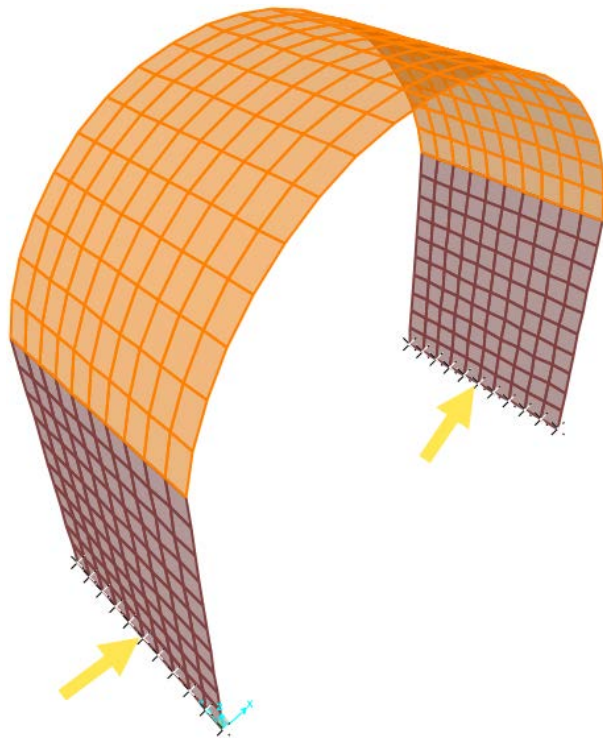
Repetir el proceso e ingresar datos necesarios.



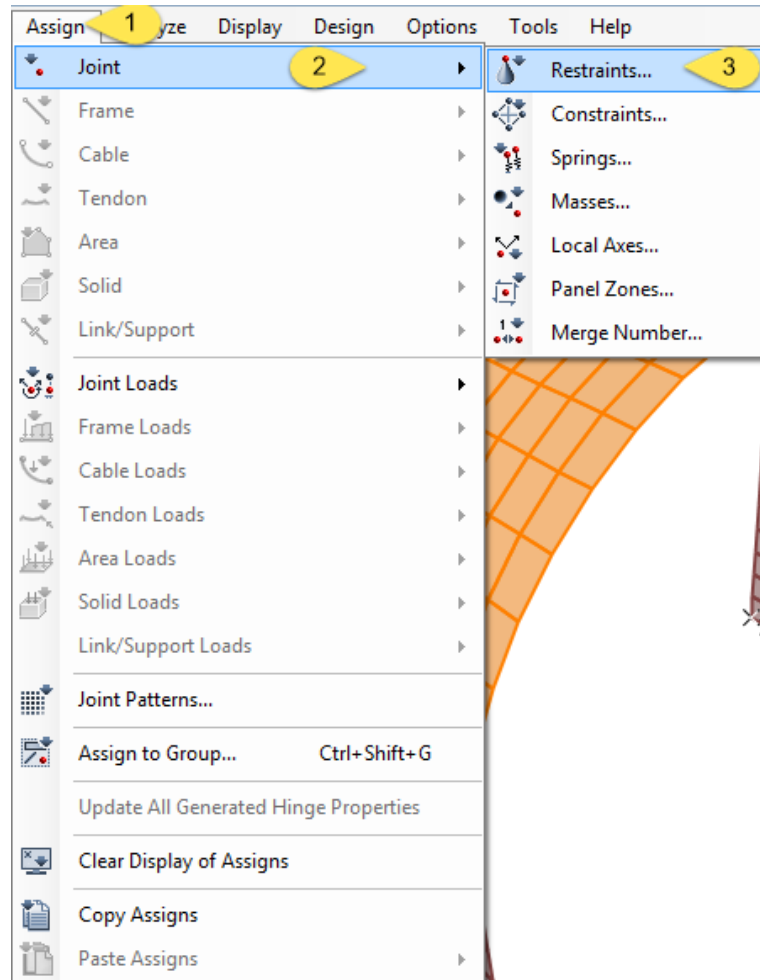
Visualización de discretización de bóveda.



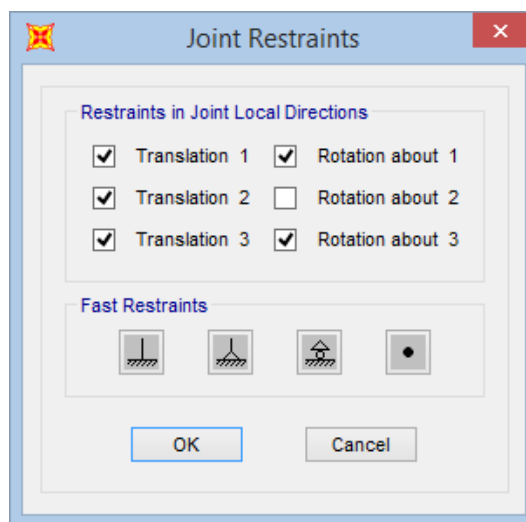
Asignar restricciones de apoyo, seleccionar puntos.



Seleccionar restricciones.

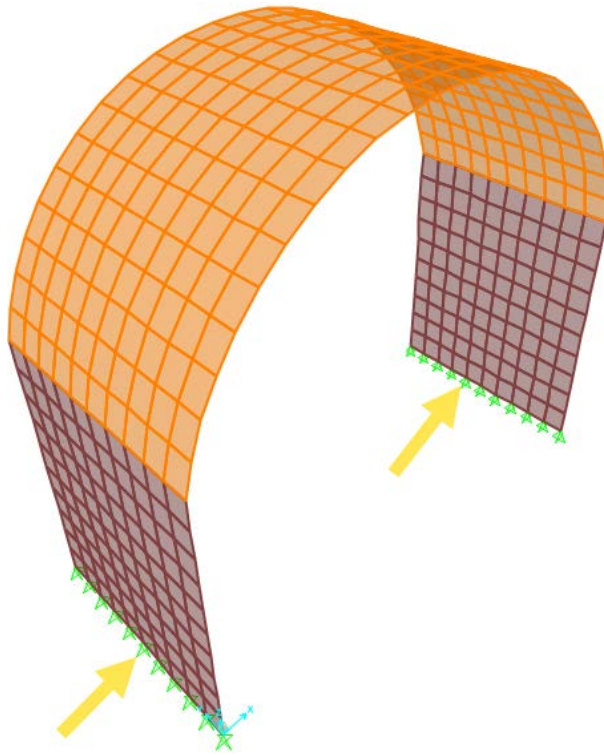


Marcar según las condiciones.

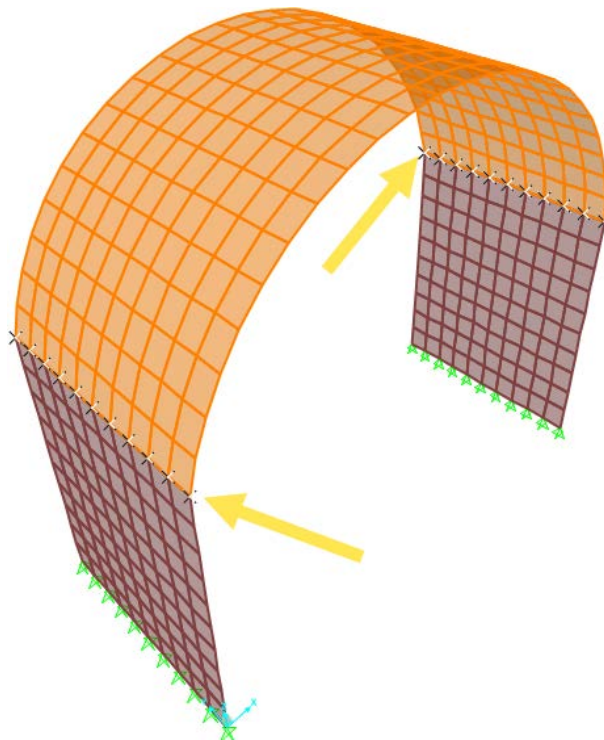




Visualización de restricciones.

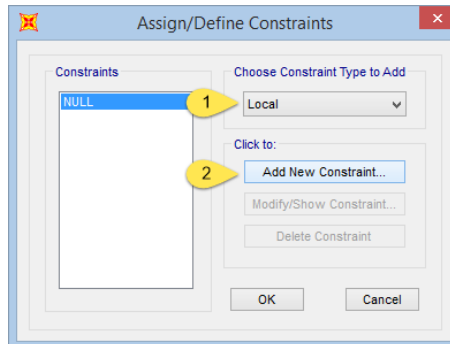
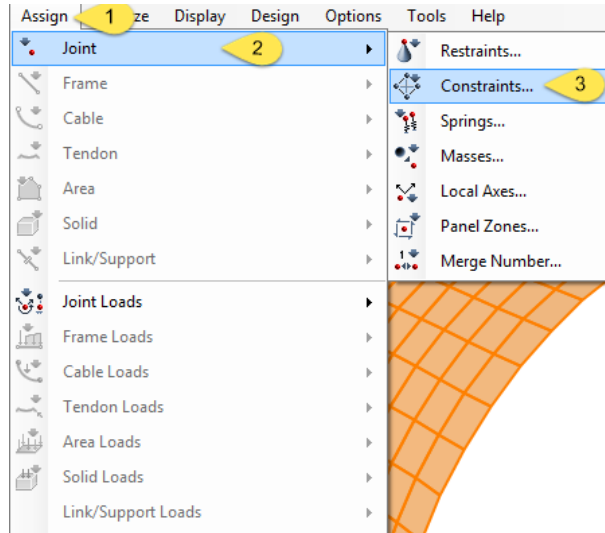


Asignar condición de apoyo entre la bóveda y las paredes, seleccionar puntos.

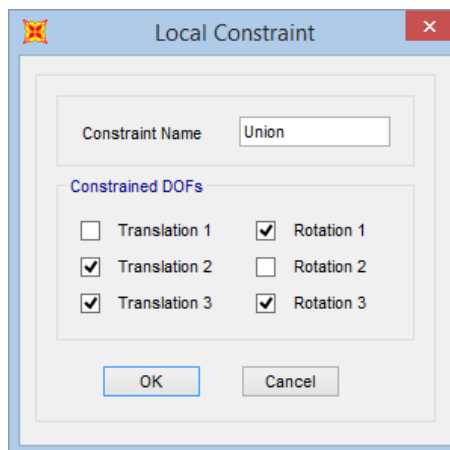


La bóveda de ladrillo y las paredes de roca no están unidas monolíticamente, razón por la cual hay que establecer condiciones de apoyo (Constraints) entre estos dos tipos de materiales.

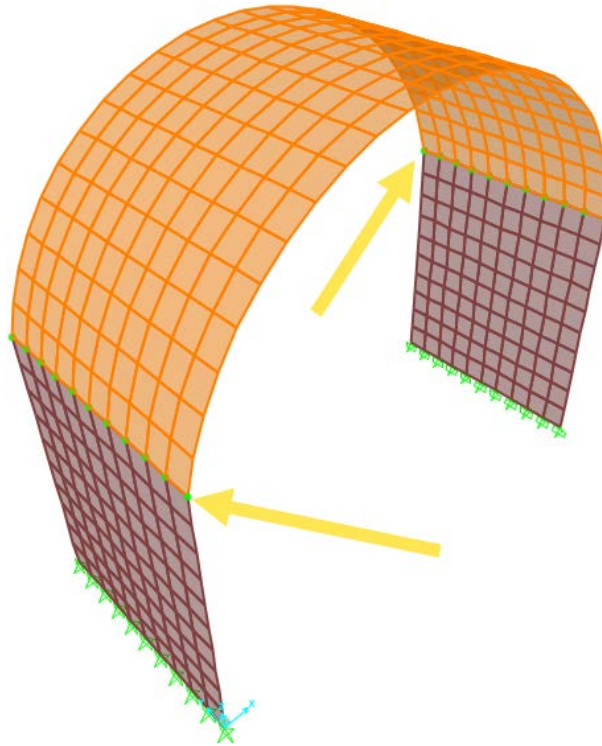
Definir Restricciones en unión.



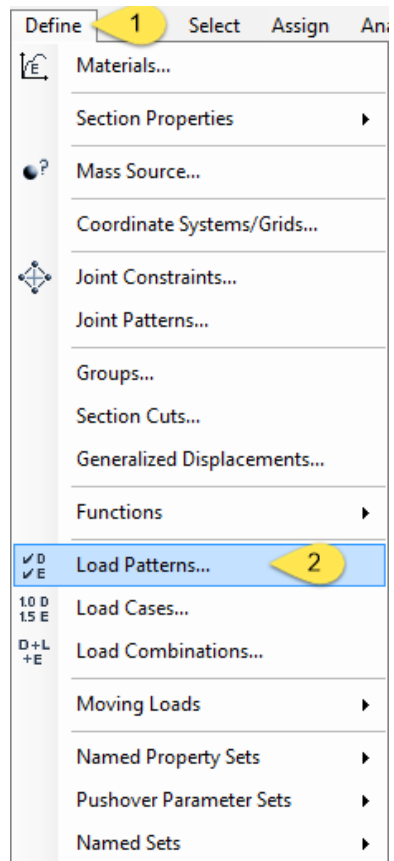
Por su condición de apoyo, la bóveda se desplazará en el eje 1 y rotará en el eje 2.



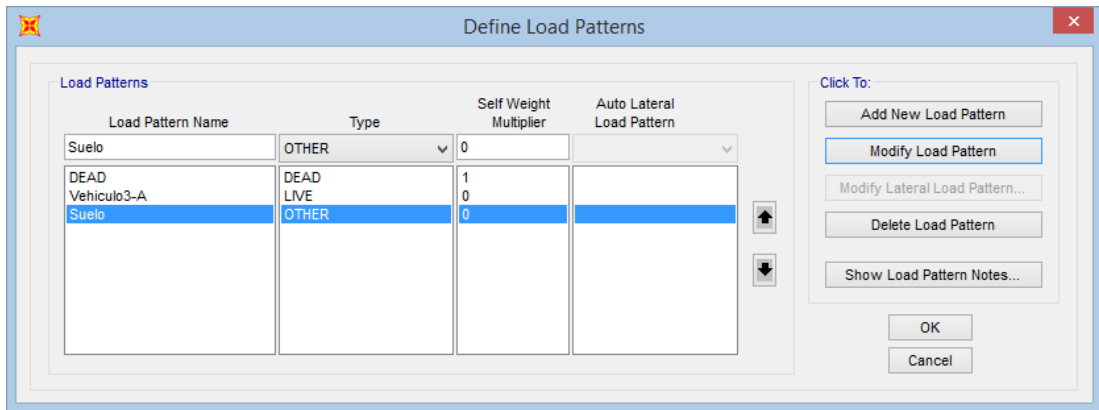
Visualización de restricciones.



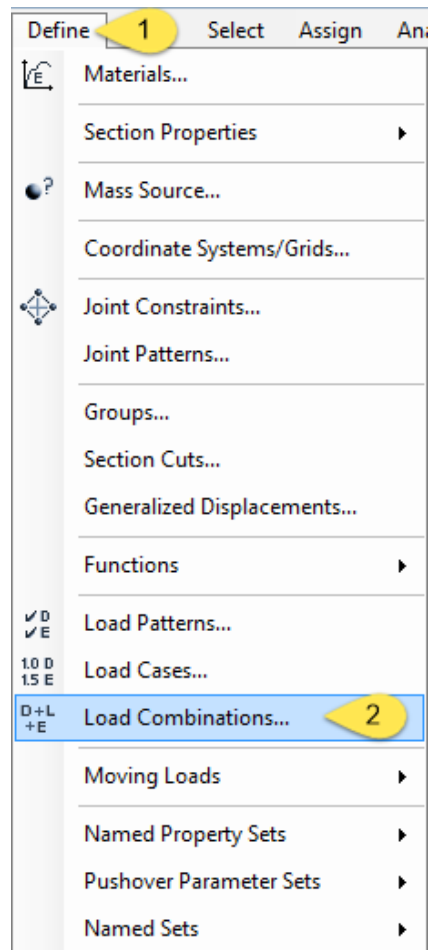
Definir patrones de carga



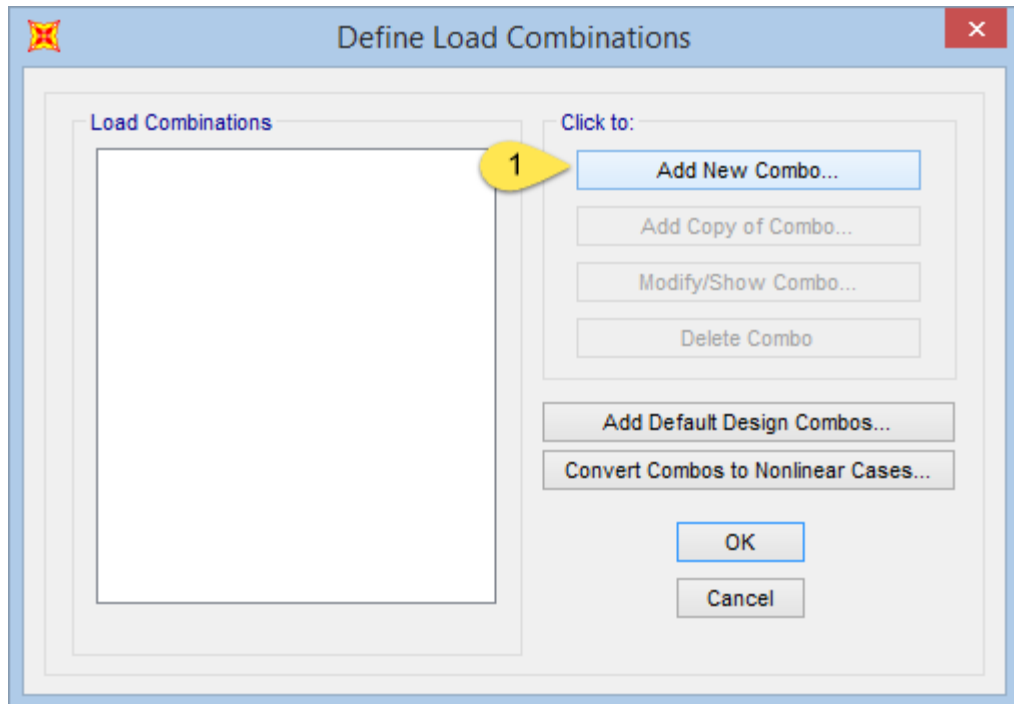
Ingresar los patrones de carga.



Definir combinaciones de Carga



Añadir nueva combinación



Las combinaciones de carga están dados en la Norma Ecuatoriana de la Construcción. (NEC, 2015).

- 1.4 D
- 1.2 D + 1.6 L + 1.6 H

Dónde:

$D$  = Carga Muerta.

$L$  = Carga Viva.

$H$  = Carga por Presión Lateral.

Además se añadirá una envolvente, la cual toma los valores más altos de las combinaciones anteriores.

Ingresar combinaciones.

**Load Combination Data**

Load Combination Name (User-Generated)  1

Notes

Load Combination Type

Options

Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
DEAD	Linear Static	1.4
DEAD	Linear Static	1.4

**Load Combination Data**

Load Combination Name (User-Generated)  1

Notes

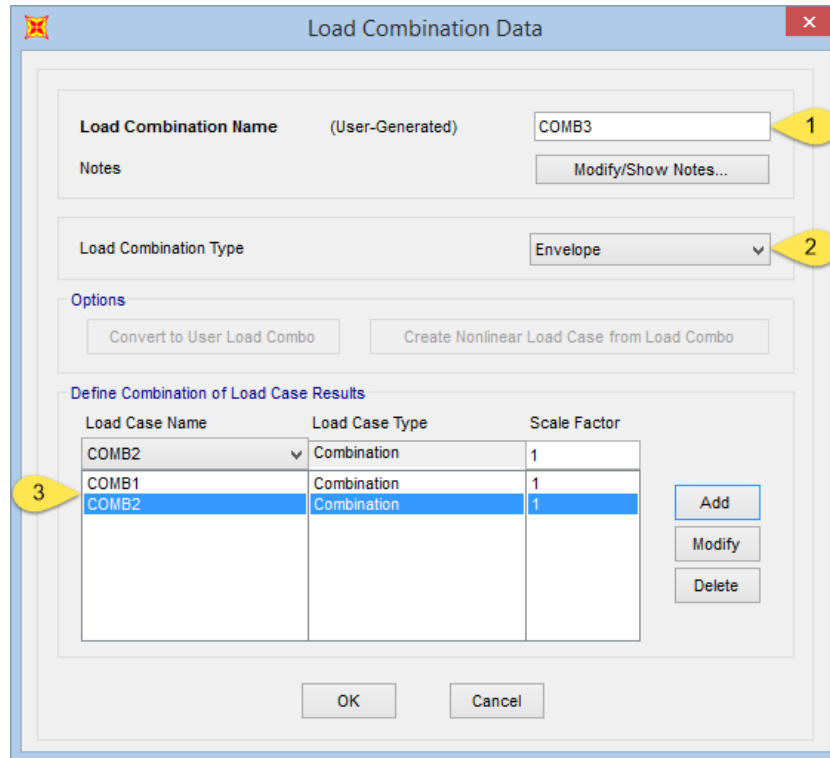
Load Combination Type

Options

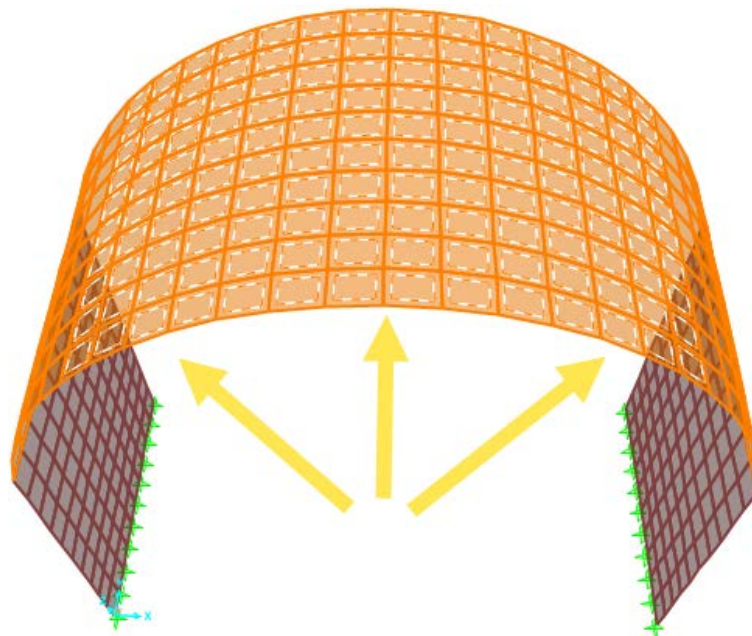
Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
Suelo	Linear Static	1.6
DEAD	Linear Static	1.2
Vehiculo3-A	Linear Static	1.6
Suelo	Linear Static	1.6

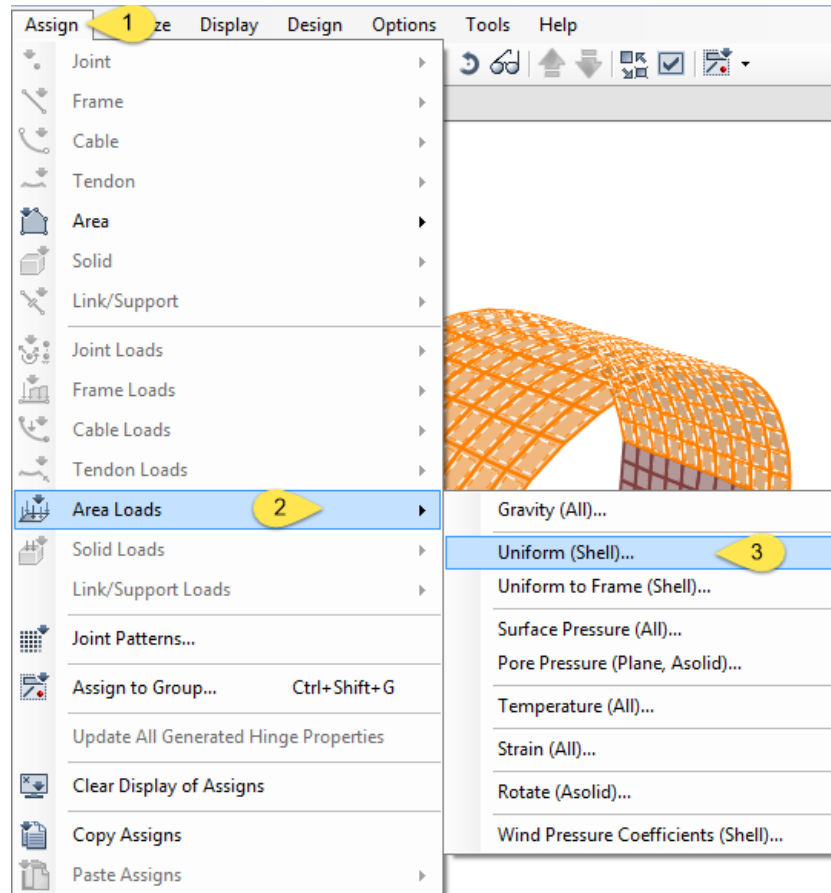
Ingresar envolvente.



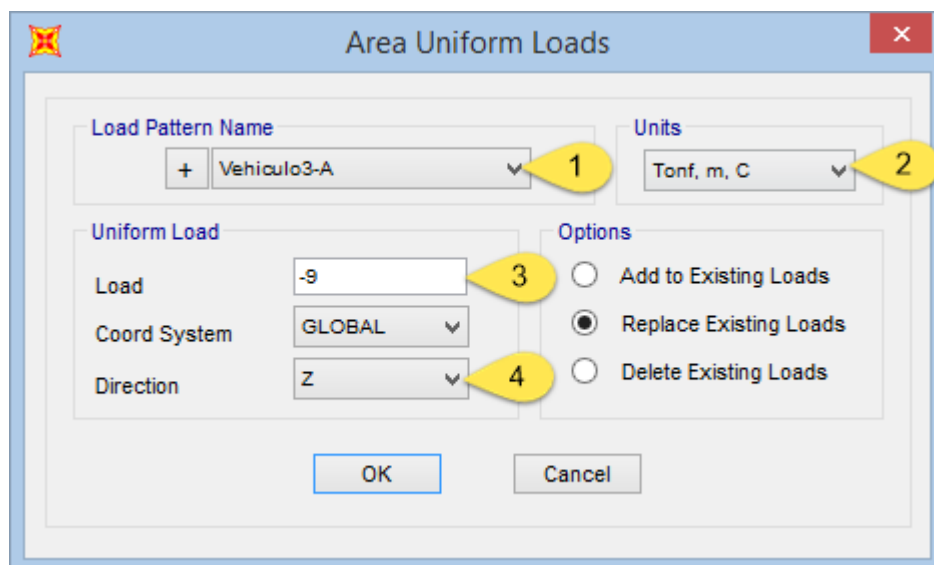
Asignar carga vehicular, seleccionar la parte central de la bóveda o techo.



Asignar cargas según el bulbo de presiones.

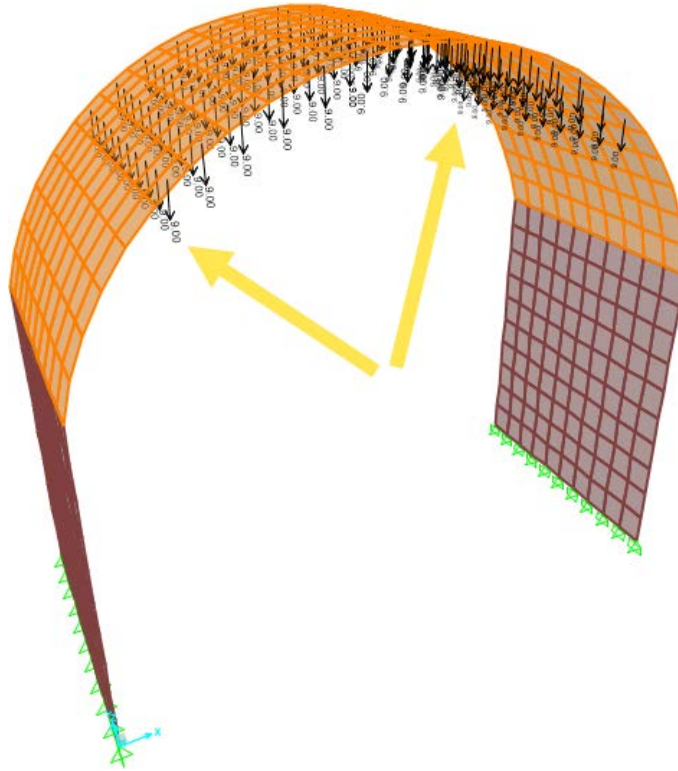


Ingresar valores de carga, según la **Ilustración 17**.

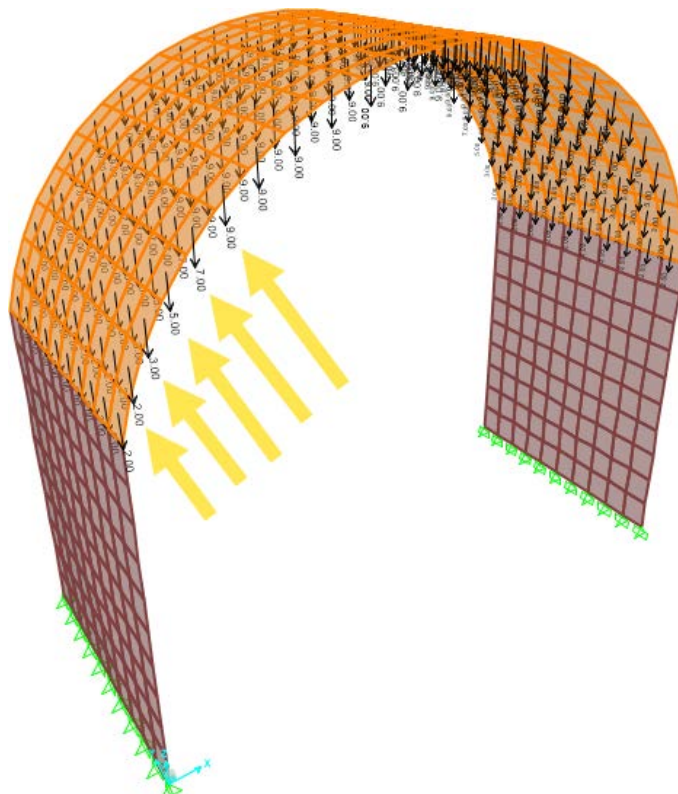




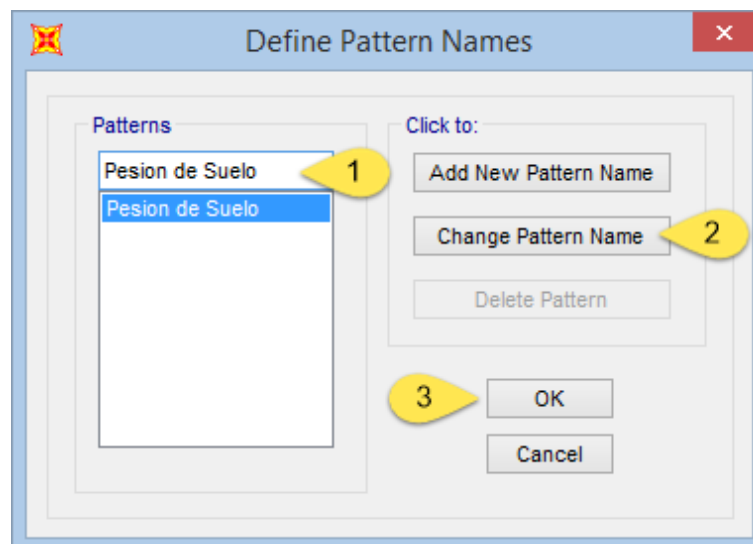
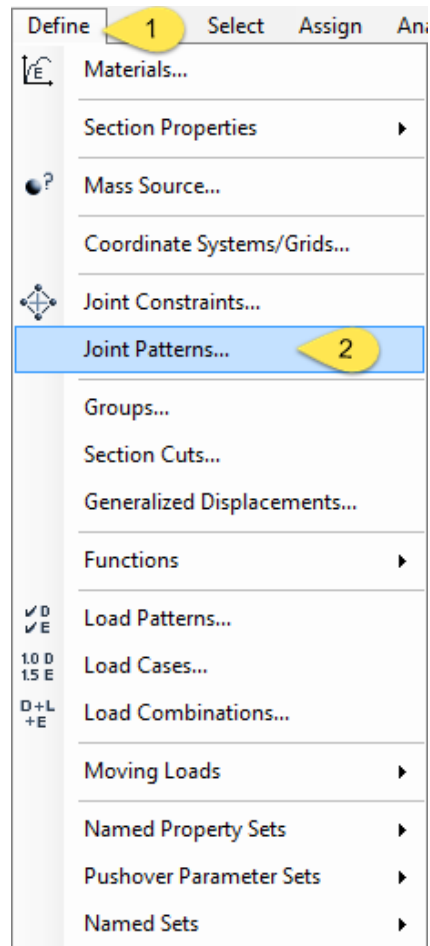
Visualización de resultados.



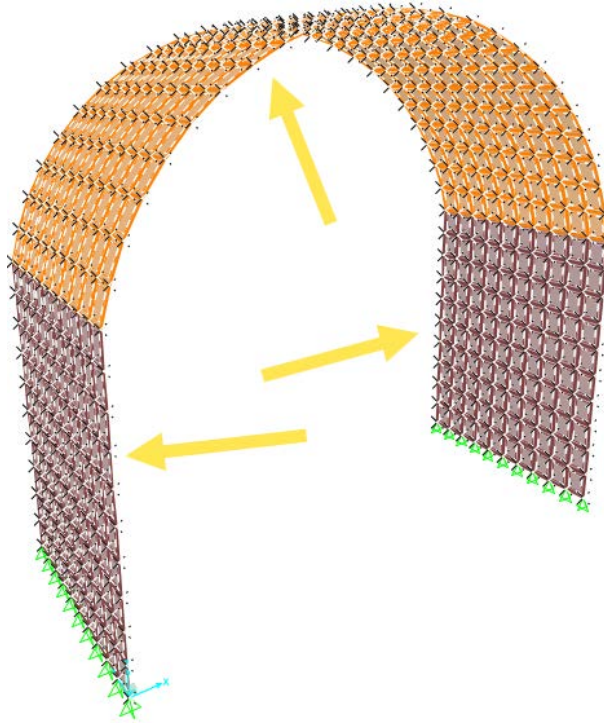
Seleccionar las áreas restantes de la bóveda y asignar cargas según el bulbo de presiones.



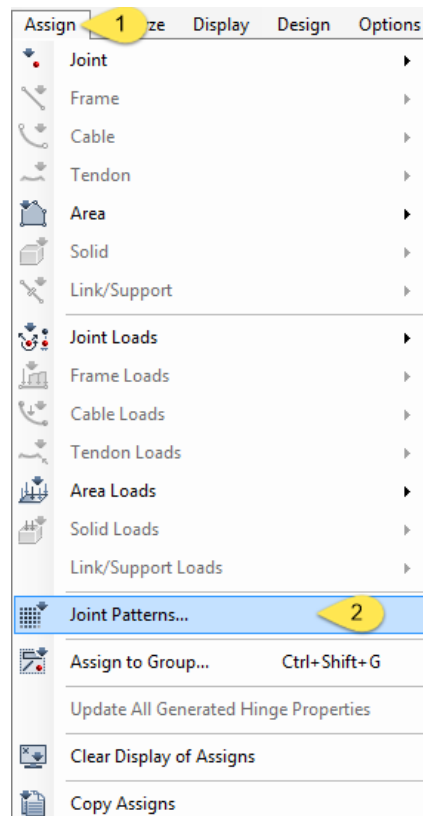
Definir Joint Patterns para presión de suelo.



Seleccionar elementos.



Asignar Join Patterns.



A nivel de la calzada la presión de suelo es cero, y en la base del colector la presión es igual a la densidad del suelo por la profundidad, valores obtenidos de la **Tabla 5** y la **Ilustración 18**.

$$\gamma = 2.6 \text{ ton/m}^3$$

$$h = 2.4 \text{ m}$$

$$C = -\gamma$$

$$C = -2.6$$

$$D = \gamma * h$$

$$D = 2.6 * 2.4$$

$$D = 6.24$$

Ingresar datos necesarios.

Pattern Data

Pattern Name: Pesion de Suelo

Pattern Assignment Type:

- X, Y, Z Multipliers (Pattern Value = Ax + By + Cz + D)
- Z Coordinate at Zero Pressure and Weight Per Unit Volume

Pattern Value = Ax + By + Cz + D

Constant A: 0.

Constant B: 0.

Constant C: -2.6

Constant D: 6.24

Restrictions:

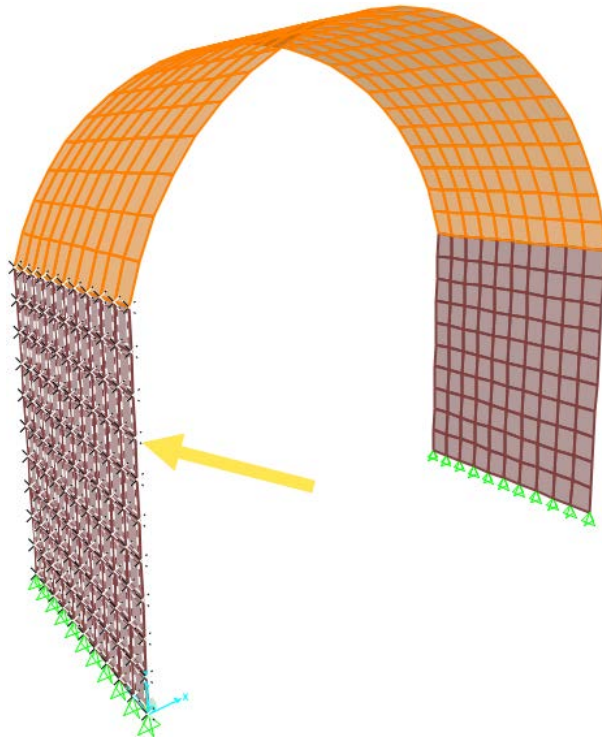
- Use all values
- Zero Negative values
- Zero Positive values

Options:

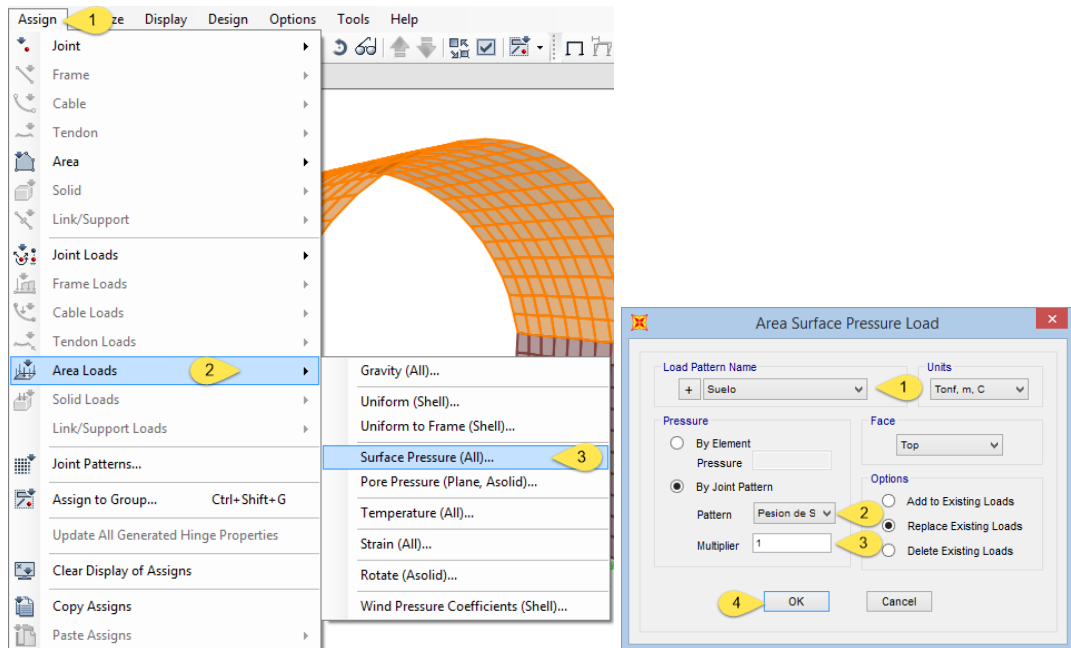
- Add to existing values
- Replace existing values
- Delete existing values

OK Cancel

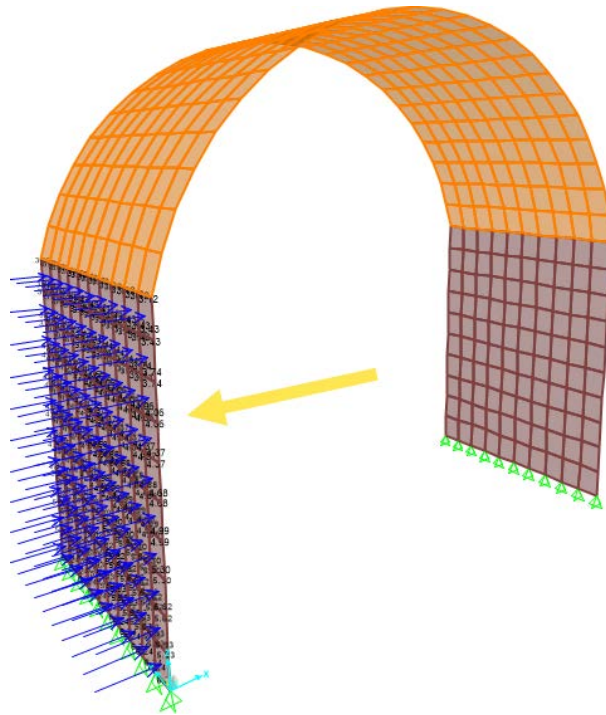
Seleccionar el muro izquierdo.



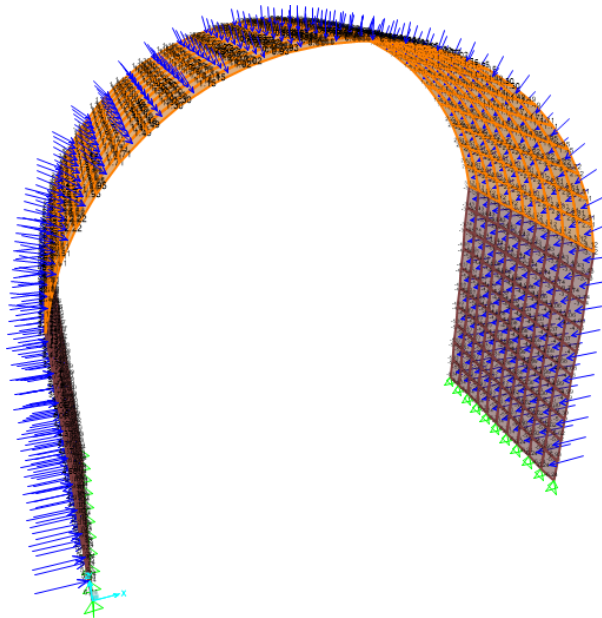
Asignar presión de suelo.



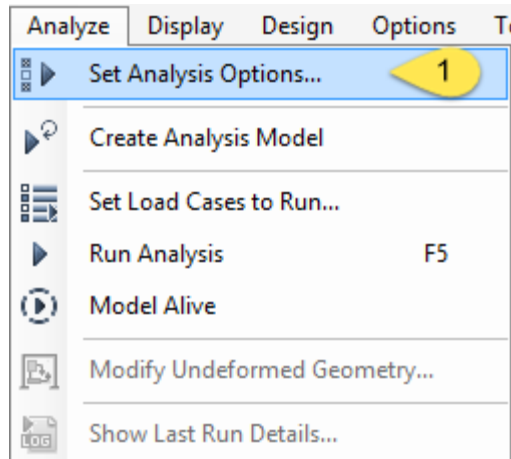
Visualización de carga de suelo.



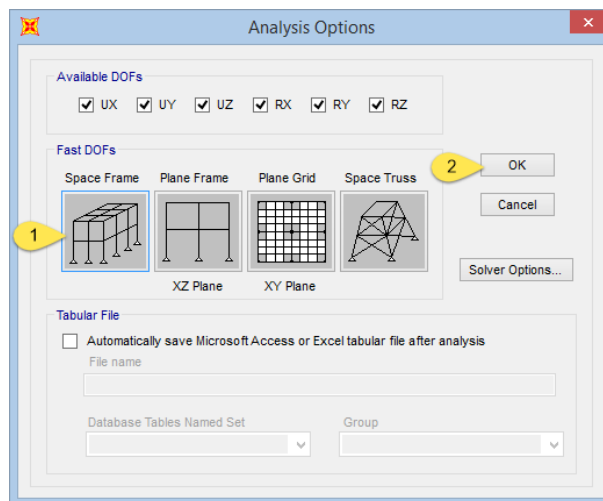
Repetir el proceso para bóveda y muro derecho. Visualización de cargas de suelo.



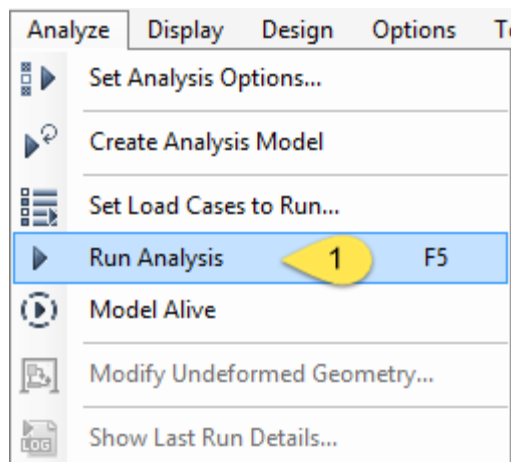
Definir opciones de análisis.



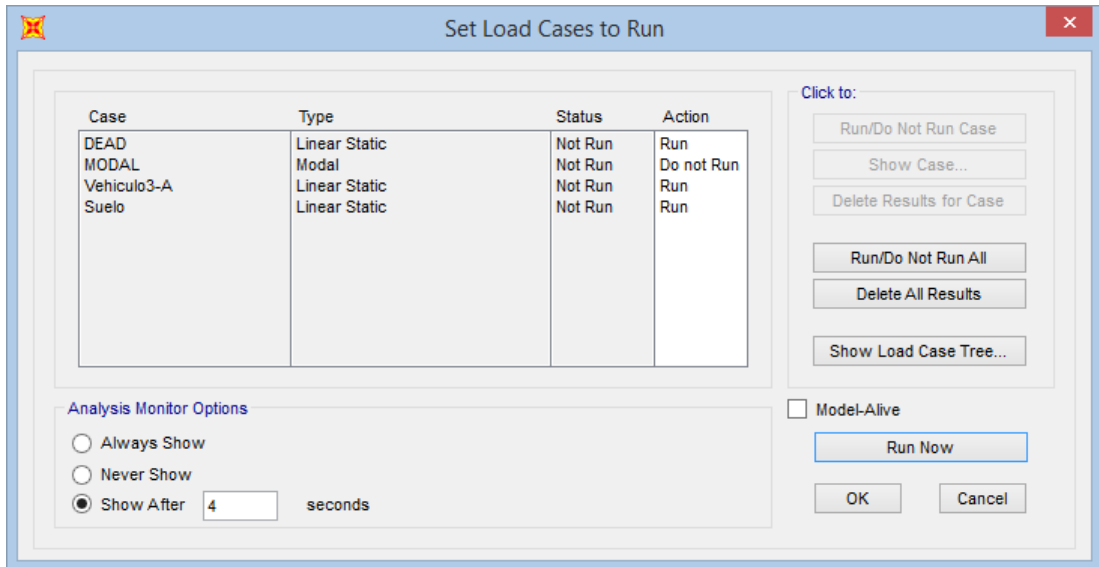
Seleccionar Space Frame, debido a que la estructura en estudio es una estructura 3D.



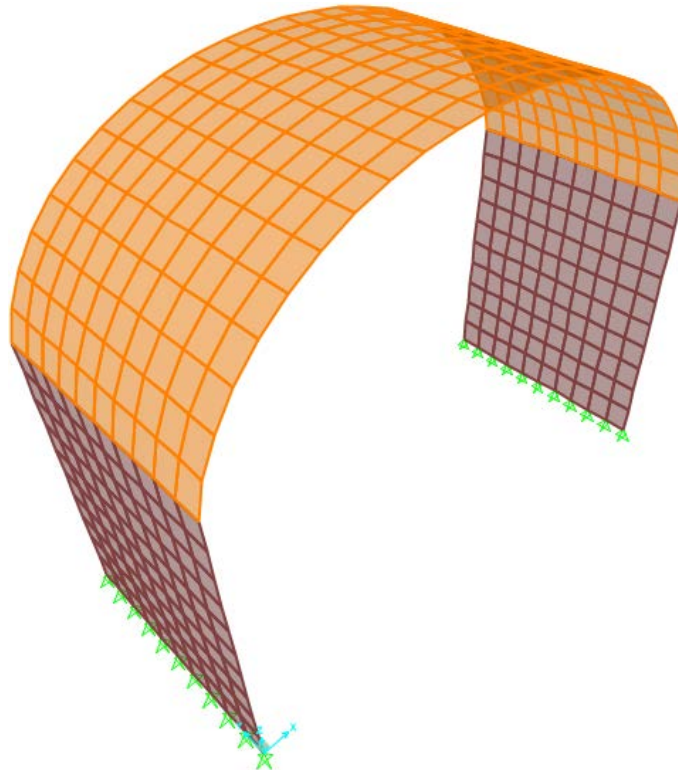
Analizar la estructura.



Desactivar el análisis modal e iniciar el análisis.

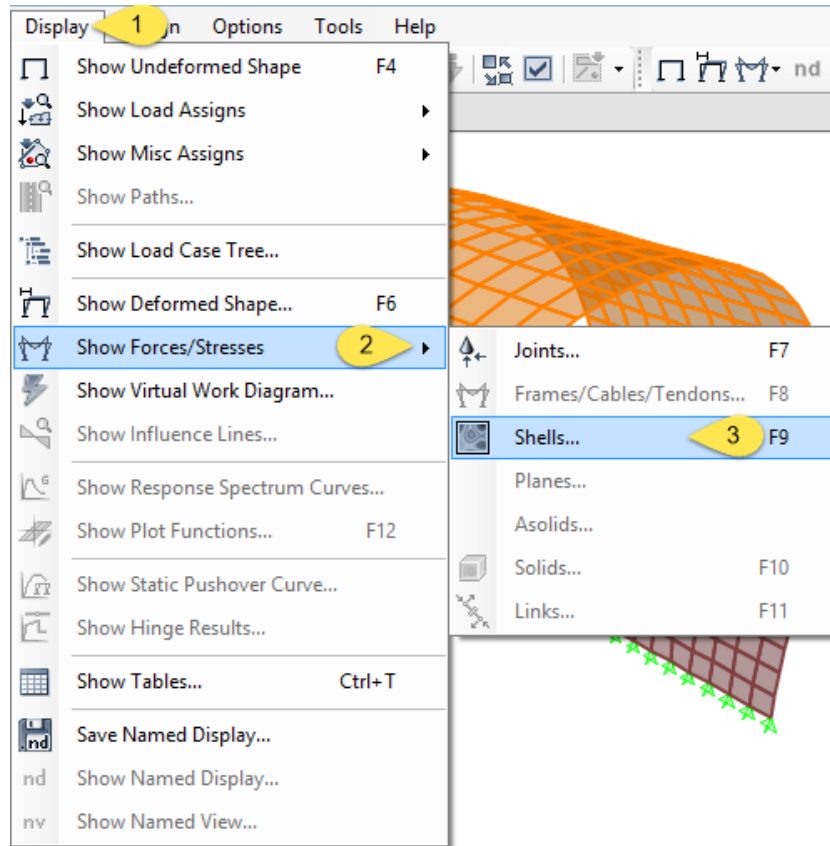


Visualización de deformación de la estructura por efectos de Carga Muerta.

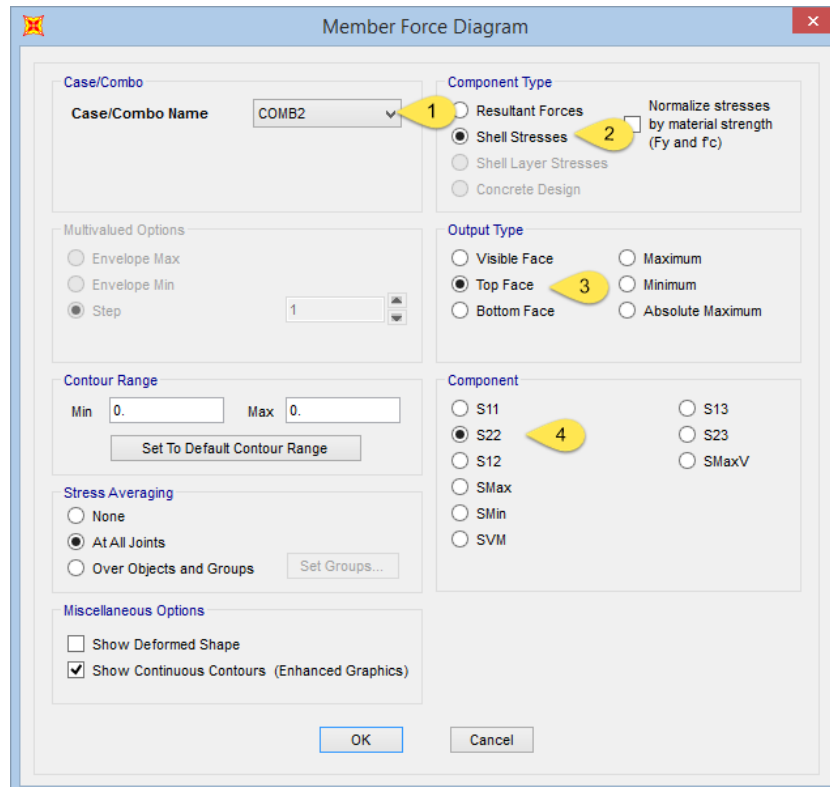




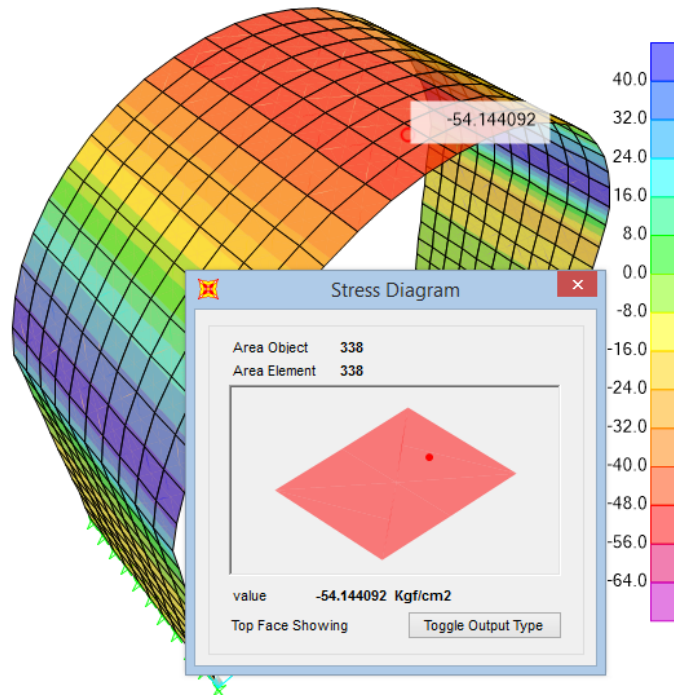
Visualizar resultados.



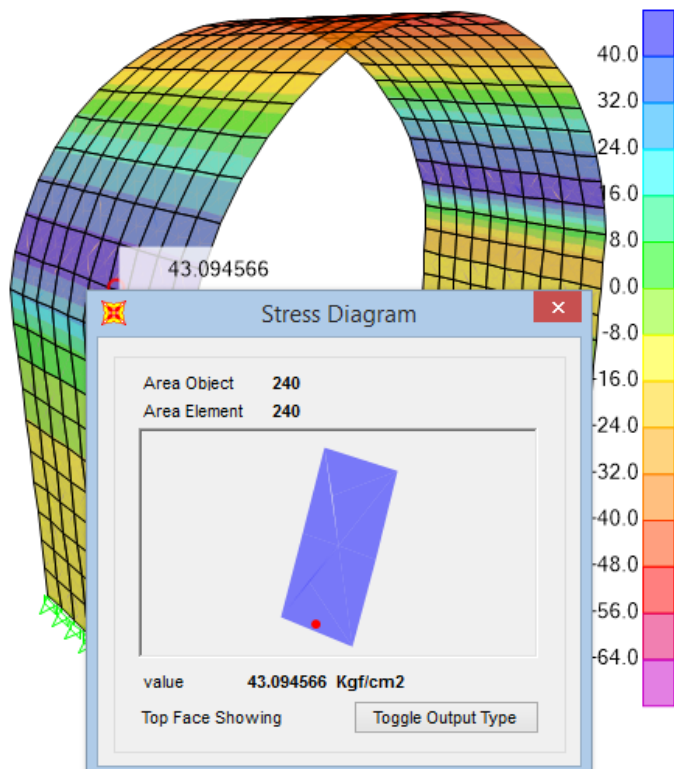
Para obtener los resultados en la cara superior de la estructura seleccionar Top Face.



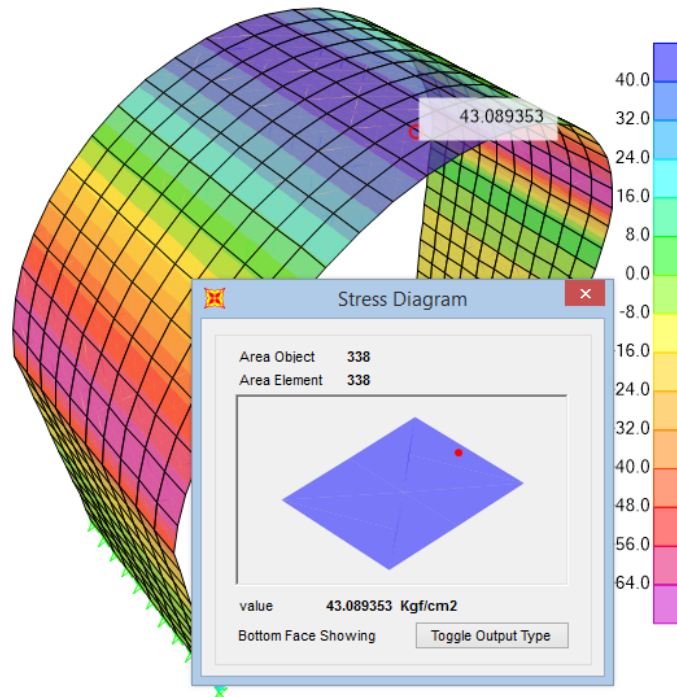
En la parte más alta de la bóveda para la COMB2 se observa un valor de compresión de  $54\text{kg/cm}^2$ , superando la resistencia a compresión del ladrillo de  $19.16\text{kg/cm}^2$ .



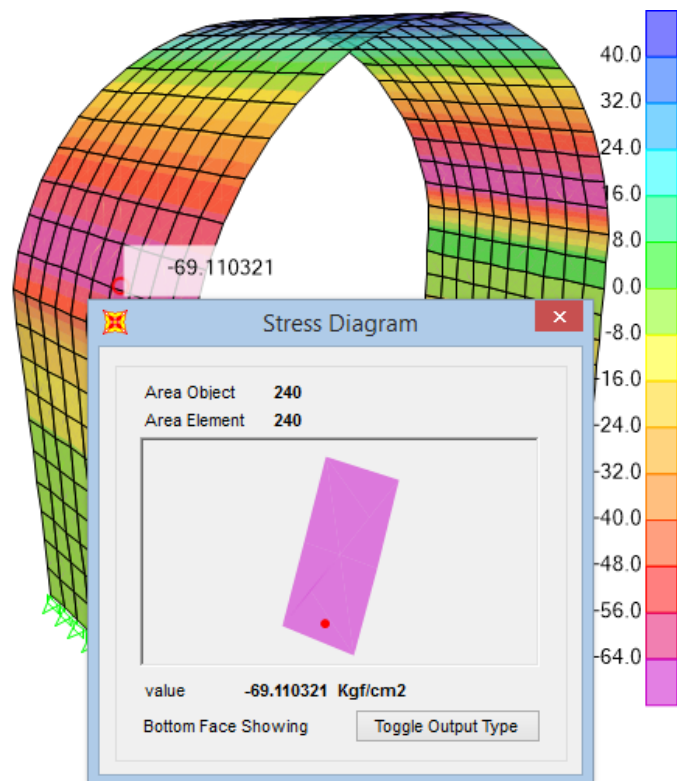
En la parte baja de la cúpula, cerca de las paredes para la COMB2 se tiene un valor de tensión de  $43\text{kg/cm}^2$ , en conclusión el ladrillo ha fracasado debido a que éste no trabaja a esfuerzos de tensión.



Para visualizar los resultados en la cara interior de la estructura, repetir el proceso y seleccionar Botton Face. En la parte más alta de la bóveda, para la COMB2 el valor de tensión es de 43kg/cm<sup>2</sup>.

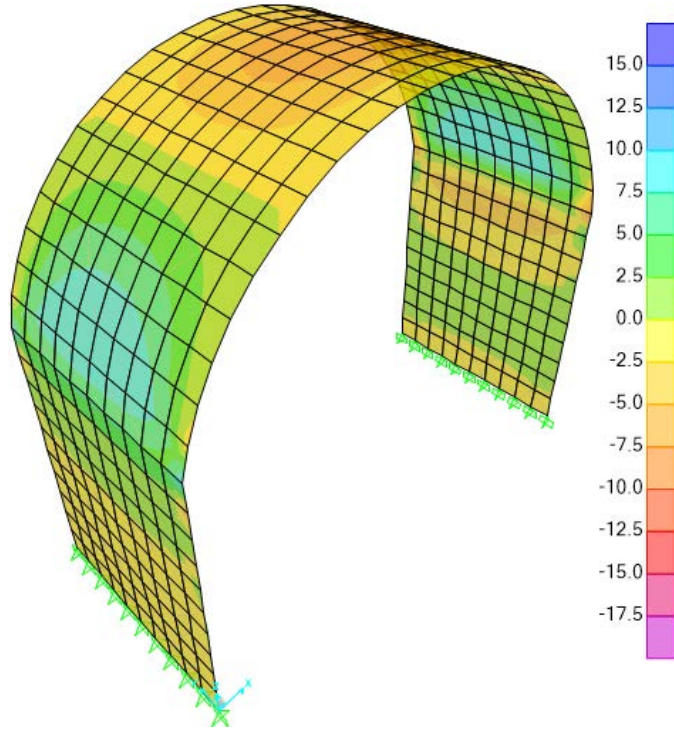


En la parte baja para la COMB2 el valor de compresión es de 69kg/cm<sup>2</sup>.

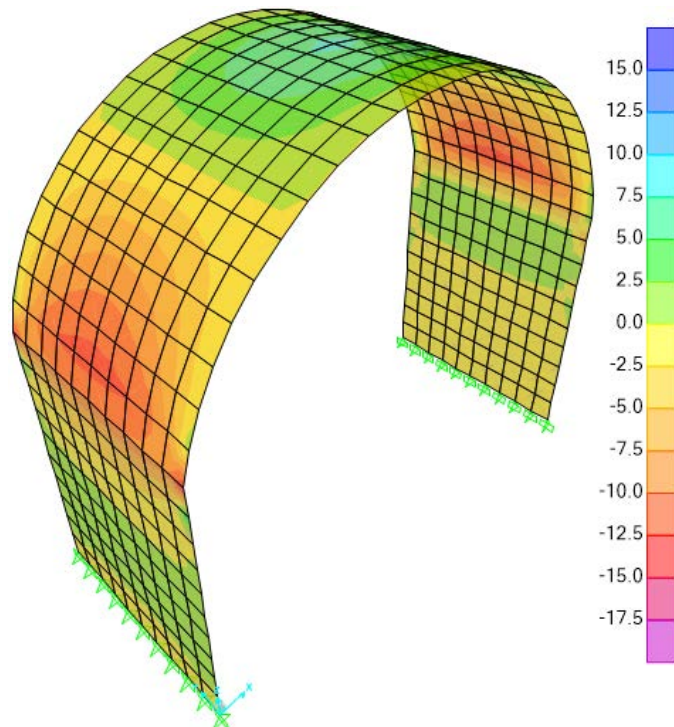


Visualización de resultados S11 para la COMB2 en kg/cm<sup>2</sup>.

Cara superior.



Cara inferior.



En Julio de 2014 se presentó uno de los varios casos de colapsos del colector sanitario El Tumbé, incidente que corrobora los resultados obtenidos con el software especializado, dejando clara la necesidad de una propuesta técnica para evitar este tipo de fallas.

**Ilustración 20:** Colapso de un tramo del colector sanitario El Tumbé



**Fuente:** Jairo Cayambe

#### **4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS**

Una vez realizado el análisis e interpretación de resultados, obtenidos mediante la lista de cotejo y el software especializado, se puede comprobar que la hipótesis planteada, **“El deterioro sufrido en el embovedado del colector sanitario El Tumbé en el Cantón Cayambe, provincia de Pichincha, a través de los años ha provocado un alto riesgo de colapso”**, es verdadera.

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

- Las condiciones actuales del embovedado del colector sanitario El Tumbe son deplorables debido a que la estructura se encuentra deteriorada.
- Existe el riesgo de colapso del embovedado del colector sanitario El Tumbe.
- El ladrillo no es un material estructural, por tal motivo no es recomendado para la construcción de colectores.
- Con el transcurrir del tiempo y el contacto permanente con el agua, el ladrillo pierde sus propiedades mecánicas provocando que se deteriore fácilmente.
- Un colector sanitario compuesto por un embovedado de ladrillo no brinda las seguridades necesarias para poder soportar cargas externas.
- El hormigón armado es el material más adecuado para la construcción de un colector, por sus excelentes características mecánicas.

#### **5.2 RECOMENDACIONES**

- Es evidente el deplorable estado de la estructura del colector sanitario El Tumbe, repararlo y reforzarlo conllevarían una gran inversión económica y aun así no brindaría las seguridades necesarias, por tal motivo no es conveniente realizar estos tipos de trabajos.
- Debido al estado actual del embovedado del colector sanitario El Tumbe, es recomendable realizar un cambio de estructura y de esta manera reducir el riesgo de colapso.

- Los materiales a utilizarse en la construcción de una determinada estructura, debe ser el adecuado, tal que pueda soportar todas las acciones que actúen sobre éste.
- Se debe proteger a la estructura del colector sanitario El Tumbé para evitar que se deteriore al contacto con el agua.
- Un colector sanitario de hormigón armado es el ideal por sus características mecánicas.

## **CAPÍTULO VI**

### **PROPUESTA**

#### **6.1 DATOS INFORMATIVOS**

##### **6.1.1 TÍTULO DE LA PROPUESTA**

Diseño estructural en hormigón armado del embovedado para el colector sanitario El Tumbe en el Cantón Cayambe, Provincia de Pichincha.

##### **6.1.2 BENEFICIARIOS**

Moradores que habitan cerca al colector sanitario El Tumbe en el Cantón Cayambe y población en general, además estudiantes y profesionales de Ingeniería Civil debido a que el presente trabajo está desarrollado para utilizarlo como fuente de consulta.

##### **6.1.3 UBICACIÓN**

Cantón Cayambe, Provincia de Pichincha.

##### **6.1.4 TIEMPO ESTIMADO PARA LA EJECUCIÓN**

El tiempo estimado es de 5 meses a partir de la aprobación del tema.



### **6.1.5 EQUIPO TÉCNICO RESPONSABLE**

DISEÑADOR: Jairo Damián Cayambe Grefa

DIRECTOR: Ing. Mg. Santiago Medina

### **6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA**

**FUENTE:** TESIS DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

**AUTOR:** FELIPE CABEZAS A.

**TEMA:** MÉTODO CONSTRUCTIVO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO EN TÚNEL APLICADO AL TRAMO 4-E PARA DESCONTAMINACIÓN DEL RIO MACHÁNGARA.

#### **CONCLUSIONES:**

- El proyecto de túneles llega a constituirse en una obra de arte que ha ido desarrollándose en base a las necesidades creadas por el hombre a lo largo del tiempo como es la captación de agua, entre otras. Es importante concluir que este arte conlleva a realizar estudios detallados para obtener resultados favorables durante la construcción del túnel. Al decir que se trata de un arte, se hace referencia a la alta capacidad de los ingenieros para retar a un macizo de roca o a un terreno blando, para ser atravesado con un medio de conducción.
- De acuerdo a los estudios a realizarse en un Proyecto de Túneles, en este caso hidráulico, se llega a concluir que este tipo de proyectos difieren de las demás obras civiles, especialmente en lo que a calidad y cantidad de estudios geológicos y geotécnicos que deberán realizarse en el sector donde se implante el túnel se refiere. Es importante recalcar que primero se deberá realizar los estudios de factibilidad del proyecto, analizando los resultados obtenidos de los estudios preliminares, buscando la mejor alternativa, con los estudios de geología y geotecnia.
- La conclusión más importante de este trabajo es que en este tipo de obras se debe definir un proceso constructivo adecuado y organizado para tener un avance eficaz en las diversas labores del proyecto. La relación que existe entre

la programación de obra y un proceso constructivo ordenado es muy grande, por lo que es importante estar seguro que cada proyecto que se realice tenga bases sólidas para que en el campo se ejecuten de una manera eficiente.

**FUENTE:** TESIS DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

**AUTOR:** LUIS ECHEVERRÍA ESTRELLA Y JORGE VINUEZA VILLAGRÁN

**TEMA:** PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE UNA GALERÍA DE CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS, BASADOS EN EL MÉTODO UTILIZADO EN LA “CONSTRUCCIÓN DE LA GALERÍA EXPLORATORIA DE GUAPULO TERCERA ETAPA”

**CONCLUSIONES:**

- Al momento de realizar una excavación es importante identificar correctamente los tipos de suelo a medida que avanzan los trabajos, esto permitirá tomar precauciones en cuanto al modo de avance y seguridad de los trabajadores, disminuyendo riesgos, accidentes e incluso optimizando tiempos de trabajo.
- El proceso constructivo de una galería exploratoria está ligado directamente al diseño y las especificaciones, pero sobre todo al método de excavación a utilizarse.
- Los estudios de suelo y la información geológica del sitio previa al inicio del proyecto y utilizada para su diseño no garantiza la realidad geológica interna del lugar, la misma que se nos presenta claramente conforme avanzan los trabajos de excavación y por lo cual es necesario y de gran importancia realizar trabajos geotécnicos periódicos a medida que se desarrolla la obra.

### **6.3 JUSTIFICACIÓN**

La propuesta mencionada anteriormente es completamente **factible**, debido a que los trabajos para la recolección de datos se pueden realizar sin mucha dificultad, como la topografía subterránea, medición de secciones, identificación de materiales, entre otras.

La aplicación de métodos y técnicas modernas para el reforzamiento de estructuras sanitarias subterráneas presentadas en esta propuesta, serán un gran **aporte investigativo** para la facultad de ingeniería civil y mecánica, además de ser un confiable punto de partida para futuras investigaciones.

El concreto reforzado u hormigón armado es una combinación de concreto y acero en la que el refuerzo de acero proporciona la **resistencia** a la tensión de que carece el concreto.

El concreto reforzado es probablemente el material **disponible** más importante en la construcción. Puede usarse de una u otra forma para casi **todas las estructuras**, grandes o pequeñas, en edificios, puentes, pavimentos, presas, muros de retención, túneles, instalaciones de drenaje e irrigación, tanques, etc.

El gran éxito de este material universal en la construcción puede entenderse fácilmente si se consideran sus numerosas **ventajas**:

- Tiene una resistencia considerable.
- El concreto reforzado tiene una gran resistencia a las acciones del fuego y agua.
- Las estructuras de concreto reforzado son muy rígidas.
- Requieren poco mantenimiento.
- Tiene una larga vida de servicio bajo condiciones apropiadas.
- Una característica especial del concreto es la posibilidad de colocarlo en una variedad extraordinaria de formas que van desde simples losas, vigas y columnas, hasta grandes arcos y cascarones.
- Se requiere mano de obra de baja calificación para su montaje. (McCormac, 2011).

## **6.4 OBJETIVOS**

### **6.4.1 OBJETIVO GENERAL**

- Diseñar la estructura en hormigón armado del embovedado para el colector sanitario El Tumbe en el Cantón Cayambe, Provincia de Pichincha

### **6.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar los estudios preliminares.
- Determinar las solicitaciones de carga e hidráulicas.
- Determinar el diseño estructural sismo-resistente.
- Proveer planos de construcción.

## **6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD**

El GADM de Cayambe considera que es de vital importancia realizar un cambio de la estructura del colector sanitario, de igual manera el Cuerpo de Bomberos de Cayambe, quienes brindaran el personal técnico y equipos necesarios para la inspección y toma de datos, por ende la propuesta presentada es completamente factible.

## **6.6 FUNDAMENTACIÓN**

### **6.6.1 OBRAS SUBTERRÁNEAS**

#### **6.6.1.1 ORÍGENES Y EVOLUCIÓN**

Los romanos dominaron el arte de los túneles, sobre todo los de carácter hidráulico, como lo demuestran las redes de acueductos que llevaban agua a las grandes ciudades, resolvían el desagüe de sus casas y calles, mediante la construcción de cloacas, un ejemplo es la Cloaca Máxima. (Estruch, 2003).

**Ilustración 21: Cloaca Máxima**



**Fuente:** [www.artehistoria.jcyl.es](http://www.artehistoria.jcyl.es)

En el año 1370 en París se construye la primera alcantarilla cubierta y revestida con mampostería. Durante el siglo XX se construyen más de 1000km de nuevas obras. Actualmente la red de alcantarillado de París es única en el mundo con 2100km de galerías técnicas. ([www.viajeuniversal.com](http://www.viajeuniversal.com), 2006).

**Ilustración 22: Alcantarillado de París**



**Fuente:** [www.viajeuniversal.com](http://www.viajeuniversal.com)

La ingeniería sanitaria ha tenido una notable evolución en proyectos relacionados a la conducción de aguas servidas (alcantarillado sanitario), siendo uno de los más destacables el proyecto G-Cans en Tokio.

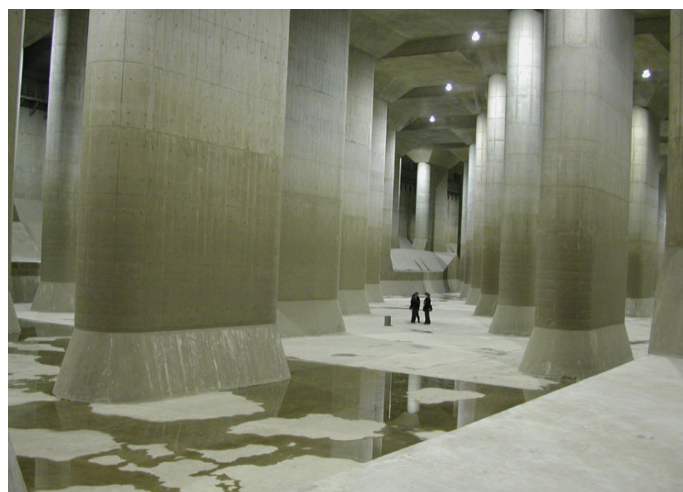
El proyecto se despliega a lo largo de 6.4 kilómetros de túneles que conectan los 5 silos de hasta 65 metros de altura, a una profundidad de 50 metros bajo la superficie de la ciudad. Siendo este alcantarillado es el más sofisticado del mundo, también es conocido como “La Catedral”, debido al aspecto que presenta sus gigantescas columnas de más de 20 metros de altura. (es.wikiarquitectura.com, 2013).

**Ilustración 23:** Túnel de conducción G-Cans Project



**Fuente:** es.wikiarquitectura.com

**Ilustración 24:** Tanque G-Cans Project



**Fuente:** es.wikiarquitectura.com

## 6.6.2 TOPOGRAFÍA

Es la ciencia que determina las dimensiones y el contorno de la superficie de la tierra a través de la medición de distancias, direcciones y elevaciones. Define también las líneas y niveles que se necesitan para la construcción de edificios, caminos, presas y otras estructuras. Además incluye el cálculo de áreas, volúmenes y otras cuantificaciones, así como la elaboración de los diagramas y planos necesarios. (McCormac, 2010).

### 6.6.2.1 TOPOGRAFÍA SUBTERRÁNEA

Se realiza en dos actividades de la ingeniería, la minería y las obras civiles (túneles, lumbreras, caja de máquinas en plantas hidroeléctricas, etc.). Para estas condiciones de trabajo es necesario adoptar otros instrumentos y una actitud mental hacia estas tareas, pues en ocasiones se realizan en condiciones adversas. (Alcántara, 2007).

### 6.6.2.2 PLANIMETRÍA SUBTERRÁNEA

#### LEVANTAMIENTO DE SUPERFICIE PREVIO

En toda exploración subterránea se debe disponer de un plano de superficie con todo detalle, por lo tanto, toda la superficie de la concesión de explotación debe ser objeto de un levantamiento topográfico siguiendo los métodos clásicos o por fotogrametría aérea. (Estruch, 2003).

**Ilustración 25:** Levantamiento topográfico con Estación Total



**Fuente:** [www.directindustry.es](http://www.directindustry.es)

## LEVANTAMIENTO DE LA RED BÁSICA

Debido a la estrechez, irregularidad y gran longitud de los trabajos subterráneos, no es posible utilizar para la red de apoyo el método de triangulación, por lo que, obligatoriamente, deberemos emplear el método de poligonación. (Estruch, 2003).

### POLIGONACIÓN INTERIOR

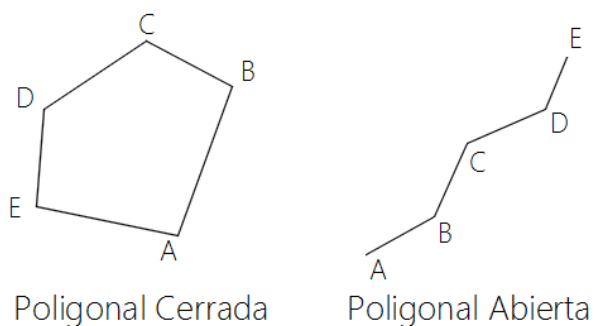
La poligonación es un método de levantamiento de control. Una serie de puntos de control (estaciones), intervisibles con respecto a sus estaciones adyacentes, se escoge para cumplir las demandas del levantamiento. Las líneas que unen esas estaciones son los lados de una poligonal. El levantamiento consiste entonces en la medición de:

- Ángulos entre líneas sucesivas (o rumbo de cada línea)
- Longitud de cada línea

Establecidas las coordenadas de la primera estación y el rumbo de la primera línea, pueden calcularse las coordenadas de todos los puntos sucesivos.

Si la figura que forman las líneas cierra en una estación, se dice que se tiene una poligonal cerrada. Se llama poligonal abierta la que inicia en una estación A y termina en una estación E de coordenadas no conocidas. (Bannister, 2002).

**Ilustración 26:** Tipos de poligonales



**Fuente:** Jairo Cayambe



## **ESTACIONES TOTALES**

Hoy en día, las estaciones totales son el método de campo más común para obtener la configuración topográfica. Con estos instrumentos el topógrafo puede medir de manera simultánea las direcciones y distancias inclinadas y efectuar los cálculos de las componentes verticales y horizontales de las distancias, así como las elevaciones y las componentes X e Y de los puntos visados. (McCormac, 2010).

**Ilustración 27:** Levantamiento subterráneo con estación total



**Fuente:** [www.devenpeck.com](http://www.devenpeck.com)

### **6.6.2.3 ALTIMETRÍA SUBTERRÁNEA**

La red altimétrica, al igual que la planimetría, se distribuye en el exterior, en el interior y en el enlace de ambas, con la medida de la profundidad de los pozos de acceso al interior de la mina. (Estruch, 2003).

### **MEDIDA DE LA PROFUNDIDAD DE LOS POZOS**

Las operaciones aritméticas para el enlace de la red exterior con la del interior se reducen a la medida de la profundidad de los pozos, bien hasta el fondo o hasta los puntos de apoyo en los distintos pisos de galerías.

Los procedimientos y métodos a ocuparse para la obtención de la medida de la profundidad de los pozos están ligados directamente a la profundidad de éstos, pudiendo utilizarse una cinta metálica para pozos poco profundos. (Estruch, 2003).

**Ilustración 28:** Cinta metálica



**Fuente:** [www.stanleyworks.es](http://www.stanleyworks.es)

### **6.6.3 ESTUDIOS GEOTÉCNICOS**

Las grandes obras civiles de infraestructura: vías terrestres, presas, puertos marítimos, túneles, etc. Son preponderantes dentro de la vida económica de un país. El buen funcionamiento de estas obras depende en gran medida de la forma en que fueron construidas y geotécnicamente adaptadas a las condiciones geológicas del terreno, al grado de que para fines de cálculo se tienda a considerar a las masas de roca o suelo como parte integrante de la estructura por construir.

De ahí que los conocimientos teóricos de la geología, en la práctica, sean fundamentales para resolver problemas que se presentan en obras de ingeniería civil. (Ruiz, 2010).

#### **6.6.3.1 TIPOS DE SUELO**

Para estudiar un material complejo como el suelo (con diferente tamaño de partículas y composición química) es necesario seguir una metodología con definiciones y

sistemas de evaluaciones de propiedades, de forma que se constituya un lenguaje fácilmente comprensible por los técnicos de diferentes especialidades y países, Así, se han clasificado los suelos en cuatro grandes grupos en función de su granulometría.

- Gravas.
- Arenas.
- Limos.
- Arcillas. (Vallejo, 2002).

### 6.6.3.2 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Este método consiste en separar una muestra de suelo convenientemente seleccionada en grupos de partículas que tienen el mismo rango de tamaños lo que se logra con la utilización de tamices. Las aberturas están estandarizadas. (Mantilla, 2000).

**Ilustración 29:** Análisis granulométrico

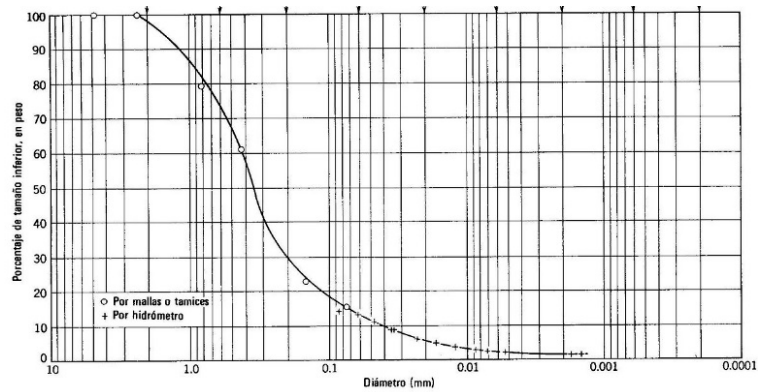


**Fuente:** [blogsuelos.blogspot.com](http://blogsuelos.blogspot.com)

### REPRESENTACIÓN GRANULOMÉTRICA

Los gráficos deberán realizarse en papel semilogarítmico de cuatro ciclos, en la escala vertical se coloca el porcentaje que pasa y en la escala logarítmica de cuatro ciclos se coloca el tamaño que puede ser en pulgadas, centímetros o número de los tamices. (Mantilla, 2000).

**Ilustración 30:** Curva granulométrica



Fuente: es.wikipedia.org

### 6.6.3.3 CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Dada la gran variedad de los suelos que se presentan en la naturaleza, La Mecánica de Suelos ha desarrollado algunos métodos de clasificación de los mismos. Cada uno de estos métodos tiene, prácticamente, un campo de aplicación según la necesidad y uso que lo haya fundamentado.

Hoy día es casi aceptado por la mayoría que el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) es el que mejor satisface los diferentes campos de aplicación de la mecánica de suelos. (Crespo, 2010).

Este sistema fue presentado por Arthur Casagrande y se detalla en la sección **ANEXO N.-1**.

### 6.6.4 TÚNELES

Un túnel es una obra lineal subterránea abierta artificialmente sobre el terreno, cuyo objetivo funcional es el de establecer la comunicación más directa posible entre dos lugares.

En Ingeniería Civil, el túnel es una estructura singular que se integra en un macizo para formar parte del trazado de una vía de comunicación (carretera o ferrocarril), de una

galería o pozo de conducción hidráulica (suministro de agua o redes de alcantarillado), o de una galería o pozo de servicio (gas, teléfono, electricidad, etc.). (Priego, 2012).

#### **6.6.4.1 SISTEMA DE ALCANTARILLADO**

Se hace necesaria la excavación de túneles en los sistemas de alcantarillado cuando la profundidad es excesiva para la excavación de zanjas o cuando no se puede afectar a la superficie. Las ciudades tienden a ampliar y modificar sus redes de saneamiento que ya no vierten directamente a un río o al mar, sino que deben pasar por las plantas depuradoras. La sustitución o ampliación de tramos ya antiguos y sin capacidad suficiente a menudo se realiza con túneles más profundos. (Estruch, 2003)

**Ilustración 31:** Alcantarillado de Paris



**Fuente:** [www.paris.es](http://www.paris.es)

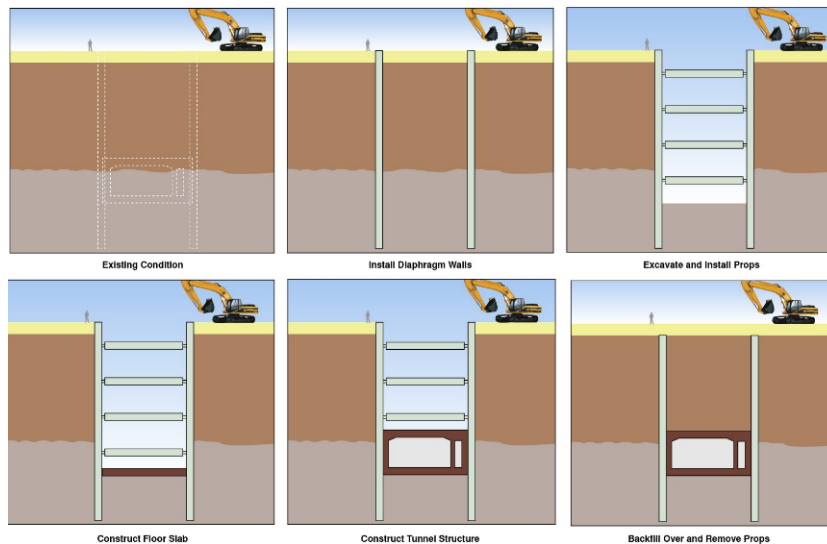
#### **6.6.4.2 SISTEMAS CONSTRUCTIVOS**

Todas las posibilidades actuales de construcción de túneles se pueden reunir en dos grupos: Ejecución a cielo abierto y Subterráneo. (Priego, 2012).

##### **EJECUCIÓN A CIELO ABIERTO “CUT AND COVER”**

Es la construcción de un túnel con técnicas de los trabajos a cielo abierto, consiste en abrir el terreno desde la superficie, construir lo que posteriormente será el túnel, cubrir el terreno excavado y restituirle como estaba en su estado original. (Priego, 2012).

### Ilustración 32: Método “Cut and Cover”



Fuente: portoimagem.wordpress.com

## EJECUCIÓN SUBTERRÁNEA

La primera dificultad a resolver, es la estabilidad del túnel a corto y largo plazo. El primer planteamiento es la realización de la excavación a sección completa o a secciones parciales, para evitar el colapso del túnel debido a hundimientos o a falta de estabilidad del frente de excavación. (Priego, 2012).

## MÉTODOS DE EXCAVACIÓN

Según la naturaleza del terreno se puede atacar la excavación del túnel con una sección más o menos grande.

La roca permitirá el ataque a sección completa; sin embargo, los terrenos sueltos (arenas, gravas) sólo permitirán avanzar mediante pequeñas secciones y provistos de blindaje. (Estruch, 2003).

- Método Ingles
- Método Belga
- Método Austriaco
- Método Alemán

### 6.6.4.3 OPERACIONES BÁSICAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE UN TÚNEL

En cualquier sistema de construcción de un túnel se puede hablar de cuatro operaciones básicas:

- Arranque
- Carga
- Transporte
- Sostenimiento

#### ARRANQUE MANUAL

Se realiza mediante herramientas neumáticas, de potencia ligera o media, que van provistas de picas o paletas según la dureza del terreno. Con ellas se rompe el frente o se perfila, como complemento a otros sistemas. (Estruch, 2003).

**Ilustración 33:** Perforación con rotomartillo



**Fuente:** (Cabezas, 2011).

#### CARGA MANUAL

En casos extremos de sección mínima o en facés de sección mínima, no hay más remedio que cargar manualmente el escombros. (Estruch, 2003).

### **Ilustración 34: Carga Manual**



**Fuente:** (Echeverría, 2010).

## **TRANSPORTE**

El transporte sobre vías y carreta son alternativas que se pueden considerar en secciones pequeñas. (Estruch, 2003).

### **Ilustración 35: Carretas**



**Fuente:** (Echeverría, 2010).

## **SOSTENIMIENTO CON CERCHAS**

Son viguetas de acero de sección en H y curvadas a la sección transversal del proyecto del túnel. Si hay roca poco compacta o suelta entre dos secciones con cerchas, se pueden añadir tablonés. (Estruch, 2003).



**Ilustración 36:** Cerchas metálicas con entibado de madera



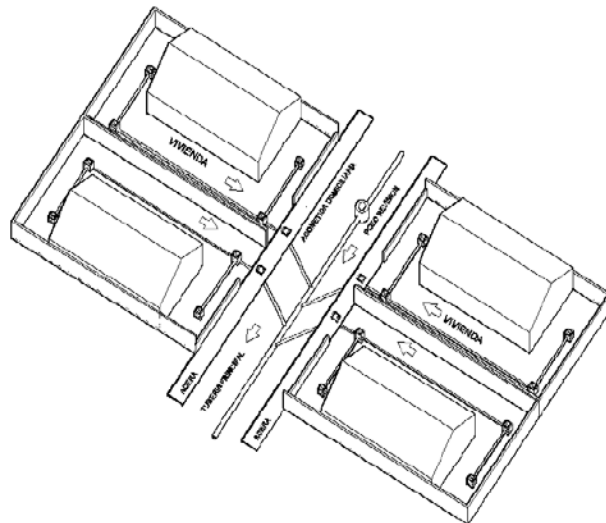
**Fuente:** (Cabezas, 2011).

## 6.6.5 DISEÑO HIDRÁULICO

### 6.6.5.1 ALCANTARILLADO SANITARIO

Conjunto de tuberías que conducen todas las aguas residuales (constituidas por aguas domésticas, comerciales e industriales), desde las zonas urbanas hacia los sitios de tratamiento. (Moya, 2014).

**Ilustración 37:** Esquema general de un alcantarillado sanitario



**Fuente:** (Moya, 2014).

### 6.6.5.2 AGUAS RESIDUALES O NEGRAS

Fundamentalmente son las aguas de abastecimiento de una población, después de haber sido impurificadas por diversos usos. Desde el punto de vista de su origen, resultan de la combinación de los líquidos o desechos arrastrados por el agua, procedentes de las casas, edificios comerciales e instituciones, junto con los provenientes de los establecimientos industriales, y las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que puedan agregarse. La cantidad o volumen de aguas negras que se produzcan varía de acuerdo con la población. (Falcon, 1964).

### 6.6.5.3 PARÁMETROS DE DISEÑO

#### PERÍODO DE DISEÑO

El período de diseño es el número de años durante los cuales una obra determinada prestará con eficiencia el servicio para la que fue diseñada. (Aguilar, 2004)

En ningún caso se proyectará obras definitivas con periodos menores que 20 años.

**Tabla 6:** Período de diseño

<b>FUNCIÓN DE:</b>	<b>PERÍODO DE DISEÑO (AÑOS)</b>
<b>Población:</b>	
1 000 - 15 000	15
15 000 - 50 000	15 - 20
> 50 000	> 20
<b>Componentes y/o Equipos:</b>	
Tuberías principales y secundarias	20 – 30
Colectores y emisarios	30 - 50
Equipos mecánicos	5 - 10
Equipos eléctricos	10 - 15
Equipos con combustión	5 - 10

**Elaborado por:** Jairo Cayambe

**Fuente:** Norma Boliviana

## **POBLACIÓN DE DISEÑO**

### **TENDENCIA POBLACIONAL Y TASA DE CRECIMIENTO**

La tendencia poblacional y la tasa de crecimiento, será determinado mediante el estudio demográfico de la zona de influencia del sitio del proyecto o mediante la correlación geográfica, con un área demográfica que disponga de datos y tenga semejanza con el sitio de estudio. Para analizar la tasa de crecimiento, podemos utilizar los métodos estadísticos tradicionales. (Moya, 2014).

#### **Método aritmético**

$$P_f = P_a(1 + i * t)$$

#### **Método geométrico**

$$P_f = P_a(1 + i)^t$$

Dónde:

- $P_f$  = Población final (hab)
- $P_a$  = Población inicial (hab)
- $i$  = Tasa de crecimiento (decimal)
- $t$  = Período de tiempo considerado (años)

## **POBLACIÓN ACTUAL Y POBLACIÓN DE DISEÑO**

### **POBLACIÓN ACTUAL**

Se refiere al número de habitantes dentro del área del proyecto que debe ser determinado mediante un censo poblacional y/o estudio socio-económico.

Se aplicara datos estadísticos de Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC para determinar la población actual.

En el caso de determinar la población de un área representativa, por cualquiera de los procedimientos señalados, esta deberá transformarse en densidad poblacional y finalmente multiplicarse por el área total del proyecto, con el cual se dispondrá de la población actual total.

$$D_{pob} = \frac{Población}{Área\ proyecto}$$

Dónde:

$D_{pob}$  = Densidad poblacional

## **POBLACIÓN DE DISEÑO**

Es el número de habitantes que se tendrá al final de periodo o etapa de diseño.

Para el cálculo de la población futura se harán las proyecciones de crecimiento utilizando por lo menos tres métodos conocidos, que permitan establecer comparaciones que orienten el criterio del proyectista. La población futura se escogerá finalmente tomando en consideración aspectos económicos, geopolíticos y sociales que influyan en los movimientos demográficos.

## **CAUDAL DE DISEÑO PARA EL ALCANTARILLADO SANITARIO**

El caudal de diseño es el valor que considera a todos los componentes de un caudal sanitario presente en una determinada zona del proyecto. Este valor deberá ser considerado como acumulativo, de acuerdo a la diagramación que el calculista considere como factible de acuerdo a las condiciones topográficas del proyecto. (Moya, 2014).

## **CONSUMO DIARIO**

Para determinar el consumo diario se tomó en cuenta la cantidad de agua que se utiliza en una vivienda familiar, utilizándolo esencialmente para aseo, alimentación y uso de sanitario.

Estos valores se obtuvieron de una estimación de consumo de agua, realizado en las aulas de la FICM en la asignatura de Agua Potable.

**Tabla 7: Consumo diario**

<b>DOTACIÓN BÁSICA</b>	
<b>Tipo de uso</b>	<b>Volumen de Agua (lt/hab/día)</b>
Bebida y cocina	20
Lavado de ropa	30
Uso de sanitario	40
Aseo personal	30
Otros	40
Total	160

**Elaborado por: Jairo Cayambe**

### **CAUDAL MEDIO DIARIO SANITARIO**

El caudal medio diario sanitario o denominado caudal doméstico, será producto del consumo del caudal de agua potable utilizado en las actividades domésticas, comerciales o institucionales, menos el volumen de pérdidas. Este valor se tabula como un coeficiente de retorno “C” que varía entre 60% y 80%. (Moya, 2014).

$$Q_{mds} = C * Q_{md}(A.P.)$$

Dónde:

$Q_{mds}$  = Caudal medio diario sanitario (lt/s)

$C$  = Coeficiente de retorno (60% - 80%)

$Q_{md}(A.P.)$  = Caudal medio diario de agua potable (lt/s)

### **CAUDAL INSTANTÁNEO**

Es el caudal medio diario sanitario multiplicado por un factor de mayoración (punta) “M” y cuyo valor varía de acuerdo al criterio del autor de la formula.

Este factor de mayoración nos transforma al caudal medio diario, como caudal máximo horario. (Moya, 2014).

$$Q_i = M * Q_{mds}$$

Dónde:

$Q_i$  = Caudal instantáneo en (lt/s)

$M$  = Coeficiente de mayoración

$Q_{mds}$  = Caudal medio diario sanitario (lt/s)

### HARMON

Es más aplicado para zonas urbanas, análisis en función de la población.

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}}$$

$$2.0 \leq M \leq 3.8$$

### BABIT

Es más aplicado para zonas rurales.

$$M = \frac{5}{P^{0.2}}$$

Dónde:

$P$  = Población en miles

### PÖPEL

Es más aplicado para grandes ciudades.

**Tabla 8:** Caudal instantáneo según Pöpel

Poblaciones en miles	Coeficiente M
<5	2.4 - 2.0
5 - 10	2.0 - 1.85
10 - 50	1.85 - 1.60
50 - 250	1.60 - 1.33
> 250	1.33

**Elaborado por:** Jairo Cayambe

**Fuente:** (Moya, 2014).

## CAUDAL POR INFILTRACIÓN

El caudal por infiltración será determinado considerando básicamente la variación del nivel freático sobre la solera de la tubería de alcantarillado, su recarga natural por el accionar de las precipitaciones y filtración a la zanja de base a su permeabilidad del suelo circundante.

A esto debe añadirse el tipo de tubería y el sistema de unión, que para el caso local, se utiliza tubería de hormigón simple o armado y tubería de PVC, con uniones de mortero de cemento o pegante y uniones elestométricas (caucho). (Moya, 2014).

$$Q_{inf} = I * L$$

Dónde:

$Q_{inf}$  = Caudal por infiltración (lt/s)

$I$  = Valor de infiltración (lt/s/m)

$L$  = Longitud de la tubería (m)

**Tabla 9:** Valor de infiltración (lt/s/m)

Nivel	Tubos H°S°		Tubos PVC	
	Mortero de H°S°	Caucho	Pegante	Caucho
Bajo	0.0005	0.0002	0.0001	0.00005
Alto	0.0008	0.0002	0.00015	0.0005

**Elaborado por:** Jairo Cayambe

**Fuente:** Norma Boliviana

## CAUDAL POR CONEXIONES ERRADAS

Este caudal por conexiones erradas o ilícitas, se refiere al incremento de volumen por parte pluviométrica en las viviendas, a través de las rejillas de piso. (Moya, 2014).

$$Q_e = (5\% - 10\%) * Q_i$$

Según EX IEOS, en sus normas tentativas de diseños de sistemas de alcantarillado, se recomienda asumir un valor, que se indica a continuación, como producto de mediciones realizadas en varios proyectos, pero en ninguno de los casos deberá reemplazar el criterio del calculista.

$$Q_e = 80 \text{ lt/hab/dia}$$

### **CAUDAL MÁXIMO EXTRAORDINARIO**

La norma mexicana, considera que el caudal máximo extraordinario es la cantidad de agua residual que se obtiene como aporte de las aguas lluvias caídas en los patios, cubiertas, etc. Y que no forman parte de una descarga sanitaria normal.

Reemplazando al caudal por infiltraciones y por conexiones erradas, que en cierta manera han dejado de ser valores reales. Dejando a criterio del diseñador su uso y la respectiva justificación.

Para el cálculo del caudal máximo extraordinario se deberá considerar u coeficiente de seguridad de 1.5, quedando la expresión de la siguiente manera. (Moya, 2014).

$$Q_x = 1.5 * Q_i$$

Dónde:

$Q_x$  = Caudal máximo extraordinario (lt/s)

$Q_i$  = Caudal máximo instantáneo (lt/s)

### **CAUDAL DE DISEÑO**

El caudal de diseño será la suma de los caudales instantáneo + caudal por infiltración + caudal por conexiones herradas.

$$Q_d = Q_i + Q_{inf} + Q_e$$

También se puede plantear de la siguiente manera: caudal de diseño será la suma de los caudales instantáneos + caudal máximo extraordinario. (Moya, 2014).

$$Q_d = Q_i + Q_x$$



#### 6.6.5.4 DISEÑO DE CANAL

#### FLUJO EN CANALES ABIERTOS

Un canal abierto es un conducto en el cual el agua fluye con una superficie libre. De acuerdo a su origen un canal puede ser natural o artificial. (Chow, 1994).

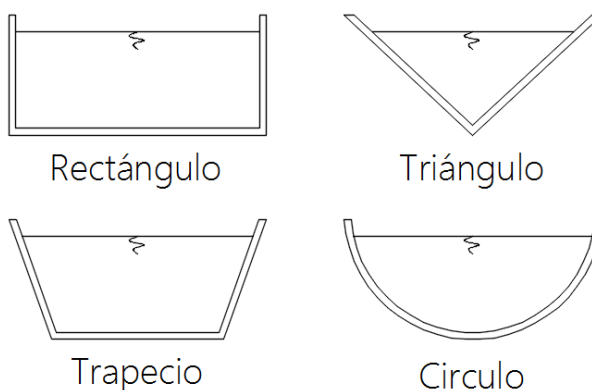
#### CANALES ARTIFICIALES

Son los construidos o desarrollados mediante el esfuerzo humano: Canales de navegación, canales de irrigación, canaletas de drenaje, cuentas, etc. (Chow, 1994).

#### GEOMETRÍA DE CANAL ARTIFICIAL

Los canales artificiales a menudo se diseñan con secciones de figuras geométricas regulares. El trapecio es la forma más común, debido a que provee las pendientes necesarias para la estabilidad. El rectángulo es un caso especial del trapecio debido a que tiene lados verticales, por lo general se utiliza para canales construidos con materiales estables, como mampostería, roca, metal o madera. (Chow, 1994).

**Ilustración 38:** Secciones de canal abierto



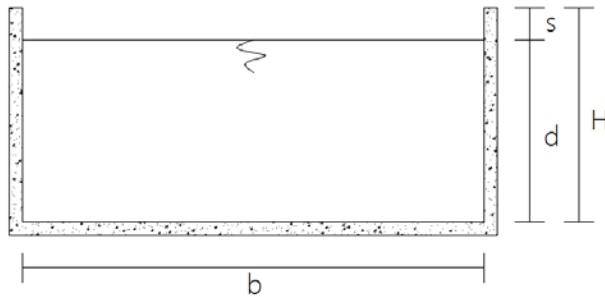
**Elaborado por:** Jairo Cayambe

**Fuente:** (Chow, 1994).

## ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DE UNA SECCIÓN DE CANAL

Los elementos geométricos son propiedades de una sección de canal que pueden ser definidos por completo por la geometría de la sección y la profundidad de flujo, estos elementos son muy importantes y se utilizan con amplitud en el cálculo de flujo. (Chow, 1994).

**Ilustración 39:** Canal rectangular



**Elaborado por:** Jairo Cayambe

Dónde:

$d =$  Altura de agua (calado)

$b =$  Base

$H =$  Altura total

$s =$  Altura de seguridad; según normas varía entre 20-30cm

De la figura se determina lo siguiente:

Área Mojada

$$Ac = b * d$$

Perímetro mojado

$$P = b + 2d$$

Radio hidráulico

$$R = \frac{b * d}{b + 2d}$$

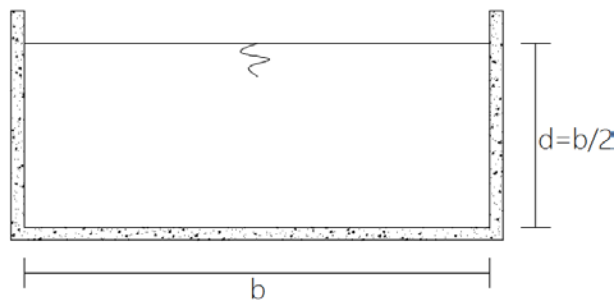
## SECCIÓN RECTANGULAR ÓPTIMA

La mejor sección transversal hidráulica para un canal abierto es la que tiene el máximo radio hidráulico o, proporcionalmente, la que tiene menor perímetro mojado.

Un canal rectangular de ancho  $b$  y profundidad de flujo  $d$ , debe diseñarse de tal manera que la altura del líquido sea la mitad del ancho del canal para minimizar la fricción o maximizar la razón de flujo para un área transversal dada. (Cengel, 2012).

$$d = \frac{b}{2}$$

**Ilustración 40:** Sección rectangular óptima



**Elaborado por:** Jairo Cayambe

### 6.6.6 DISEÑO ESTRUCTURAL

#### 6.6.6.1 SOSTENIMIENTO

Se refiere a los elementos estructurales de sujeción del terreno, aplicados inmediatamente después de la excavación del túnel. (Gonzales, 2002).

### CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR (ROCK MASS RATING)

Desarrollada por Bieniawski, constituye un sistema de clasificación de macizos rocosos que permite a su vez relacionar índices de calidad con parámetros geotécnicos del macizo y de excavación y sostenimiento en túneles. (Gonzales, 2002).

En este sistema el índice RMR se obtiene como suma de cinco números que son a su vez función de:

- La resistencia a compresión simple de la roca matriz
- RQD (Rock Quality Designation)
- Espaciamiento de discontinuidades
- Condición de agua
- Orientación de discontinuidades.

**Tabla 10:** Calidad de macizo rocoso en relación al índice RMR

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
I	Muy Buena	100-81	> 4 kg/cm <sup>2</sup>	> 45°
II	Buena	80-61	3-4 kg/cm <sup>2</sup>	35°-45°
III	Media	60-41	2-3 kg/cm <sup>2</sup>	25°-35°
IV	Mala	40-21	1-2 kg/cm <sup>2</sup>	15°-25°
V	Muy mala	< 20	< 1 kg/cm <sup>2</sup>	< 15°

Fuente: (Gonzales, 2002).

**Tabla 11:** Sostenimientos a partir de índice RMR

Clase RMR	Excavación	Sostenimiento		
		Bulones	Gunta	Cerchas
I 100-81	Sección completa. Avances de 3 m.	Innecesario, salvo algún bulón ocasional.	No.	No.
II 80-61	Sección completa. Avances de 1-1,5 m.	Bulonado local en clave, con longitudes de 2-3 m y separación de 2-2,5 m, eventualmente con mallazo.	5 cm en clave para impermeabilización.	No.
III 60-41	Avance y destroza. Avances de 1,5 a 3 m. Completar sostenimiento a 20 m del frente.	Bulonado sistemático de 3-4 m con separaciones de 1,5 a 2 m en clave y hastiales. Mallazo en clave.	5 a 10 cm en clave y 3 cm en hastiales.	No.
IV 40-21	Avance y destroza. Avances de 1 a 1,5 m. Sostenimiento inmediato del frente. Completar sostenimiento a menos de 10 m del frente.	Bulonado sistemático de 4-5 m con separaciones de 1-1,5 m en clave y hastiales con mallazo.	10 a 15 cm en clave y 10 cm en hastiales. Aplicación según avanza la excavación.	Cerchas ligeras espaciadas 1,5 m cuando se requieran.
V ≤ 20	Fases múltiples. Avances de 0,5-1 m. Gunitar inmediatamente el frente después de cada avance.	Bulonado sistemático de 5-6 m, con separaciones de 1-1,5 m en clave y hastiales con mallazo. Bulonado en solera.	15-20 cm en clave, 15 cm en hastiales y 5 cm en el frente. Aplicación inmediata después de cada avance.	Cerchas pesadas separadas 0,75 m con blindaje de chapas y cerradas en solera.

Fuente: (Gonzales, 2002).

**Tabla 12:** Longitud de avance sin sostenimiento y tiempos de estabilidad

Clase	I	II	III	IV	V
Tiempo de mantenimiento y longitud	10 años con 15 m de vano	6 meses con 8 m de vano	1 semana con 5 m de vano	10 horas con 2,5 m de vano	30 minutos con 1 m de vano
Cohesión	> 4 Kp/cm <sup>2</sup>	3-4 Kp/cm <sup>2</sup>	2-3 Kp/cm <sup>2</sup>	1-2 Kp/cm <sup>2</sup>	< 1 Kp/cm <sup>2</sup>
Ángulo de rozamiento	> 45°	35°-45°	25°-35°	15°-25°	< 15°

**Fuente:** (Gonzales, 2002).

### 6.6.6.2 REVESTIMIENTO

Se coloca con posterioridad al sostenimiento y consiste en aplicar una capa de hormigón, u otros elementos estructurales, con el fin de proporcionar resistencia a largo plazo al túnel y dar un acabado regular, mejorando su funcionalidad. (Gonzales, 2002).

**Tabla 13:** Soportes permanentes

Class number	Rock condition	RMR*	RQD**	Types of support
I	Excellent	81–100	90–100	Steel sets, rock bolts and shotcrete requirement none to occasional, i.e. as and when required
II	Good	61–80	75–90	Steel sets, rock bolts and shotcrete requirement none to occasional, i.e. as and when required. But the requirement could be more than in class I
III	Fair	41–60	50–75	Light to medium duty sets of steel or concrete; systematic rock bolting; 50–100 mm thick shotcreting in the back or crown of the tunnel
IV	Poor	21–40	25–50	Medium duty sets of steel or concrete; systematic rock bolting; 100–150 mm thick shotcreting in the back or crown, sides and over the rock bolts
V	Very poor	<20	<25	Medium to heavy duty sets of steel or concrete including tubing; systematic rock bolting; 150 mm or thicker shotcreting to the whole section

\* RMR is the rock mass rating.

\*\* RQD is the rock quality designation.

**Fuente:** (Tatiya, 2005).

El hormigón monolítico es muy utilizado sobre todo para proyectos de túneles hidráulicos. (Tatiya, 2005).

### 6.6.6.3 PRESIÓN DEL TERRENO

#### TEORÍA DE CARGAS DE TERZAGHI

Terzaghi propone el factor de carga de roca ( $H_p$ ), es la altura de la zona de desprendimiento sobre el techo del túnel.

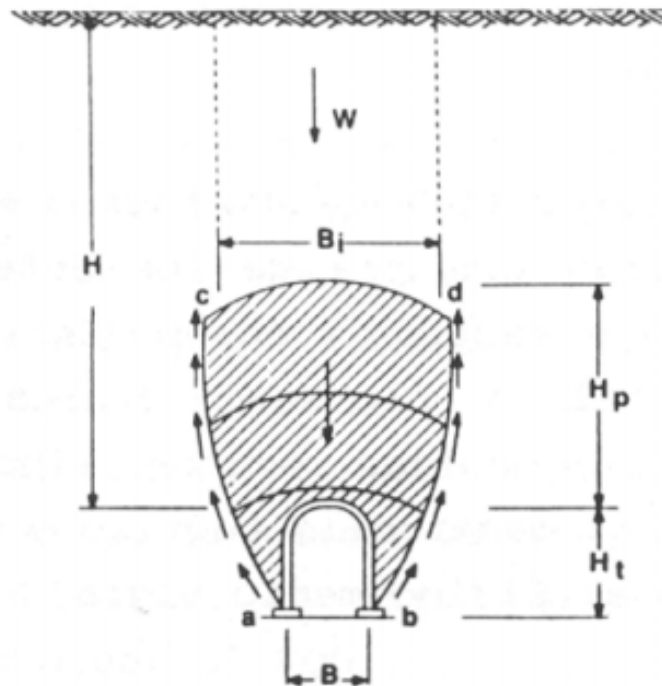
El factor  $H_p$  está en términos del ancho del túnel ( $B$ ) y de la altura ( $H_t$ ).

Para obtener la presión vertical Terzaghi sugiere la siguiente ecuación: (Singh, 2011).

$$B_i = B + H_t$$

$$P_v = \gamma * H_p$$

**Ilustración 41:** Esquema de Terzaghi



**Fuente:** (Singh, 2011).

**Tabla 14:** Tabla Terzaghi

CLASE	TERRENO	TIPO DE TERRENO	CARGA DE ROCA Hp (m)		OBSERVACIONES
			INICIAL	FINAL	
1	ROCA	DURA Y SANA	CERO	CERO	Revestimiento solo si hay caída de bloques.
2	ROCA	DURA. ESTRATIFICADA O ESQUISTOSA	.....	-----	Depende de buzamiento. Caída de bloques probable.
3	ROCA	MASIVA. MODERADAMENTE DIACLASADA.	-----	0 a 0.25 B	Caída de bloques probable. Empuje lateral si hay estaratos inclinados.
4	ROCA	MODERADAMENTE FRACTURADA. BLOQUES Y LAJAS	-----	0.25 B a 0.35 (B + Ht)	Necesita entibación rápida. Empuje lateral pequeño.
5	ROCA	MUY FRACTURADA	-----	(0.35 a 1.10) (B + Ht)	Entibación inmediata. Empuje lateral pequeño.
6	ROCA	COMPLETAMENTE FRACTURADA PERO SIN METEORIZACION	-----	1.10 (B + Ht)	Entibación continua. Empuje lateral considerable.
6'	GRAVA ARENA	DENSA	0.54 a 1.2 (B+H)	0.62 a 1.38 (B+H)	Los valores mas altos corresponden a grandes deformaciones que aflojan el terreno.
6''	GRAVA ARENA	SUELTA	0.94 a 1.2 (B+H)	1.08 a 1.38 (B+H)	Empuje lateral. Ph=3.0 y (Hr Ho,5H)
7	SUELO COHESIVO	PROFUNDIDAD MODERADA		1.1 a 2.1 (B+H)	Fuerte empuje lateral.
8	SUELO COHESIVO	PROFUNDIDAD GRANDE		2.1 A 4.5 (B+H)	Entibación continua con cierre en la base
9	SUELO O ROCA EXPANSIVA	EXPANSIVO		Hasta 80 m. Sea cual sea (B+H)	Entibación continua y circular (y deformable en casos extremos)

**Fuente:** (Tolentino, 2014).

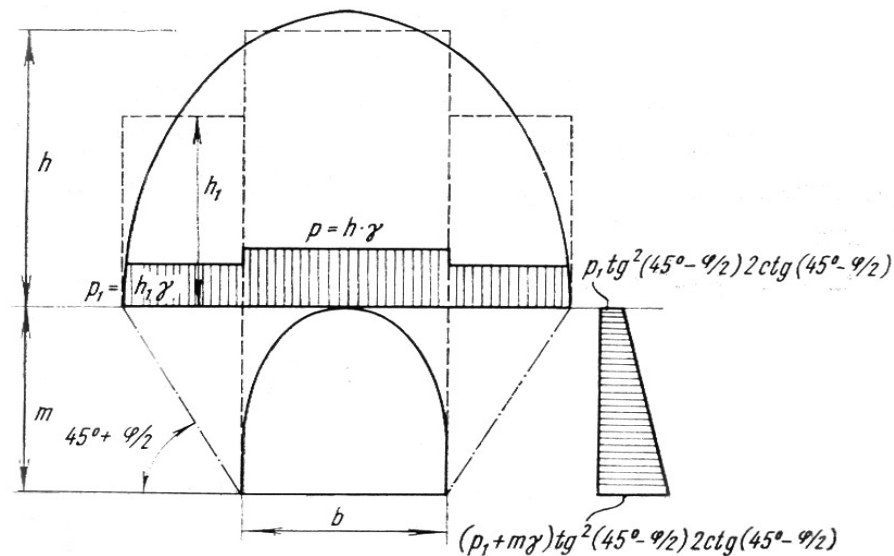
## PRESIÓN LATERAL

De acuerdo a Terzaghi, una estimación aproximada de la presión lateral está dada por la siguiente formula:

$$Ph = 0.30\gamma(0.5m + Hp)$$

Las presiones laterales deben ser asumidas en una distribución lineal y deben basarse en la presión vertical estimada. (Szechy, 1973).

**Ilustración 42:** Esquema de presión lateral



**Fuente:** (Szechy, 1973).

#### 6.6.6.4 DIMENSIONAMIENTO DE EMBOVEDADO

##### ESPECIFICACIONES DEL MATERIAL

La resistencia especificada a la compresión del concreto  $f'c$  a los 28 días no debe ser menor de 21MPa. (ACI 318S, 2011)(Cap. 19.3.1).

La resistencia a la fluencia especificada del refuerzo no preesforzado  $f_y$  no debe exceder de 420Mpa. (ACI 318S, 2011)(Cap. 19.3.2).

El módulo de elasticidad para concreto de densidad normal  $E_c = 15100\sqrt{f'c}$ . (ACI 318S, 2011)(Cap. 8.5.1).

El módulo de elasticidad para el acero de refuerzo no preesforzado puede tomarse como  $E_s = 200000\text{Mpa}$ . (ACI 318S, 2011)(Cap. 8.5.2).

El módulo de Poisson del hormigón varía entre 0.15 – 0.20. (Nilson, 1982).



La longitud de desarrollo para barras corrugas y alambre corrugado en tracción no debe ser menor que 300mm. (ACI 318S, 2011)(Cap. 12.2.1)

La longitud de desarrollo para barras corrugas y alambre corrugado en compresión no debe ser menor que 200mm. (ACI 318S, 2011)(Cap. 12.3.1).

Cuando se requiere refuerzo de cáscara sólo en una cara para resistir los momentos de flexión, se debe colocar cantidades iguales cerca de ambas superficies de la cascara. (ACI 318S, 2011)(Cap. 19.4.9).

La cuantía de refuerzo de retracción y temperatura en losas donde se empleen barras corrugadas grado 420 es 0.0018. (ACI 318S, 2011)(Cap. 7.12.2.1).

El refuerzo por tracción debe disponerse en dos o más direcciones y debe proporcionarse de manera tal que su resistencia en cualquier dirección iguale o exceda a la componente de esfuerzos internos en esa dirección. (ACI 318S, 2011)(Cap. 19.4.2).

El refuerzo de la cascara en cualquier dirección no debe espaciarse a más de 450mm, ni más de 5 veces el espesor de la cascara. (ACI 318S, 2011)(Cap. 19.4.10).

Espesor mínimo de losas sin vigas interiores. (ACI 318S, 2011)(Cap. 19; Tabla 9.5c).

**Tabla 15:** Espesores mínimos

fy MPa	Sin vigas de Borde
420	$\frac{\ell_n}{30}$

**Elaborado por:** Jairo Cayambe

**Fuente:** (ACI 318S, 2011).

El recubrimiento para el concreto expuesto a suelo o a la intemperie no debe ser menor a 40mm. (ACI 318S, 2011)(Cap. 7.7.1).

## **6.7 METODOLOGÍA MODELO OPERATIVO**

### **6.7.1 AMBIENTE CONTAMINADO DEL COLECTOR SANITARIO**

Es necesario la utilización de equipos especiales que faciliten la correcta respiración del personal que va a intervenir directamente en las distintas tareas a realizarse, debido a la presencia de gases nocivos, provenientes de la descomposición de la materia orgánica.

#### **6.7.1.1 EQUIPO DE RESPIRACIÓN AUTÓNOMO (E.R.A.)**

Es un implemento de seguridad personal utilizado para la protección de las vías respiratorias durante el trabajo en atmosferas contaminadas y/o con deficiencia de oxígeno. (es.scribd.com, 2004).

#### **DURACIÓN DE UNA CARGA DE AIRE**

El equipo de respiración autónomo tiene un tiempo promedio de utilización de 30 minutos, este tiempo puede variar dependiendo los siguientes factores:

- Condición física del usuario.
- Grado de experiencia o entrenamiento.
- Condición general del equipo. (es.scribd.com, 2004).

#### **PARTES DEL EQUIPO DE RESPIRACIÓN AUTÓNOMO**

Las distintas partes que conforman un E.R.A. no difieren mucho entre marcas y modelos, estas son:

- Arnés
- Cilindro
- By Pass
- Reductor de presión

- Alarma de baja presión
- Manómetro
- Válvula de demanda
- Válvula de cilindro.
- Mascara
- Alarma “ALLY”. (es.scribd.com, 2004).

**Ilustración 43:** Equipo de Respiración Autónoma



**Fuente:** (es.scribd.com, 2004).

**UTILIZACIÓN DEL EQUIPO DE RESPIRACIÓN AUTÓNOMO**

El Cuerpo de Bomberos de Cayambe fue el encargado de brindar la capacitación necesaria para el correcto uso del E.R.A, a continuación se resume brevemente los pasos a realizarse:

- Verificar la presión de aire del cilindro.
- Colocar el E.R.A sobre la espalda.
- Halar las correas laterales y del cinturón.
- Colocación de la máscara.
- Instalar el regulador.

**Ilustración 44:** Equipo de Respiración Autónoma



**Fuente:** Jairo Cayambe

**Ilustración 45:** Capacitación del uso de E.R.A.



**Fuente:** Jairo Cayambe

## **6.7.2 TOPOGRAFÍA**

Contar con los datos precisos del área a intervenir brinda al proyectista la información necesaria para desarrollar de manera acertada su propuesta técnica. En el Catón Cayambe no se cuenta con ningún tipo de información concerniente al colector sanitario El Tumbé, tales como: dimensiones, geometría, material por el que está constituido, pendientes, caudales tributarios, etc. Motivo por el cual es imperante recolectar todo este tipo de información.

La primera actividad a realizarse es la observación de campo, con la que se obtiene una idea aproximada del recorrido que realiza el colector sanitario y el número de pozos.

### **6.7.2.1 LEVANTAMIENTO DE SUPERFICIE**

El proceso a seguir para este trabajo es el que generalmente se utiliza en todos los trabajos de levantamientos topográficos, con todos los puntos geo-referenciados (estaciones y pozos).

Equipo y materiales a utilizar para el levantamiento de superficie:

- Estación Total
- Prisma
- Mira
- Cinta topográfica
- Estacas
- Clavos
- Pintura

**Ilustración 46:** Levantamiento topográfico



**Fuente:** Jairo Cayambe

**Ilustración 47:** Geo-referenciación de puntos



**Fuente:** Jairo Cayambe

### **6.7.2.2 LEVANTAMIENTO DE LA RED BÁSICA**

El método de poligonación abierta es el utilizado para el levantamiento de la red básica, colocando las estaciones en el piso del colector sanitario.

**Ilustración 48:** Levantamiento de la red básica



**Fuente:** Jairo Cayambe

### 6.7.2.3 MEDIDA DE LA PROFUNDIDAD DE LOS POZOS

La mira es instrumento a utilizar para medir la profundidad de los pozos que en su mayoría son menores a 5.00m

**Ilustración 49:** Medición de profundidad de pozos



**Fuente:** Jairo Cayambe

### 6.7.3 ESTUDIOS GEOLÓGICOS

#### UBICACIÓN

Se ha escogido un punto para realizar el ensayo de suelos, ubicado junto al **Pozo 1**.

#### RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados del ensayo realizado en el sitio seleccionado.

**Ilustración 50:** Ensayo Triaxial



**Fuente:** Jairo Cayambe



**Tabla 17:** Resumen de las características físicas y mecánicas del Suelo

Característica Físicas		
	Valor	Unidad
Contenido de humedad	26	%
Límite plástico	24.5	%
Límite líquido	37	%
Índice de plasticidad	12.5	%
Peso específico	2.66	g/cm <sup>3</sup>
Relación de vacíos	0.82	
Porosidad	45.5	
Características Mecánicas		
	Valor	Unidad
Angulo de fricción interna	27.5	°
Cohesión	1.29	kg/cm <sup>2</sup>

**Elaborado por:** Jairo Cayambe

#### **6.7.4 DISEÑO HIDRÁULICO**

##### **6.7.4.3 PARÁMETROS DE DISEÑO**

##### **PERÍODO DE DISEÑO**

En función de la **Tabla 6**, el periodo de diseño seleccionado es de:

$$n = 40 \text{ años}$$

##### **TENDENCIA POBLACIONAL Y TASA DE CRECIMIENTO**

Los datos de población se obtienen desde la página oficial del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

**Tabla 18:** Población inter-censal de la parroquia Cayambe

<b>Año</b>	<b>Total</b>
1990	24 083
2001	40 485
2010	50 829

**Elaborado por:** Jairo Cayambe

**Fuente:** www.inec.gob.ec

La elección del método de proyección depende el criterio del calculista, siendo el **Método geométrico** el seleccionado, debido a que este mismo método es utilizado por el INEN en sus proyecciones de población.

$$P_f = P_a(1 + i)^t$$

$$i = \left(\frac{P_f}{P_a}\right)^{\frac{1}{t}} - 1$$

**Tabla 19:** Método geométrico

<b>Censos</b>	<b>Años</b>	<b>Población</b>	<b>i</b>
1990		24 083	
	11		0.0484
2001		40 485	
	9		0.0256
2010		50 829	

**Elaborado por:** Jairo Cayambe

El promedio de la tasa de crecimiento es:

$$i = 0.0370$$

## **POBLACIÓN ACTUAL**

La población actual se considera desde el 2015, que es la fecha desde el cual se empieza con el cálculo del proyecto.

**Tabla 20:** Población Urbana de Cayambe

Año	Total
2010	39 028

**Elaborado por:** Jairo Cayambe

**Fuente:** www.inec.gob.ec

$$P_{2015} = P_{2010}(1 + i)^t$$
$$P_{2015} = 39028 \text{ hab}(1 + 0.0370)^5$$
$$P_{2015} = 46803 \text{ hab}$$

**Tabla 21:** Población 2015

Año	Población
2015	46803

**Elaborado por:** Jairo Cayambe

Densidad poblacional Cayambe 2015.

Según el GADM Cayambe, el área urbana = 1387.63ha

$$Dp = \frac{P}{Area}$$
$$Dp = \frac{46803 \text{ Hab}}{1387.63 \text{ ha}}$$
$$Dp = 33.73 \text{ Hab/ha}$$

Población Actual a ser servido por el colector sanitario.

Área de aportación = 65.95ha

$$Pa = Dpa * Area$$
$$Pa = 33.73 \frac{\text{Hab}}{\text{ha}} * 65.95 \text{ha}$$
$$Pa = 2224 \text{ Hab}$$

## POBLACIÓN DE DISEÑO

Considerando un periodo de diseño de 40 años, la población de diseño es de:

$$P_f = P_a(1 + i)^t$$
$$P_f = 2224 \text{ Hab} * (1 + 0.0370)^{40}$$
$$P_f = 9512 \text{ Hab}$$

## DENSIDAD POBLACIONAL FUTURA

$$D_{pf} = \frac{P_f}{\text{Area}}$$
$$D_{pf} = \frac{9512 \text{ Hab}}{65.95 \text{ Ha}}$$
$$D_{pf} = 144.23 \text{ Hab/ha}$$

## CONSUMO DIARIO

La dotación media actual obtenida de la **Tabla 7** es:

$$D_{ma} = 160 \text{ lt/hab/día}$$

## DOTACIÓN MEDIA FUTURA

$$D_{mf} = D_{ma} + \left(\frac{1l}{\text{hab}} * n\right)$$
$$D_{mf} = 160 \text{ lt/hab/día} + \left(\frac{1l}{\text{hab}} * 40\right)$$
$$D_{mf} = 200 \text{ lt/hab/día}$$

## CAUDAL MEDIO DIARIO AGUA POTABLE

$$Q_{md \text{ H}_2\text{O}} = \frac{P_f * D_{mf}}{86400}$$

$$Q_{md H_2O} = \frac{9512 \text{ hab} * 200 \text{ lt/hab/día}}{86400}$$

$$Q_{md H_2O} = 22.02 \text{ lt/s}$$

### CAUDAL MEDIO DIARIO SANITARIO

Considerando C=80%

$$Q_{mds} = C * Q_{md}(A.P.)$$

$$Q_{mds} = 0.80 * 22.02 \text{ lt/s}$$

$$Q_{mds} = 17.62 \text{ lt/s}$$

### CAUDAL INSTANTÁNEO

El método de Harmor es aplicado a zonas urbanas, por tal motivo es éste el que se utilizará.

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}}$$

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{9.512}}$$

$$M = 2.98$$

$$Q_i = M * Q_{mds}$$

$$Q_i = 2.98 * 17.62 \text{ lt/s}$$

$$Q_i = 52.51 \text{ lt/s}$$

### CAUDAL POR INFILTRACIÓN

De la **Tabla 9** obtenemos el valor de I.

$$L = 590\text{m}$$

$$I = 0.0005$$

$$Q_{inf} = I * L$$

$$Q_{inf} = 0.0005 \text{ lt /s/m} * 590m$$

$$Q_{inf} = 0.3 \text{ lt/s}$$

### **CAUDAL POR CONEXIONES ERRADAS**

Se considerará el 10%.

$$Q_e = 10\% * Q_i$$

$$Q_e = 0.1 * 52.51 \text{ lt/s}$$

$$Q_e = 5.25 \text{ lt/s}$$

### **CAUDAL MÁXIMO EXTRAORDINARIO**

$$Q_x = 1.5 * Q_i$$

$$Q_x = 1.5 * 52.51 \text{ lt/s}$$

$$Q_x = 78.77 \text{ lt/s}$$

### **CAUDAL DE DISEÑO**

$$Q_d = Q_i + Q_{inf} + Q_e$$

$$Q_d = 52.51 + 0.3 + 5.25$$

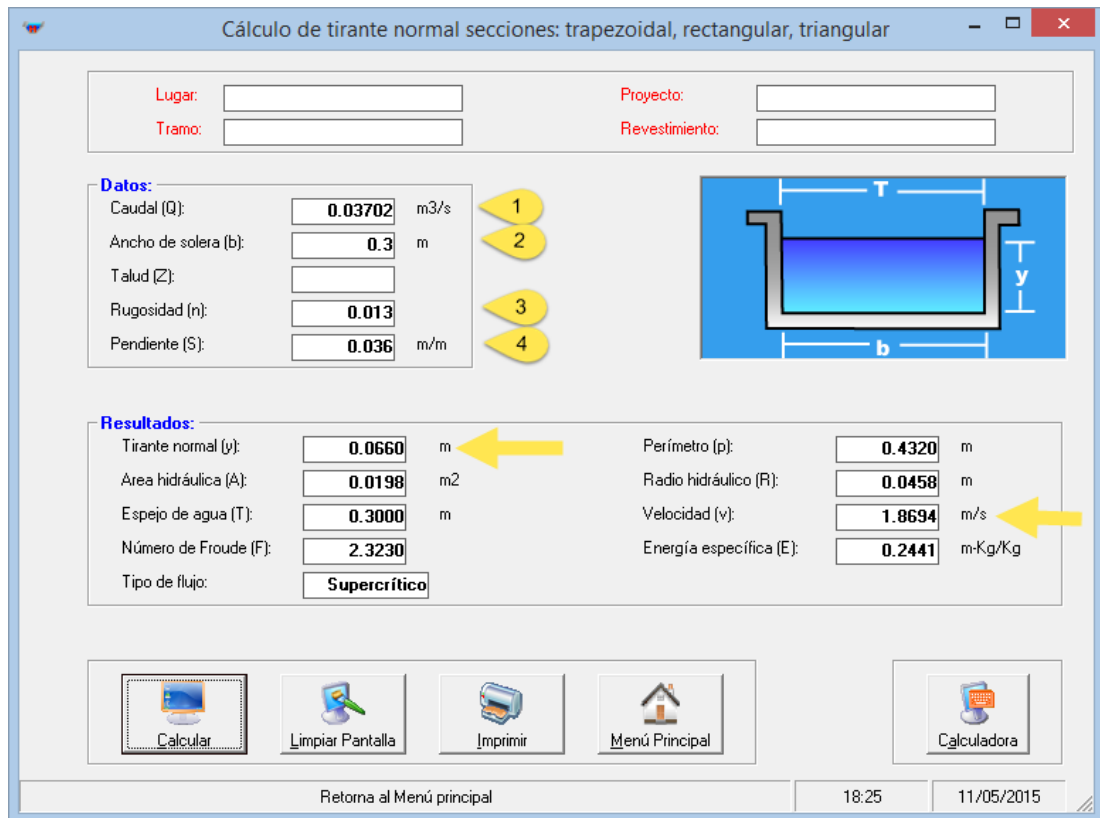
$$Q_d = 58.06 \text{ lt/s}$$

#### **6.7.4.4 DISEÑO DE CANAL**

Para evitar la acumulación de materia orgánica y la sedimentación de arena, es necesario diseñar un canal que encause las aguas servidas y arrastre consigo todo este tipo de material.

HCanales es un software especializado en diseñar canales y facilitara el proceso de cálculo.

**Ilustración 50:** Diseño hidráulico mediante HCanales



**Fuente:** Jairo Cayambe

El coeficiente de rugosidad del hormigón es de 0.013. (Moya, 2014).

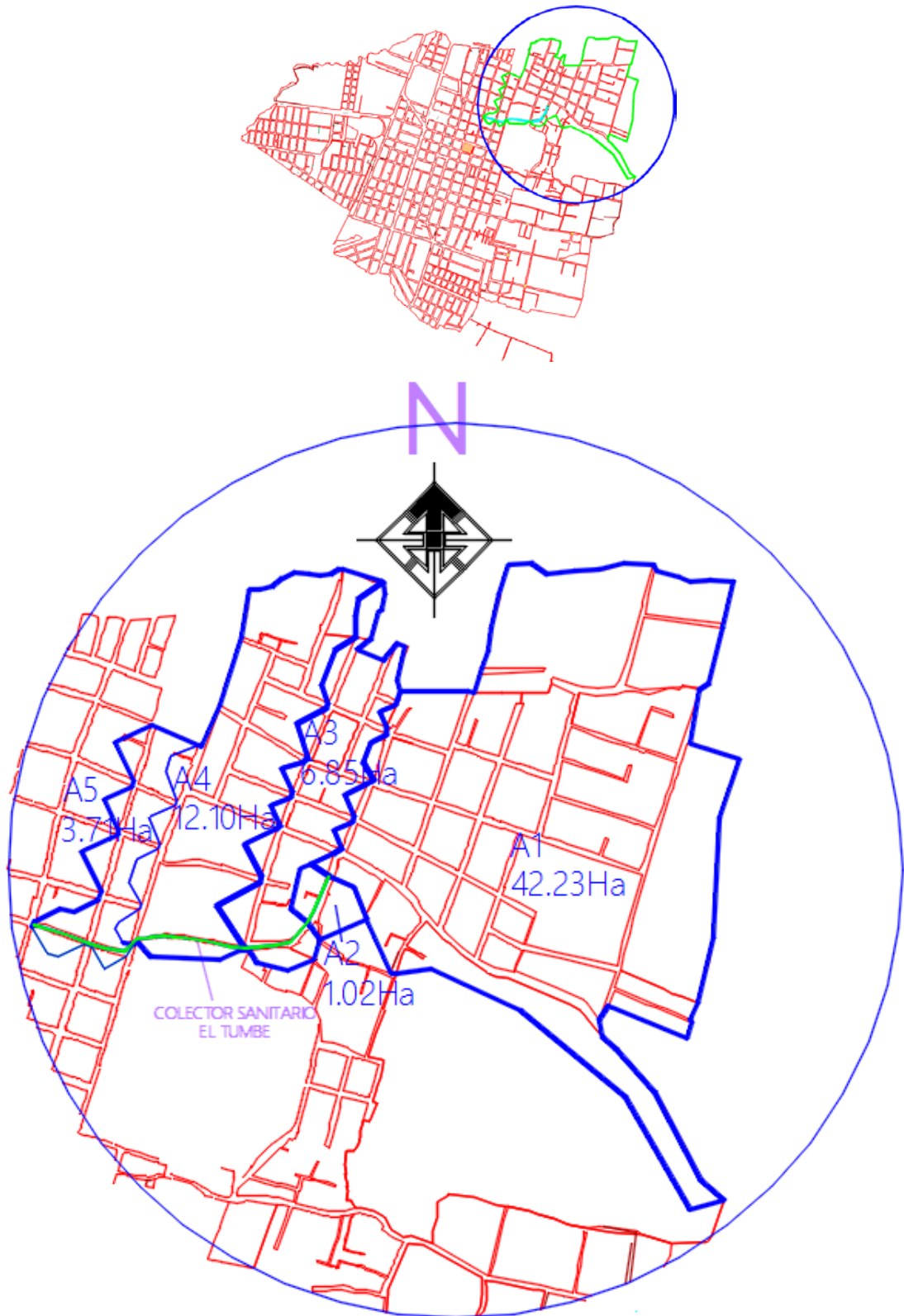
Los valores obtenidos de velocidad deben compararse con los valores de las velocidades mínimas y máximas dependiendo del material de la tubería de alcantarillado.

**Velocidad Mínima.-** Para garantizar el acarreo del material, y evitar la sedimentación de los mismos, en promedio se estima que dicho valor oscile en 0.60 m/s.

**Velocidad Máxima.-** Debe limitar el flujo erosivo, que pueda crear problemas abrasivos, como también la destrucción de las juntas, implicando fugas y socavaciones de la solera de la zanja de confinamiento de la tubería, dicha velocidad para elementos de hormigón no puede exceder los 4.00m/s. (Moya, 2014).

## ÁREAS DE APORTACIÓN.

El colector sanitario El Tumbé está ubicado al Noreste del Cantón Cayambe.





**Tabla 22:** Diseño sanitario

Pozo	Longitud m	Área de Aportac. Ha	Densidad Poblaci. Hab/Ha	Pobl. Diseño Hab	Dmf lt/hab/día	Qmd A.P. lt/s	Qmds lt/s	M	Qinst lt/s	Qinf lt/s	Qe lt/s	Qtramo lt/s	Qtramo Acum. lt/s
P1	88.10	42.23	144.23	6091.03	200.00	14.10	11.28	2.98	33.61	0.04	3.36	37.02	37.02
P2	120.80	1.02	144.23	147.14	200.00	0.34	0.27	2.98	0.81	0.06	0.08	0.95	37.97
P3	199.20	6.85	144.23	988.28	200.00	2.29	1.83	2.98	5.45	0.10	0.55	6.10	44.07
P4	82.40	12.10	144.23	1745.60	200.00	4.04	3.23	2.98	9.63	0.04	0.96	10.64	54.71
P5	98.95	3.71	144.23	535.53	200.00	1.24	0.99	2.98	2.96	0.05	0.30	3.30	58.01
P6													

**Elaborado por:** Jairo Cayambe

**Tabla 23:** Diseño hidráulico

Pozo	Longitud m	Cotas		Caudal Diseño lt/s	Base Asumida m	S %	Rugosidad	Calado d m	Altura de seguridad m	Altura Calculada m	Altura Asumida m	Velocidad m/s
		Terreno m.s.n.m.	Proyecto m.s.n.m.									
P1	88.10	2850.12	2844.46	37.02	0.30	3.60	0.013	0.06	0.10	0.16	0.20	1.87
P2		2846.35	2841.29									
P2	120.80	2846.35	2841.29	37.97	0.30	5.13	0.013	0.06	0.10	0.16	0.20	2.13
P3		2838,58	2835.09									
P3	199.20	2838,58	2835.09	44.07	0.30	3.11	0.013	0.08	0.10	0.18	0.20	1.87
P4		2831.32	2828.89									
P4	82.40	2831.32	2828.89	54.71	0.30	3.41	0.013	0.09	0.10	0.19	0.20	2.07
P5		2828.33	2826.08									
P5	98.95	2828.33	2826.08	58.01	0.30	3.73	0.013	0.09	0.10	0.19	0.20	2.17
P6		2825.42	2822.39									

**Elaborado por:** Jairo Cayambe

## **6.7.4 DISEÑO ESTRUCTURAL**

### **6.7.4.1 CALIDAD DEL SUELO**

El valor de cohesión del suelo es de 1.29kg/cm<sup>2</sup>. Utilizando este valor ingresamos en la **Tabla 10** para determinar la calidad del suelo y la valoración RMR, teniendo como resultados lo siguiente:

- El suelo es de clase IV.
- La calidad del suelo es Mala.
- La valoración RMR adoptada es 22.

### **6.7.4.2 SOSTENIMIENTO**

De la **Tabla 11** y la **Tabla 12**, teniendo en cuenta la clase de suelo, tenemos las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda como sostenimiento temporal la utilización de cerchas metálicas ligeras espaciadas a 1.50m.
- Este tipo de suelo va a permitir mantener una longitud máxima de excavación sin sostenimiento de 2.50m.
- El tiempo que se puede mantener la excavación sin sostenimiento es de 10h, a partir de ese instante es muy probable que se presenten los primeros indicios de derrumbe.

### **6.7.4.3 REVESTIMIENTO**

Como menciona Ratan Tatiya en su libro Civil Excavations And Tunnelling (Tatiya, 2005), el hormigón es muy utilizado en proyectos de túneles hidráulicos, además es una excelente elección, debido a los grandes beneficios que éste brinda. Motivo por el cual el revestimiento para el colector sanitario será diseñado de hormigón armado.

#### 6.7.4.4 PRESIÓN DEL TERRENO

Siguiendo la teoría de Terzaghi, debemos determinar la altura de la zona de desprendimiento.

$$B_i = B + H_t$$

$$B_i = 2.30m + 2.20m$$

$$B_i = 4.50m$$

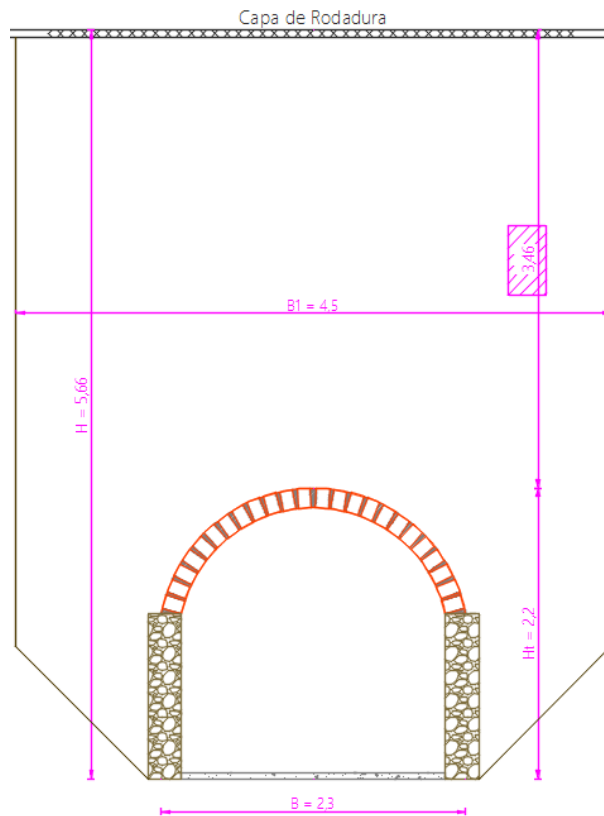
De la **Tabla 14**, teniendo en cuenta el tipo de suelo (cohesivo), tenemos la siguiente ecuación para determinar  $H_p$ .

$$H_p = (1.1 \text{ a } 2.1)(B + H_t)$$

$$H_p = 1.5(2.30m + 2.20m)$$

$$H_p = 6.75m$$

**Ilustración 51:** Zona de desprendimiento



**Elaborado por:** Jairo Cayambe

La altura de desprendimiento calculada es de 6.75m, pero en la **Ilustración 51** se puede apreciar que únicamente se dispone 3,46m.

Se concluye que por la poca profundidad que posee el colector sanitario, las fórmulas de expuestas por la teoría de Terzaghi para calcular la presión vertical y presión lateral del suelo no son aplicables. Siendo suficiente la siguiente ecuación.

$$P = \gamma * H$$

#### 6.7.4.5 DIMENSIONAMIENTO

La resistencia a compresión del concreto seleccionada es de 300kg/cm<sup>2</sup>.

El límite de fluencia del acero es de 4200kg/cm<sup>2</sup>.

Módulo de elasticidad del concreto:

$$E_c = 15100 \sqrt{300kg/cm^2}$$
$$E_c = 261539.67kg/cm^2$$

Módulo de Poisson del concreto es de 0.15.

Espesor de la losa, teniendo un  $f_y = 420MPa$  según la **Tabla 15**

$$e = \frac{3.35m}{30}$$
$$e = 11 \text{ cm}$$

Recubrimiento  $r = 5 \text{ cm}$ .

Teniendo en cuenta que se necesita 10cm solo para el recubrimiento, el espesor asumido será de  $e = 20 \text{ cm}$ , el cual deberá ser comprobado al momento de realizar el diseño de la estructura del colector sanitario.

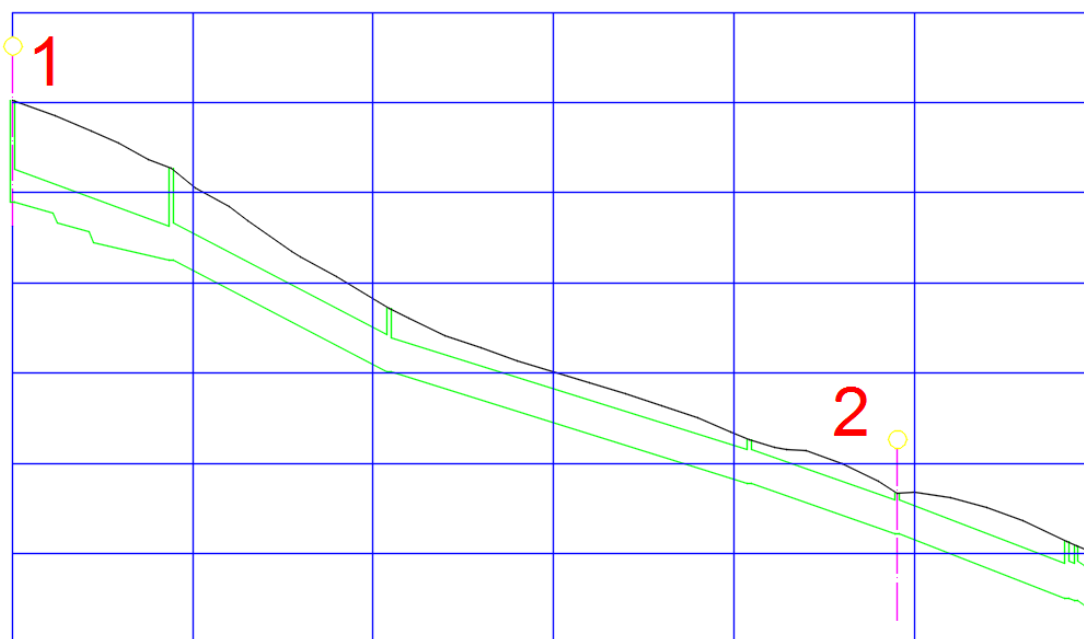
#### 6.7.4.6 DISEÑO ESTRUCTURAL UTILIZANDO UN SOFTWARE ESPECIALIZADO

Del diseño estructural se obtendrán las secciones de hormigón y armaduras de acero del embovedado del colector sanitario que soportarán eficientemente todos los esfuerzos a los que éste estará sometido.

Se dispone de 2 tipos de casos para los cuales el colector sanitario debe ser diseñado:

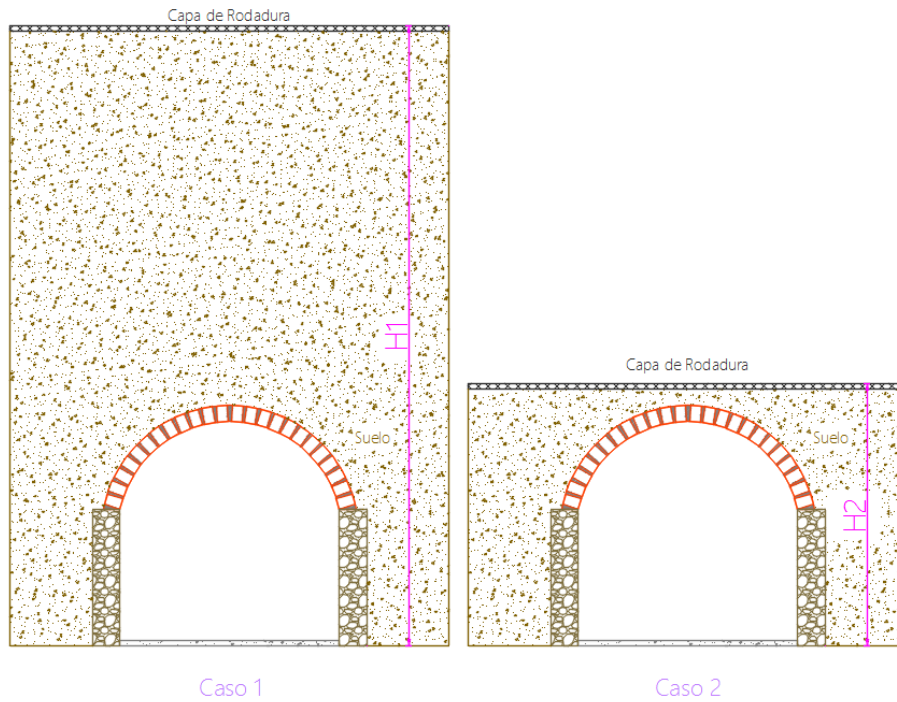
- Primer caso: cuando el colector sanitario está ubicado a una mayor profundidad en donde la carga vehicular es nula debido a que se disipa en el estrato del suelo, únicamente la presión ejercida por el propio suelo es la que actúa en la estructura.
- Segundo caso: cuando el colector sanitario se encuentra a poca profundidad viéndose afectado principalmente por la carga vehicular y una presión de suelo moderada.

**Ilustración 52:** Ubicación de casos para diseño



**Elaborado por:** Jairo Cayambe

### Ilustración 53: Casos para diseño



Elaborado por: Jairo Cayambe

El procedimiento para la modelación de la estructura del embovedado del colector sanitario es similar al que se explicó en el capítulo **4.2.5 ANÁLISIS ESTRUCTURAL UTILIZANDO UN SOFTWARE ESPECIALIZADO**, motivo por el cual este procedimiento se realizará sin mayor detalle.

Abrir el software especializado.

### Ilustración 54: Diseño estructural utilizando un software especializado



## Modificar la grilla

**Define Grid System Data**

Edit

System Name: GLOBAL Units: Kgf, m, C

Grid Lines: Quick Start...

**X Grid Data**

	Grid ID	Spacing	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Grid Color
1	A	1.1	Primary	Show	End	
2	B	1.1	Primary	Show	End	
3	C	0	Primary	Show	End	
4						
5						
6						
7						
8						

**Y Grid Data**

	Grid ID	Spacing	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Grid Color
1	1	0	Primary	Show	Start	
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						

**Z Grid Data**

	Grid ID	Spacing	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Grid Color
1	Z1	1.31	Primary	Show	End	
2	Z2	0.89	Primary	Show	End	
3	Z3	0	Primary	Show	End	
4						
5						
6						
7						
8						

Display Grids as:  Ordinates  Spacing

Hide All Grid Lines  
 Glue to Grid Lines

Bubble Size: 0.25

Reset to Default Color

Reorder Ordinates

OK Cancel

## Definir materiales

**Material Property Data**

**General Data**

Material Name and Display Color: Hormigon300

Material Type: Concrete

Material Notes: Modify/Show Notes...

**Weight and Mass**

Weight per Unit Volume: 2.403E-03

Mass per Unit Volume: 2.450E-06

Units: Kgf, cm, C

**Isotropic Property Data**

Modulus of Elasticity, E: 261539.67

Poisson: 0.15

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1.080E-05

Shear Modulus, G: 113712.9

**Other Properties for Concrete Materials**

Specified Concrete Compressive Strength, f<sub>c</sub>: 300.

Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor:

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel



**Material Property Data**

**General Data**

Material Name and Display Color: Acero4200

Material Type: Rebar

Material Notes: Modify/Show Notes...

**Weight and Mass**

Weight per Unit Volume: 7.849E-03

Mass per Unit Volume: 8.004E-06

**Units**

Kgf, cm, C

**Uniaxial Property Data**

Modulus of Elasticity, E: 2038901.9

Poisson: 0.3

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1.170E-05

Shear Modulus, G: 784193.

**Other Properties for Rebar Materials**

Minimum Yield Stress, Fy: 4218.4178

Minimum Tensile Stress, Fu: 6327.6266

Expected Yield Stress, Fye: 4640.2595

Expected Tensile Stress, Fue: 6960.3893

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

## Definir sección Shell

**Shell Section Data**

Section Name: Losa20

Section Notes: Modify/Show...

Display Color: ■

**Type**

Shell - Thin

Shell - Thick

Plate - Thin

Plate Thick

Membrane

Shell - Layered/Nonlinear

Modify/Show Layer Definition...

**Thickness**

Membrane: 0.2

Bending: 0.2

**Material**

Material Name: + Hormigon300

Material Angle: 0.

**Time Dependent Properties**

Set Time Dependent Properties...

**Concrete Shell Section Design Parameters**

Modify/Show Shell Design Parameters...

**Stiffness Modifiers**

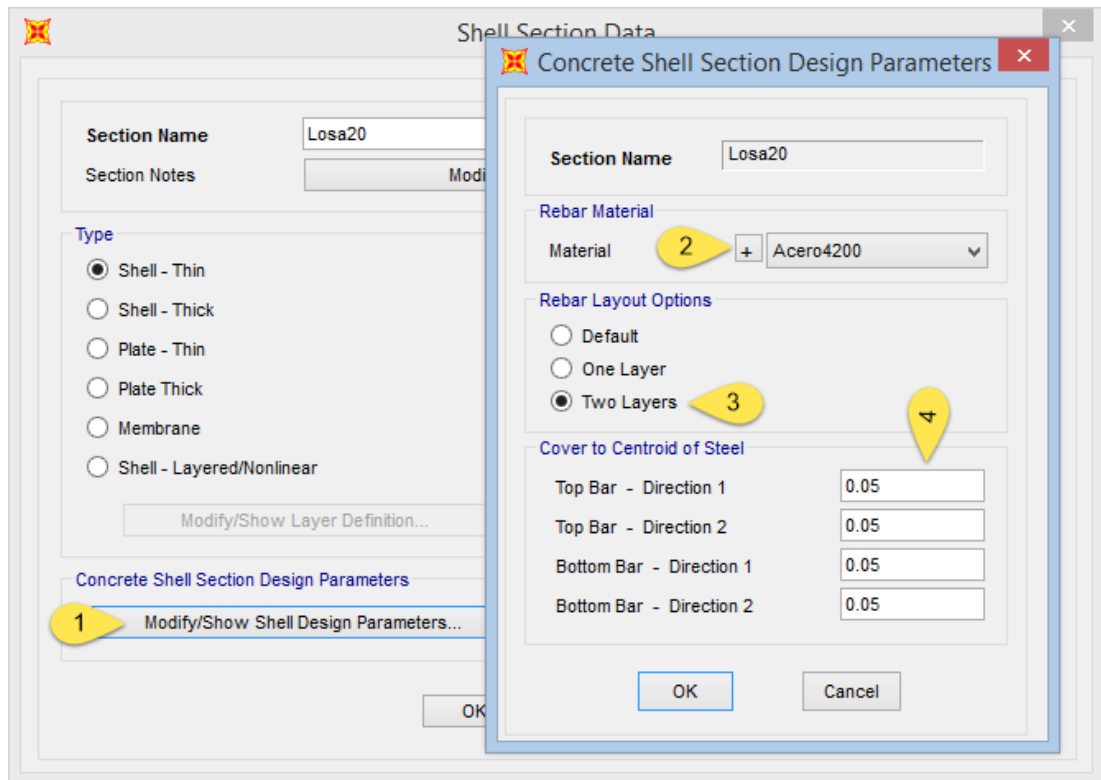
Set Modifiers...

**Temp Dependent Properties**

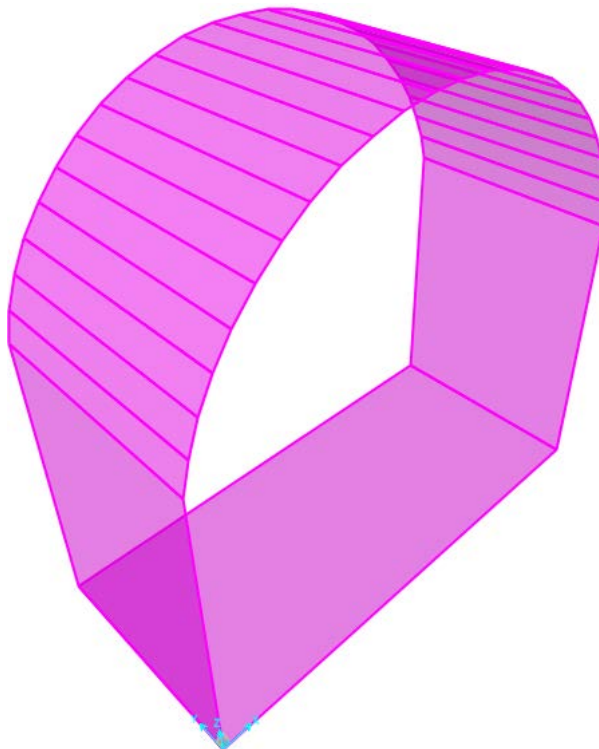
Thermal Properties...

OK Cancel

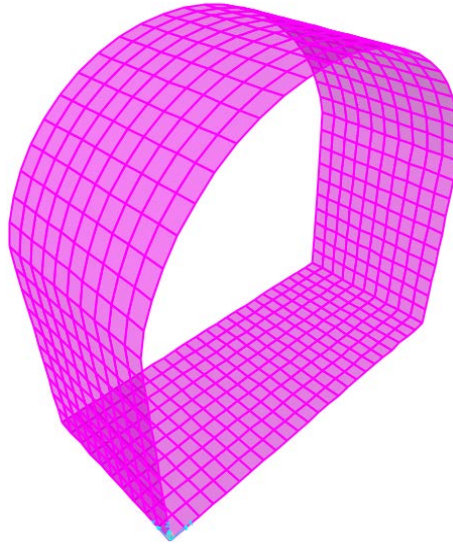
## Parámetros de diseño



Dibujar el embovedado.



Dividir áreas



Asignación de apoyos, en este caso los apoyos lo constituyen el terreno, para simular el terreno se deberá asignar a los nudos de la losa Springs (Resortes), para esto utilizaremos el coeficiente de reacción del terreno ( $K = 3000\text{Tn/m}^3$ ) y el Angulo de fricción interna ( $\phi = 27.5$ ).

Determinación de los valores k de los Springs.

Valores de Springs en eje Z.

$$K1 = K * \left(\frac{a}{2} * \frac{b}{2}\right)$$

$$K2 = K * \left(a * \frac{b}{2}\right)$$

$$K3 = K * (a * b)$$

Valores de Springs en eje X-Y.

$$K1 = K * (1 - \text{sen}(\phi)) * \left(\frac{a}{2} * \frac{b}{2}\right)$$

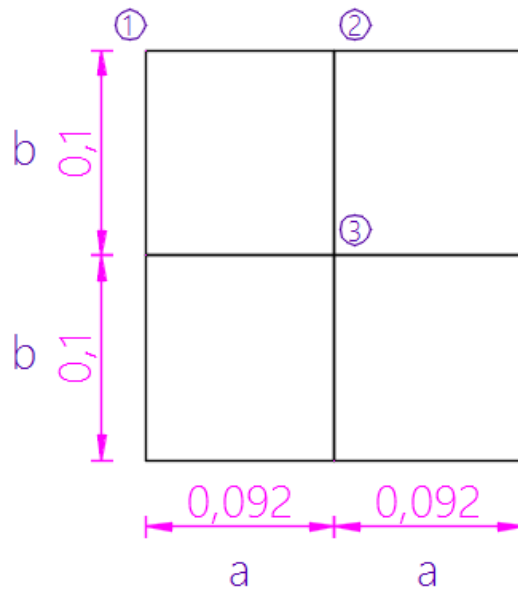
$$K2 = K * (1 - \text{sen}(\phi)) * \left(a * \frac{b}{2}\right)$$

$$K3 = K * (1 - \text{sen}(\phi)) * (a * b)$$

Donde:

- $a =$  Ancho de discretización en eje X  
 $b =$  Alto de discretización en eje Y  
 $K =$  Coeficiente de Balasto  
 $\emptyset =$  Ángulo de fricción

**Ilustración 55:** Representación de discretización



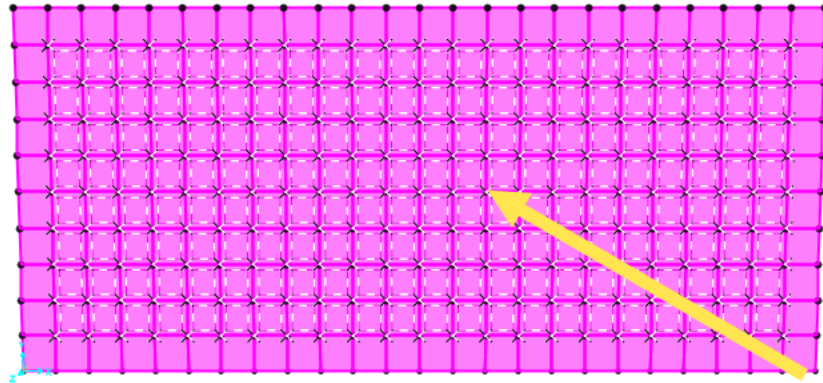
**Elaborado por:** Jairo Cayambe

**Tabla 24:** Resultados de Springs

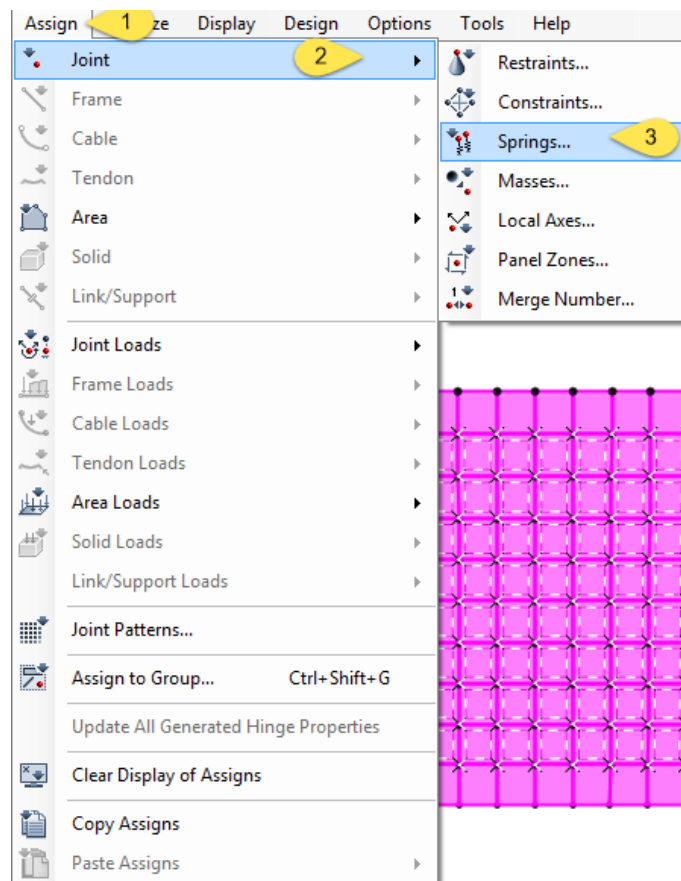
Valores Springs en eje Z	
K1	6.90
K2	13.80
K3	27.60
Valores Springs en eje X-Y	
K1	3.71
K2	7.43
K3	14.86

**Elaborado por:** Jairo Cayambe

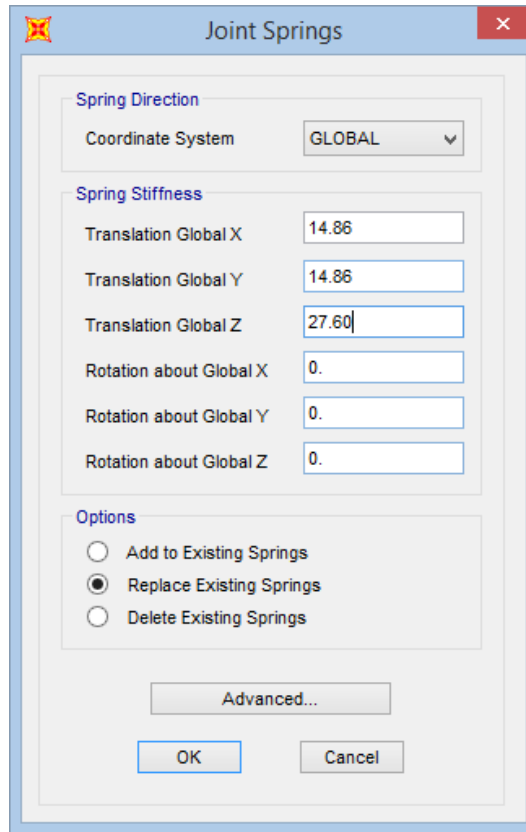
Seleccionar los puntos centrales de la base del embovedado.



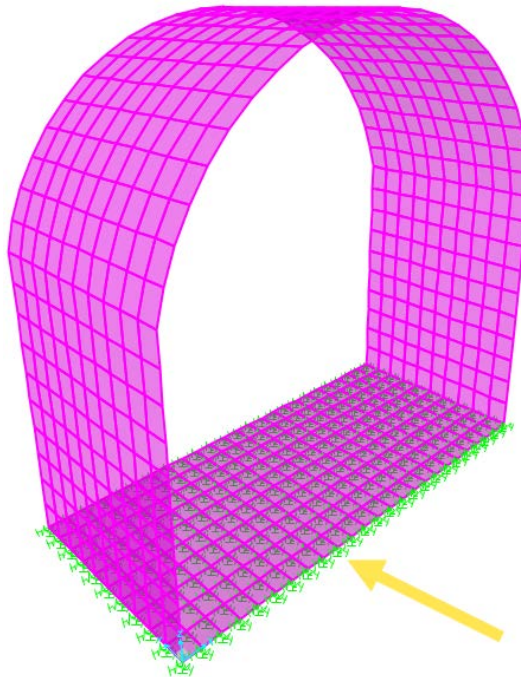
Asignar Springs



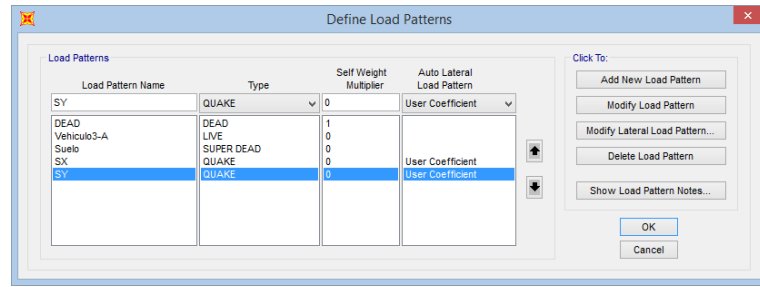
Ingresar valores de Springs según la tabla anterior.



Repetir el proceso para los puntos de lindero y esquineros. Visualización de resultados.



Definir patrones de carga

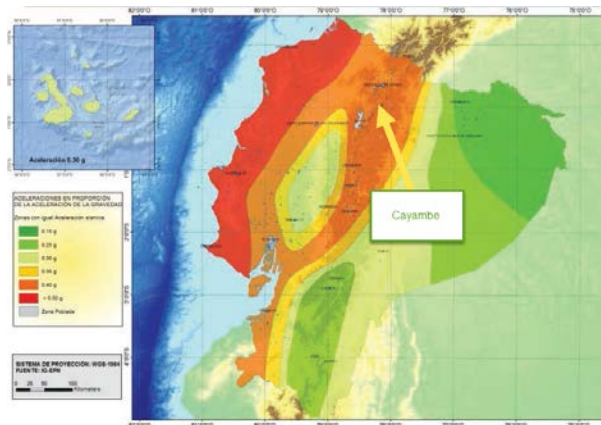


Debido a que Ecuador se encuentra en una zona de alto riesgo sísmico, existe la necesidad de evaluar la vulnerabilidad de las estructuras en entornos urbanos. Debido a que es allí donde se concentra la mayor parte de la población, las infraestructuras y servicios. En conclusión, el comportamiento de las estructuras ante la ocurrencia de sismos intensos, es el responsable de evitar verdaderas catástrofes sísmicas.

## CORTANTE BASAL PARA ESTRUCTURAS DIFERENTES A LAS EDIFICACIONES

Zona sísmica. (NEC, 2015)(Cap. 3.1).

**Ilustración 56:** Zonificación sísmica



**Fuente:** (NEC, 2015).

$$Zona\ sísmica = V$$

$$Z = 0.4$$

Coefficientes de perfil de suelo. (NEC, 2015)(Cap. 3.2.2).

**Tabla 25:** Factor  $F_a$

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	$\geq 0.5$
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.4	1.25	1.1	1.0	0.85
F	Véase <a href="#">Tabla 2</a> : Clasificación de los perfiles de suelo y la sección <a href="#">10.5.4</a>					

**Fuente:** (NEC, 2015).

$$F_a = 1.2$$

Componentes horizontales de la carga sísmica. (NEC, 2015)(Cap. 3.3).

**Tabla 26:** Amplificación espectral

- $\eta = 1.80$  : Provincias de la Costa ( excepto Esmeraldas),
- $\eta = 2.48$  : Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos
- $\eta = 2.60$  : Provincias del Oriente

**Fuente:** (NEC, 2015).

$$\eta = 2.48$$



**Tabla 27:** Importancia de la estructura

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Coefficiente I
Edificaciones esenciales	Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras substancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras substancias peligrosas.	1.5
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente	1.3
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores	1.0

Fuente: (NEC, 2015).

$$I = 1$$

Cortante Basal

$$V = \eta * Z * F_a * I * W$$

Dónde:

$V =$  Cortante Basal.

$\eta =$  Razón entre la aceleración espectral y el PGA.

$Z =$  Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño.

$F_a =$  Coeficiente de amplificación de suelo.

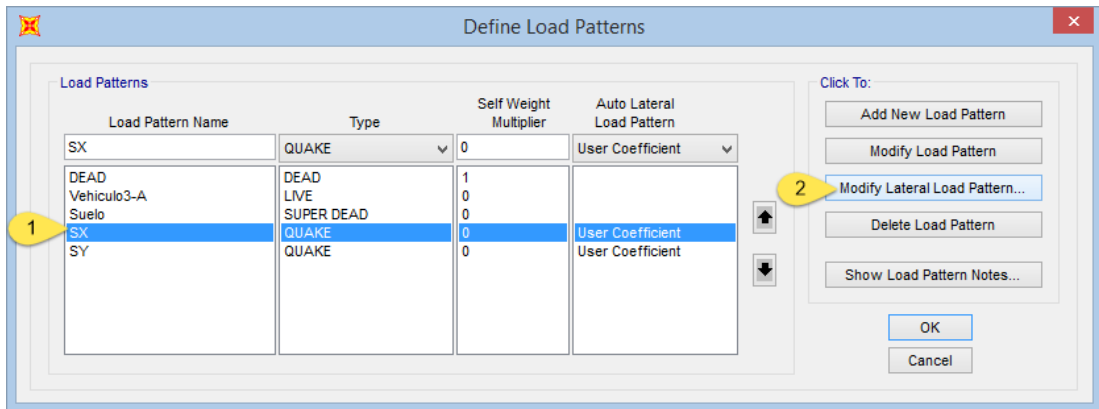
$I =$  Coeficiente de importancia.

$W =$  Carga sísmica reactiva.

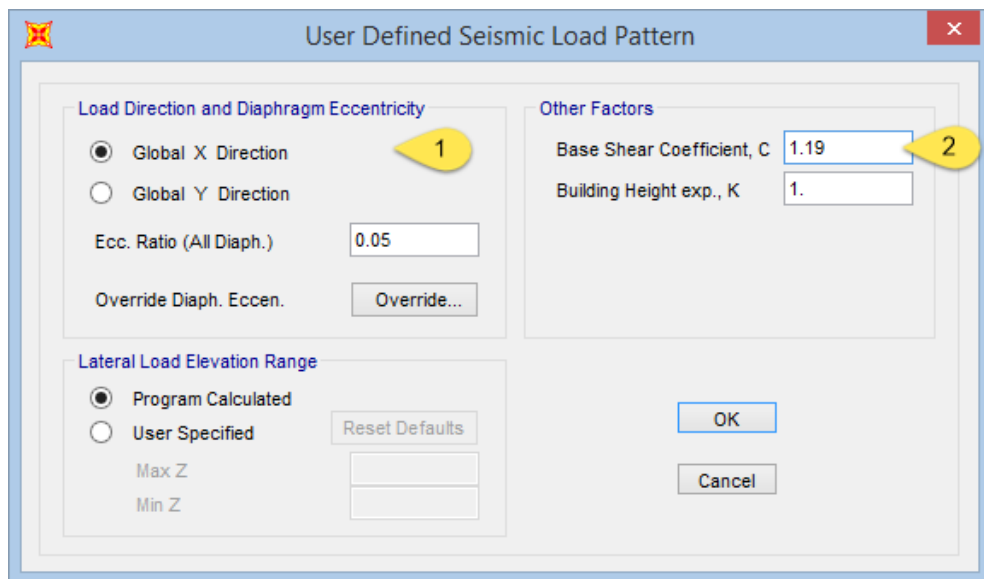
$$V = 2.48 * 0.4 * 1.2 * 1 * W$$

$$V = 1.19 * W$$

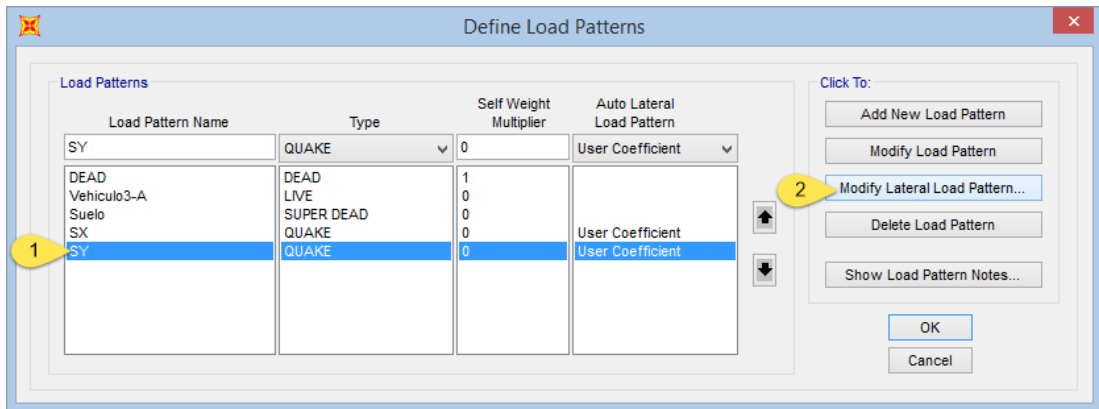
Modificar SISMO en X.



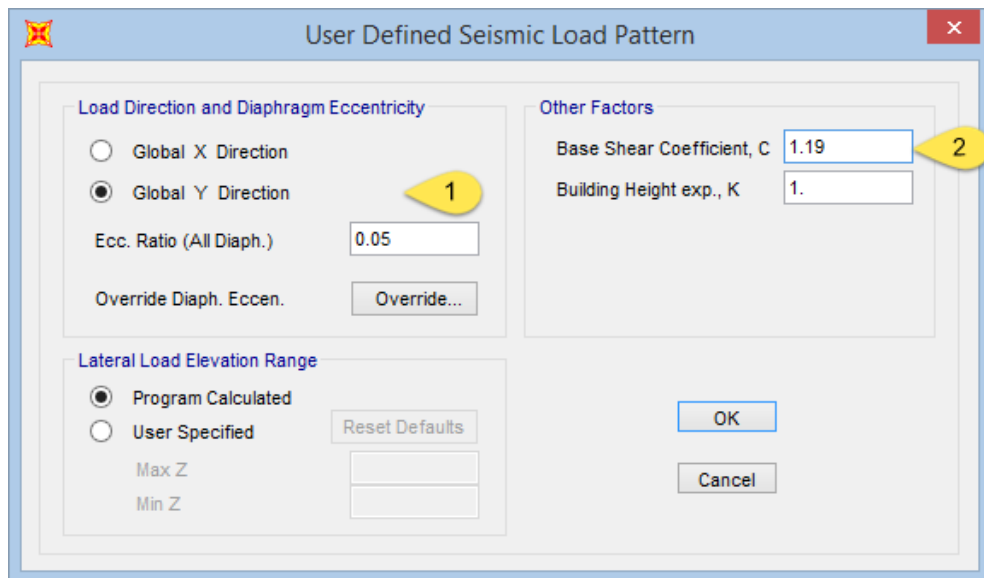
Agregar CORTANTE BASAL en SISMO X.



Modificar SISMO en Y.



Agregar CORTANTE BASAL en SISMO Y.



Combinaciones de carga recomendadas en la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

$$Comb1 = 1.4 D$$

$$Comb2 = 1.2 D + 1.6 L + 1.6 H$$

$$Comb3 = 0.9 D \pm 1 E$$

$$Comb4 = 1.2 D + 1 L \pm 1 E$$

Dónde:

$D =$  Carga Permanente (Carga muerta)

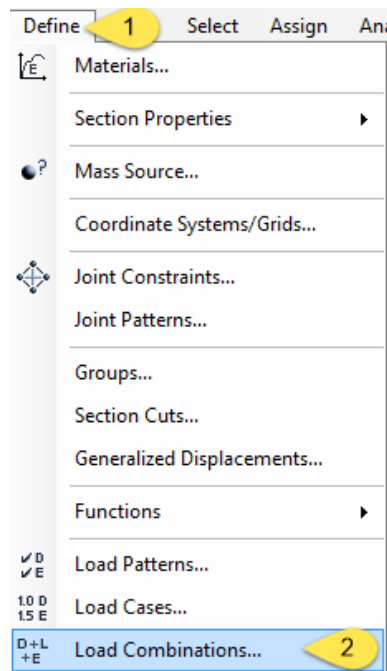
$L =$  Sobrecarga (Carga viva)

$E =$  Carga de sismo

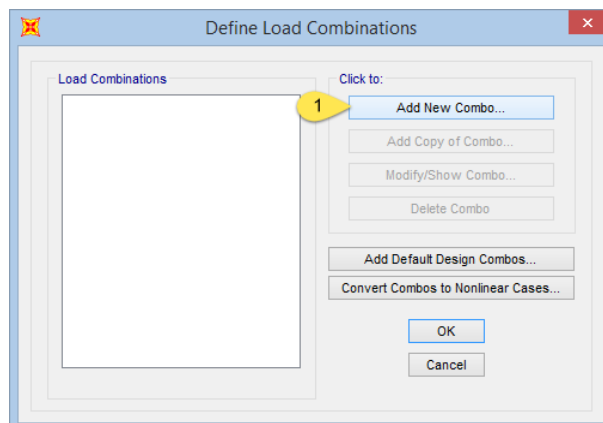
$H =$  Carga por presión lateral (Suelo)

La presión ejercida por las aguas servidas es mínima, ya que la altura máxima del nivel del agua proyectada es solo de 10cm, motivo por el cual no se tomara en cuenta.

Definir combinaciones de carga.



Añadir nueva combinación.



Ingresar factores de mayoración de carga.

Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated) 1 COMB1

Notes Modify/Show Notes...

Load Combination Type Linear Add

Options

Convert to User Load Combo Create Nonlinear Load Case from Load Combo

Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
DEAD	Linear Static	1.4
DEAD	Linear Static	1.4

Add  
Modify  
Delete

OK Cancel

Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated) COMB2

Notes Modify/Show Notes...

Load Combination Type Linear Add

Options

Convert to User Load Combo Create Nonlinear Load Case from Load Combo

Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
DEAD	Linear Static	1.2
DEAD Vehiculo3-A	Linear Static	1.6
Suelo	Linear Static	1.6

Add  
Modify  
Delete

OK Cancel

**Load Combination Data**

Load Combination Name (User-Generated): COMB3

Notes: Modify/Show Notes...

Load Combination Type: Linear Add

Options: Convert to User Load Combo, Create Nonlinear Load Case from Load Combo

Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
SX	Linear Static	1
DEAD	Linear Static	0.9
SX	Linear Static	1

Add, Modify, Delete

OK, Cancel

**Load Combination Data**

Load Combination Name (User-Generated): COMB7

Notes: Modify/Show Notes...

Load Combination Type: Linear Add

Options: Convert to User Load Combo, Create Nonlinear Load Case from Load Combo

Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
SX	Linear Static	1
DEAD	Linear Static	1.2
Vehiculo3-A	Linear Static	1
SX	Linear Static	1

Add, Modify, Delete

OK, Cancel

Listado total de combinaciones.

**Define Load Combinations**

Load Combinations:

- COMB1
- COMB2
- COMB3
- COMB4
- COMB5
- COMB6
- COMB7
- COMB8
- COMB9
- COMB10

Click to:

Add New Combo...

Add Copy of Combo...

Modify/Show Combo...

Delete Combo

Add Default Design Combos...

Convert Combos to Nonlinear Cases...

OK, Cancel

## CASO 1

En este primer caso se diseñará la estructura del colector sanitario que está ubicado a una profundidad de 5.66m. Las fuerzas que actuarán sobre éste es la presión del suelo con un peso específico de 2.66g/cm<sup>3</sup>.

Seleccionar toda la estructura, asignar Join Patterns e ingresar los datos necesarios.

Pattern Data

Pattern Name: Presion de Suelo

Pattern Assignment Type:

- X, Y, Z Multipliers (Pattern Value = Ax + By + Cz + D)
- Z Coordinate at Zero Pressure and Weight Per Unit Volume

Pattern Value = Ax + By + Cz + D

Constant A: 0.

Constant B: 0.

Constant C: -2.66

Constant D: 15.06

Restrictions:

- Use all values
- Zero Negative values
- Zero Positive values

Options:

- Add to existing values
- Replace existing values
- Delete existing values

OK Cancel

Seleccionar el techo de la estructura, asignar presión de suelo.

Area Surface Pressure Load

Load Pattern Name: + Suelo

Units: Tonf, m, C

Pressure:

- By Element
- By Joint Pattern

Pattern: Presion de S

Multiplier: 1

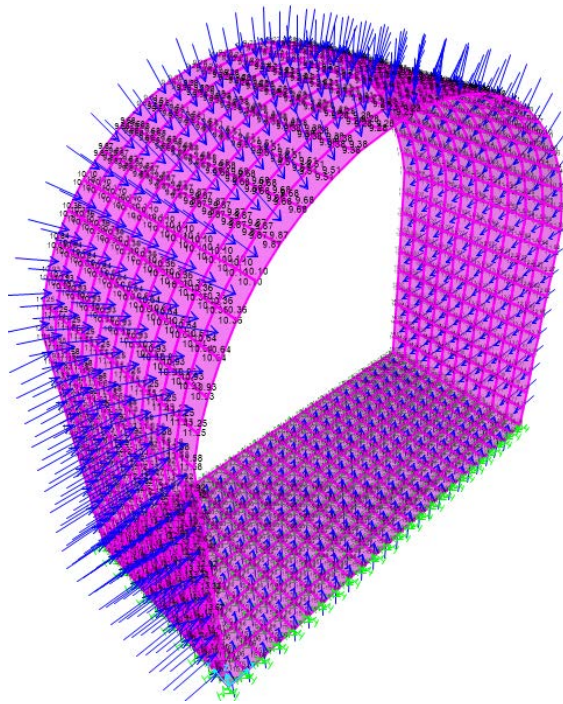
Face: Top

Options:

- Add to Existing Loads
- Replace Existing Loads
- Delete Existing Loads

OK Cancel

Repetir el proceso con las paredes y el piso de la estructura. Visualización de resultados.

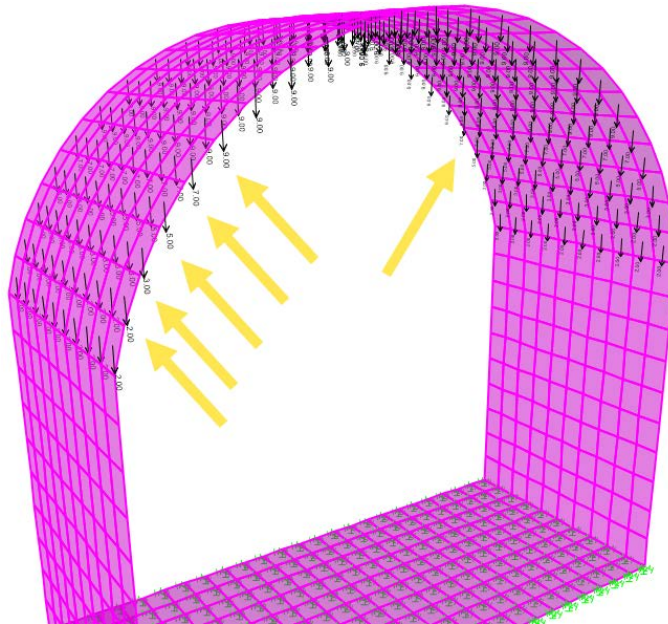


## **CASO 2**

En este segundo caso la estructura del colector sanitario que está ubicado a una profundidad de 2.40m. Estará sometido a una carga vehicular de un camión tipo (3.A) además de la presión del suelo.

Seleccionar la bóveda o cúpula, asignar la carga vehicular de acuerdo al bulbo de presiones.





Al igual que en caso anterior, Seleccionar toda la estructura, asignar Join Patterns e ingresar los datos necesarios.

✕
🚩
Pattern Data

**Pattern Name** Presion de Suelo v 1

**Pattern Assignment Type**

X, Y, Z Multipliers (Pattern Value = Ax + By + Cz + D)

Z Coordinate at Zero Pressure and Weight Per Unit Volume

**Pattern Value = Ax + By + Cz + D**

Constant A

Constant B

Constant C  2

Constant D  3

**Restrictions**

Use all values

Zero Negative values

Zero Positive values

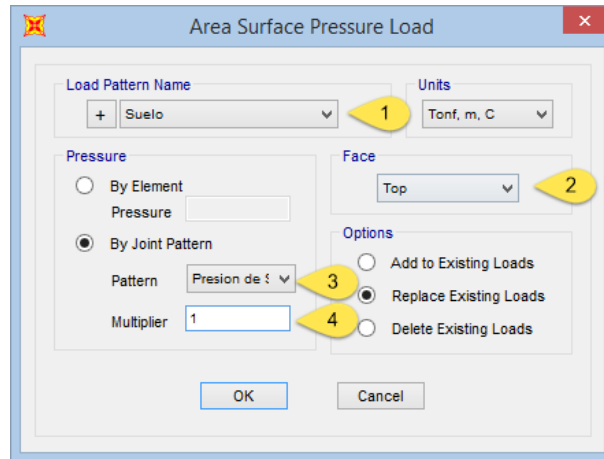
**Options**

Add to existing values

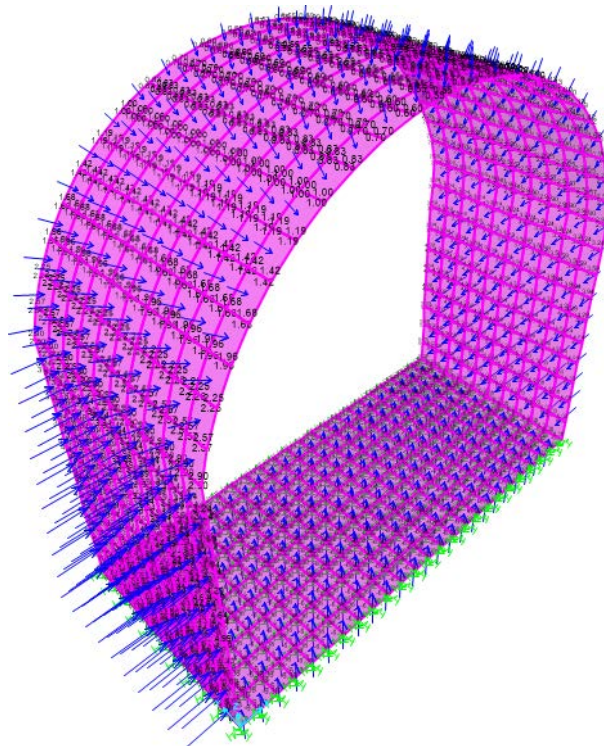
Replace existing values

Delete existing values

Seleccionar el techo de la estructura, asignar presión de suelo.

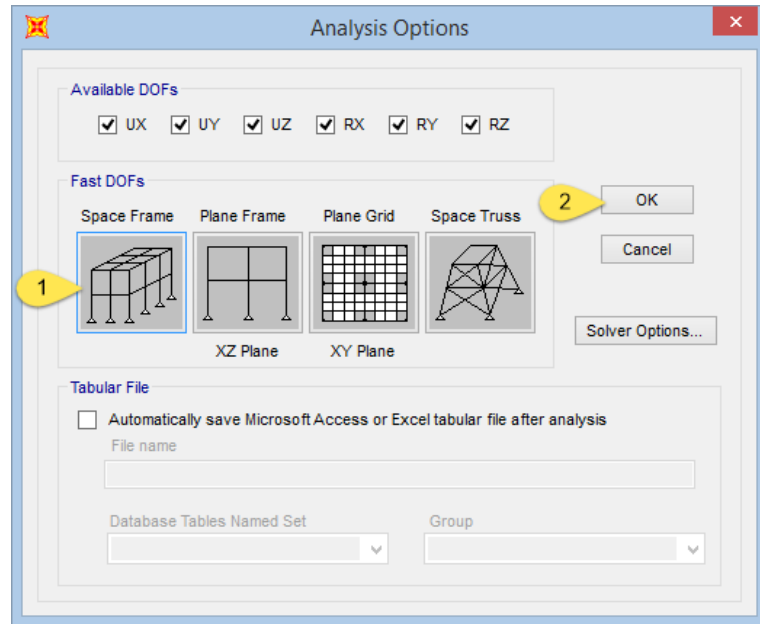


Repetir el proceso con las paredes y el piso de la estructura. Visualización de resultados.

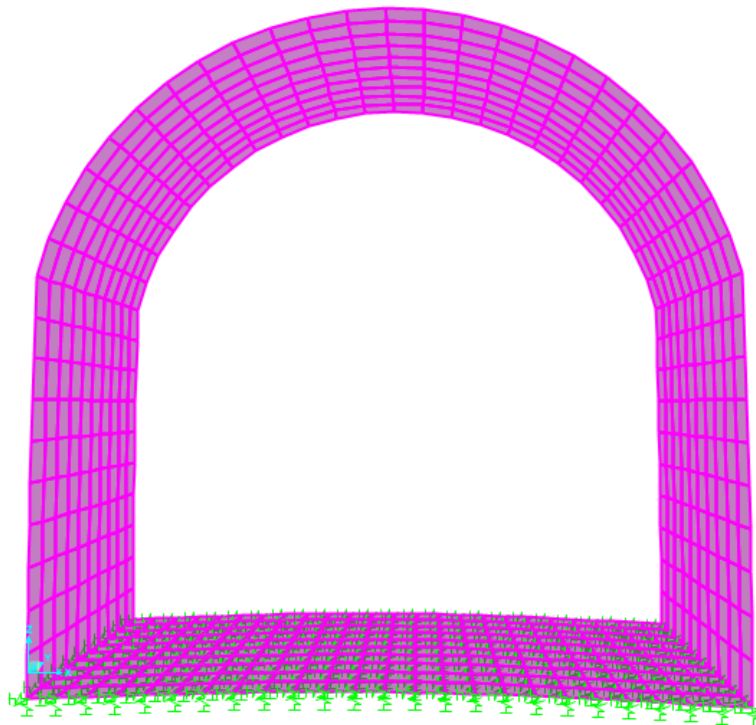


Los diferentes tipos de cargas aplicadas a la estructura es la causa que tengamos dos casos de modelación, a partir de este punto los procedimientos para el análisis y posterior diseño serán los mismos. Por tal motivo sólo se mostrarán las capturas de uno de estos casos, al final se mostrarán los resultados de ambos.

En los dos casos definir opciones de análisis y ejecutar.

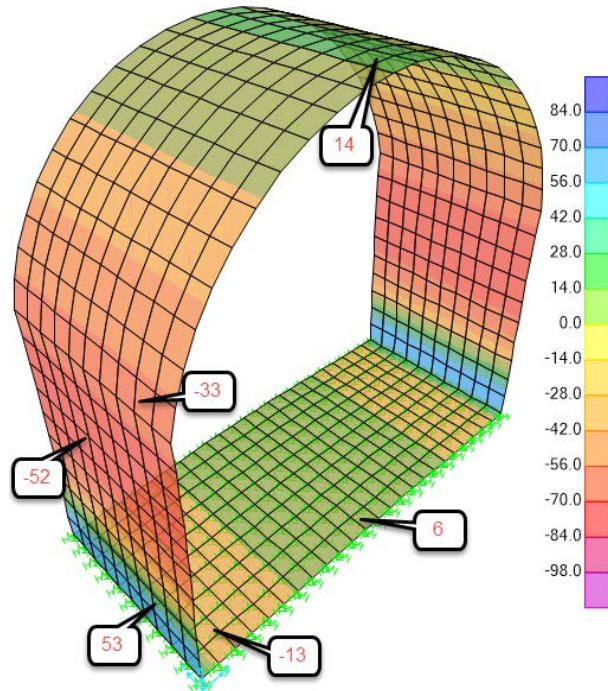


Visualización de deformada caso 2 Comb2.

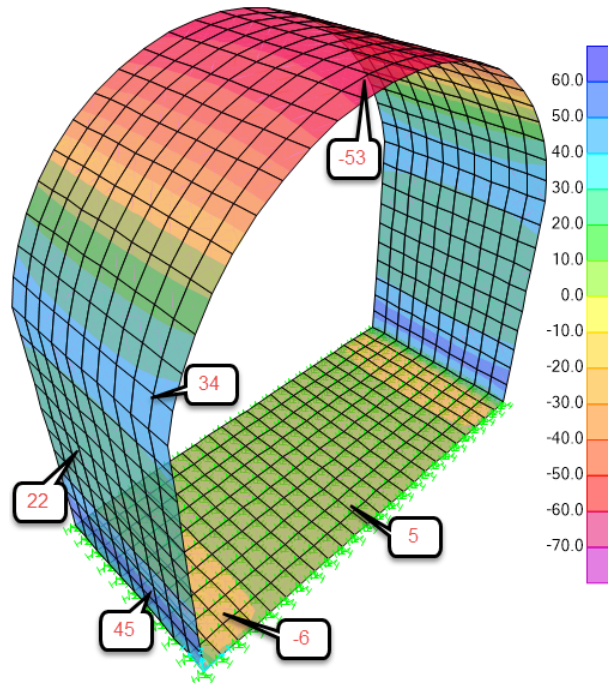


Visualización de Resultados en cara superior COMB2 S22. (kg/cm<sup>2</sup>).

**Caso 1**

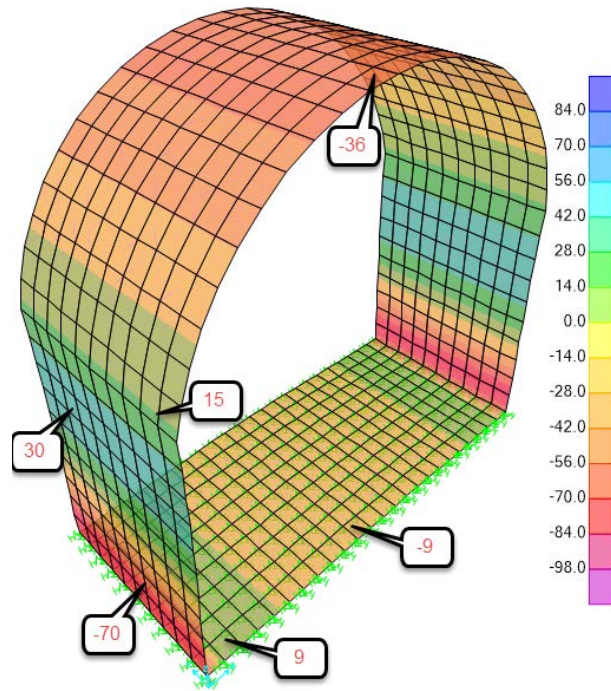


**Caso 2**

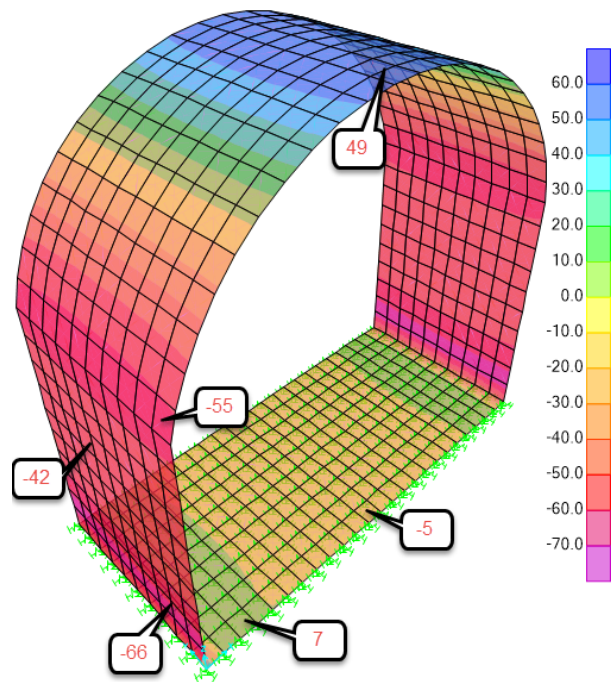


Visualización de Resultados en cara inferior COMB2 S22. (kg/cm<sup>2</sup>).

**Caso 1**



**Caso 2**



Comparando los resultados obtenidos de los dos casos, podemos apreciar que:

- Las estructuras debido a las diferentes cargas que están siendo aplicadas, hacen que se comporten de manera muy diferente en ambos casos.
- En la cara superior de la cúpula observamos en el primer caso la presencia de esfuerzos de Tensión, mientras que en el segundo caso existe esfuerzos de Compresión.
- En la cara interior de la cúpula de la misma manera en el primer caso se observa esfuerzos de Compresión, y en el segundo caso Tensión.

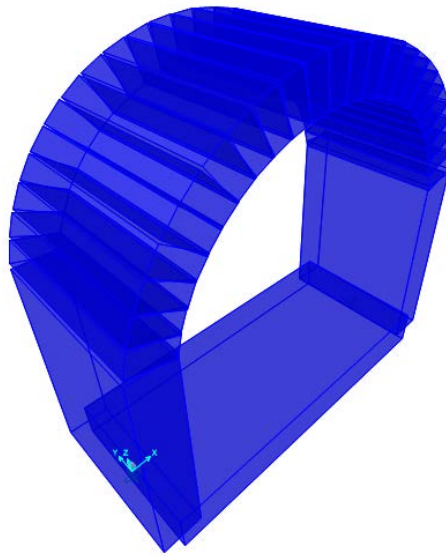
El siguiente paso a realizar es el DISEÑO de la estructura, en donde podremos obtener el área de refuerzo de acero necesaria para que la estructura resista correctamente todos los esfuerzos a los que está sometido en los dos casos en estudio.

Completar el proceso de diseño conlleva necesariamente a una nueva modelación de la estructura, pero en esta ocasión se lo realizará como un sistema aporticado, utilizando elementos FRAME en vez del elemento SHELL asignado en la modelación anterior. La principal razón por la cual se hace este cambio es porque el Software al tratarse de elementos SHELL únicamente arroja datos de Esfuerzos, mas no de Momentos, datos que son necesarios para el proceso diseño.

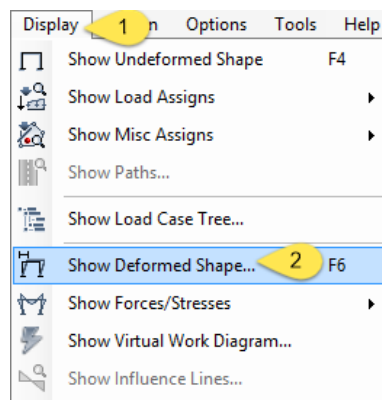
Las dimensiones del elemento FRAME (Viga) en este caso serán de 0.20x1.00m, teniendo en cuenta que el valor de 0.20 debe ser comprobado mediante el diseño, caso contrario será necesario un aumento de sección.

El procedimiento de modelación es el mismo mencionado en el capítulo **4.2.5 ANÁLISIS ESTRUCTURAL UTILIZANDO UN SOFTWARE ESPECIALIZADO** y el capítulo **6.7.4.6 DISEÑO ESTRUCTURAL UTILIZANDO UN SOFTWARE ESPECIALIZADO**.

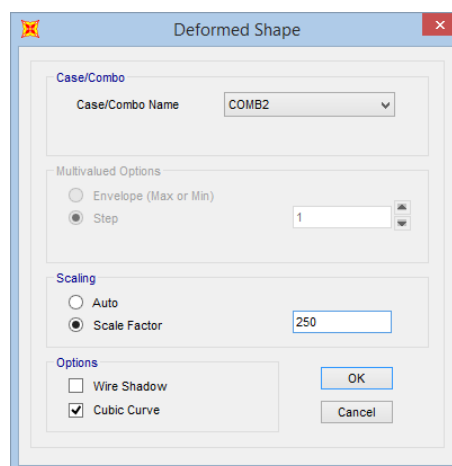
### Ilustración 57: Modelación de embovedado utilizando elementos FRAME



Visualizar deformada.

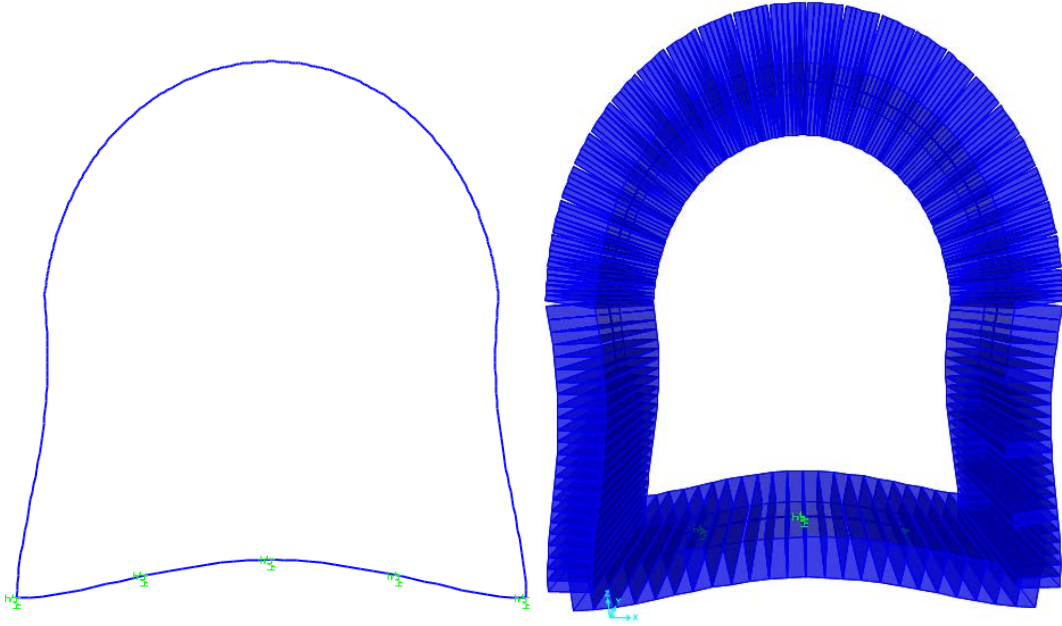


Seleccionar cualquier combinación.

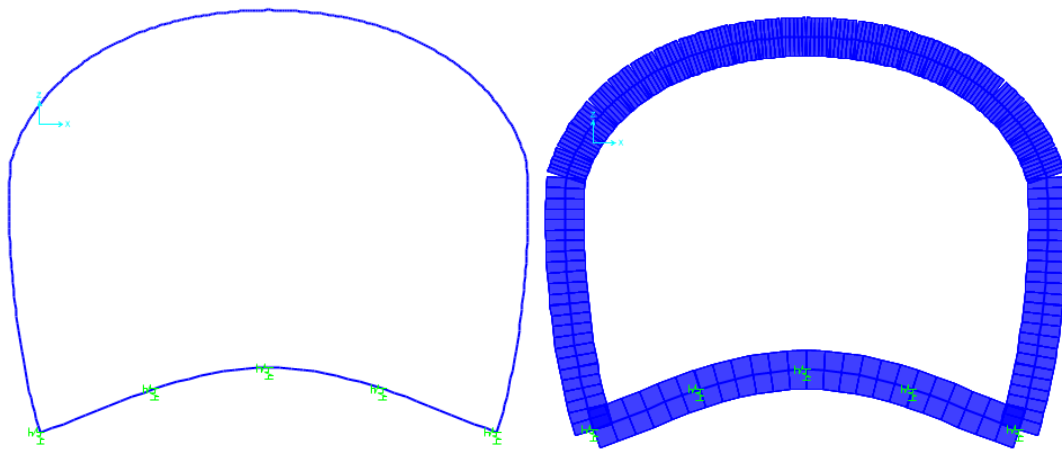


Visualización de deformadas.

**Caso 1.**

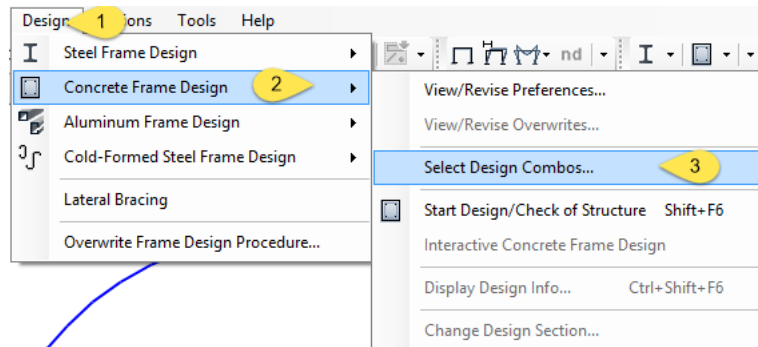


**Caso 2.**

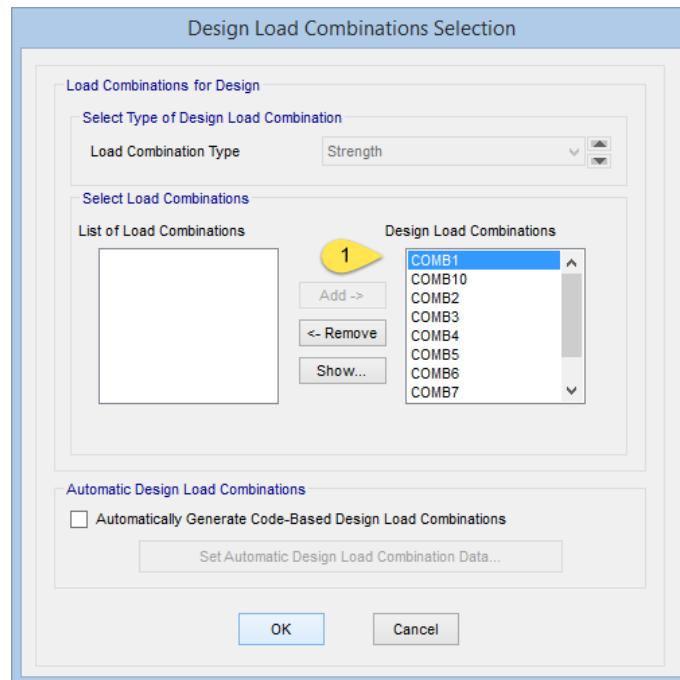




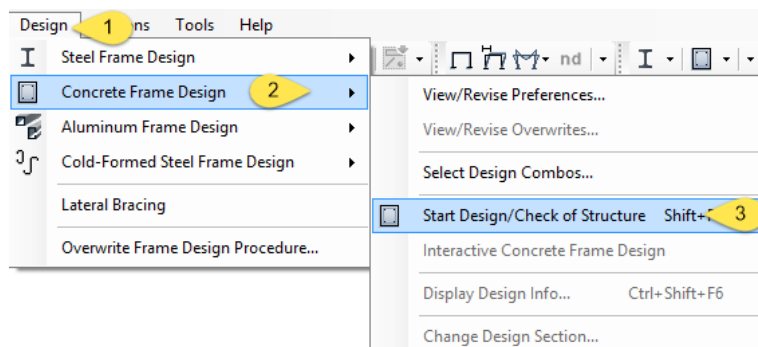
Seleccionar combinaciones de diseño.



Añadir combinaciones de diseño.

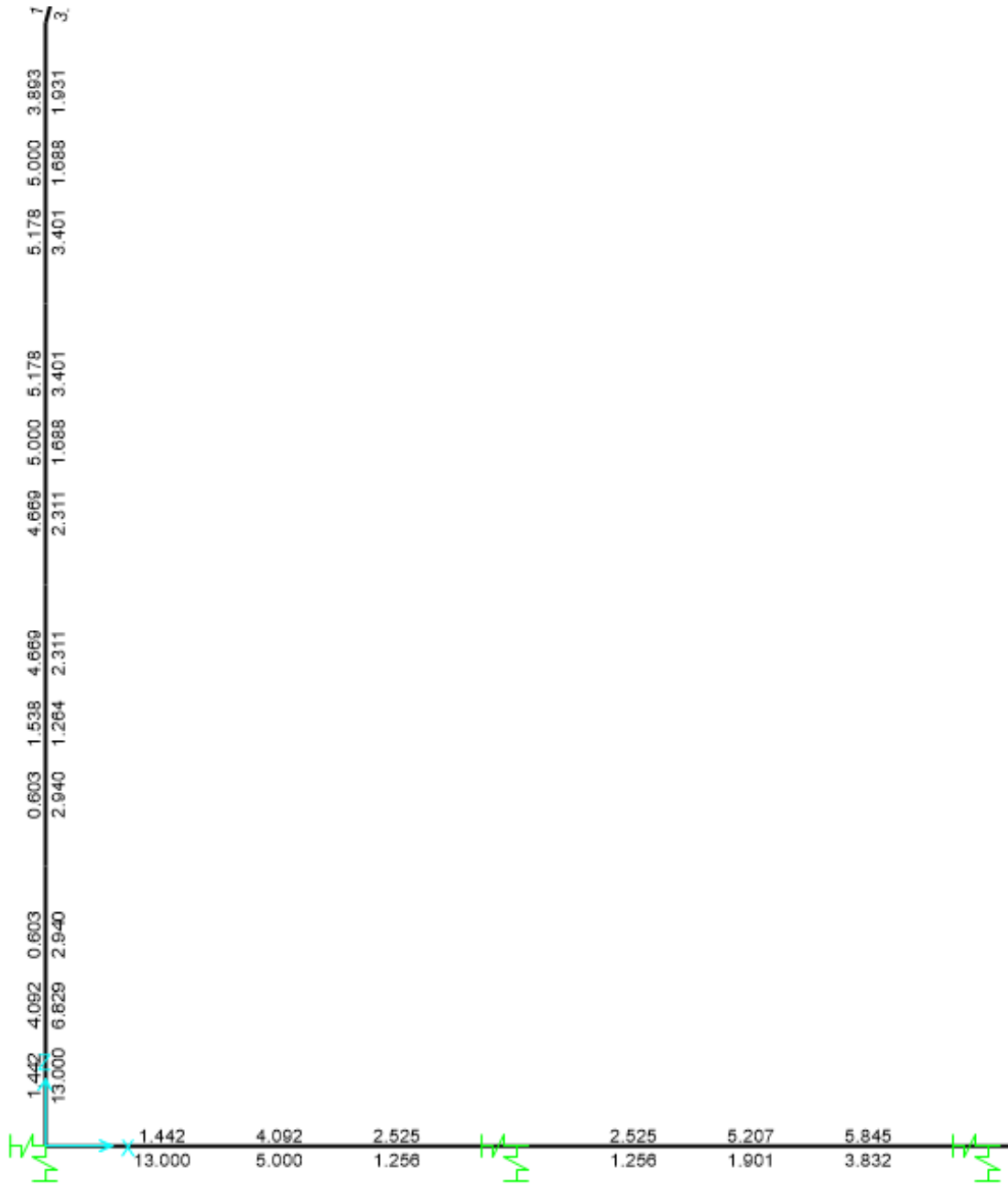


Empezar el diseño.

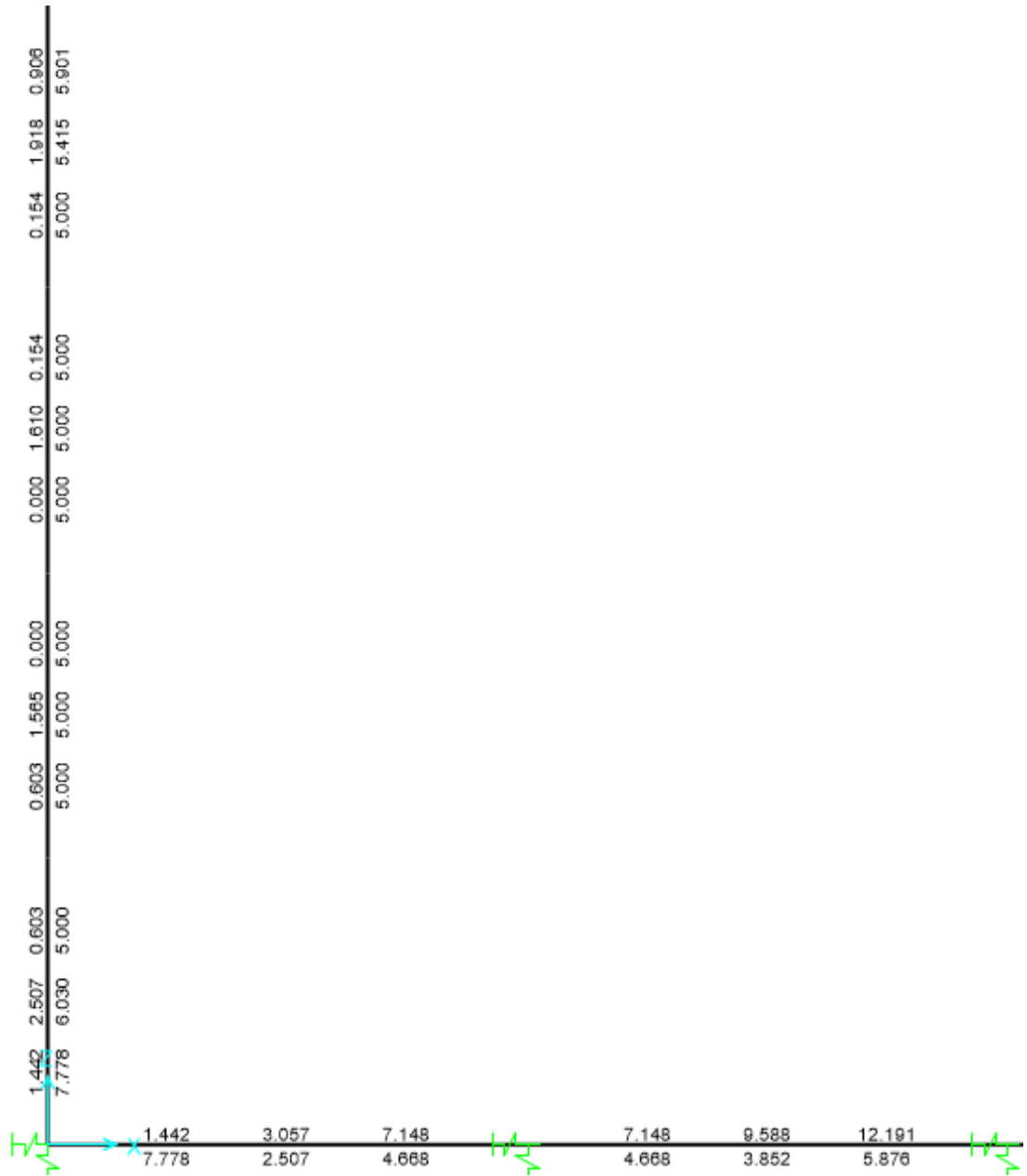


Área de acero en piso y paredes (cm<sup>2</sup>).

**Caso 1.**

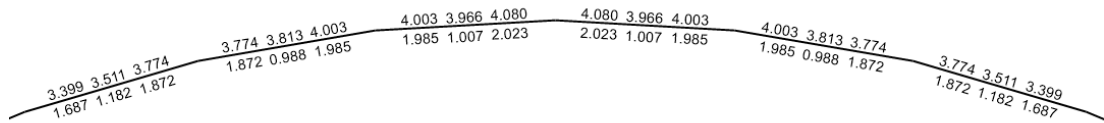


## Caso 2.

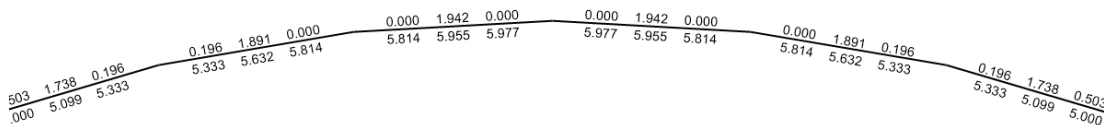


Área de acero techo (cm<sup>2</sup>).

### Caso 1.



### Caso 2.



Finalizado el diseño de los dos casos de estructuras del colector sanitario tenemos las siguientes observaciones:

- La cantidad de acero requerido en el **CASO 1** es mayor que el requerido en el **CASO 2**, motivo por el cual se utilizara esta área de acero para armar toda la sección del colector sanitario.

En toda sección de un elemento sometido a flexión el refuerzo de tracción no debe ser menor que: (ACI 318S, 2011)(10.5.1).

$$A_{s_{min}} = \frac{0.25\sqrt{f'c}}{f_y} * b_w * d$$

$$A_{s_{min}} = \frac{0.25\sqrt{30MPa}}{420MPa} * 100cm * 15cm$$

$$A_{s_{min}} = 4.89cm^2$$

Área de aceros en paredes, piso y bóveda.

**Tabla 28:** Cálculo varillas de acero en paredes

	1Ø12mm@25	1Ø12mm@25	1Ø12mm@20	1Ø12mm@20
Acero Exterior (cm <sup>2</sup> )	4.89	4.89	5.18	5.18
Acero Interior (cm <sup>2</sup> )	13.00	4.89	4.89	4.89
	1Ø12mm@20 1Ø14mm@20	1Ø12mm@25	1Ø12mm@25	1Ø12mm@25

**Elaborado por:** Jairo Cayambe

**Tabla 29:** Cálculo varillas de acero en piso

	1Ø12mm@25	1Ø12mm@20
Acero Superior (cm <sup>2</sup> )	4.89	5.85
Acero Inferior (cm <sup>2</sup> )	13.00	4.89
	1Ø12mm@20 1Ø14mm@20	1Ø12mm@25

**Elaborado por:** Jairo Cayambe

**Tabla 30:** Cálculo varillas de acero en bóveda

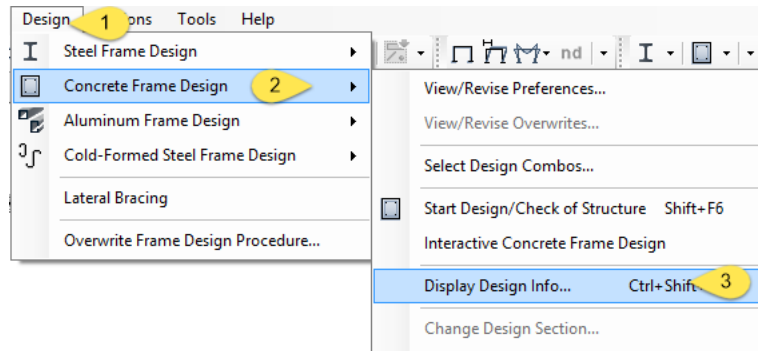
	1Ø12mm@25	1Ø12mm@25
Acero Superior (cm <sup>2</sup> )	4.89	4.89
Acero Inferior (cm <sup>2</sup> )	4.89	4.89
	1Ø12mm@25	1Ø12mm@25

**Elaborado por:** Jairo Cayambe

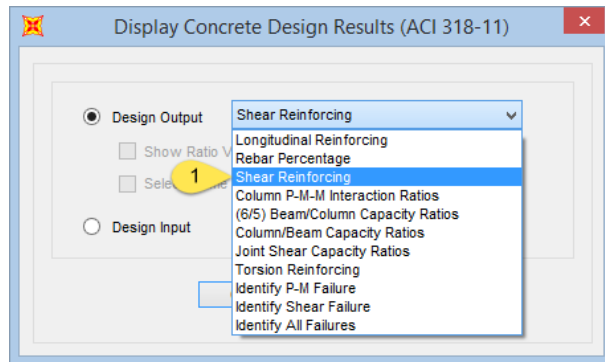
En los resultados anteriores observamos que:

- En la bóveda, paredes y piso, tenemos un área de acero por debajo del mínimo, motivo por el cual tomamos el área de acero mínima.
- El código ACI 318-11 especifica que el espaciamiento máximo no debe superar 3 veces el espesor, ni 450mm, especificaciones que se están cumpliendo.

Visualizar información de diseño.

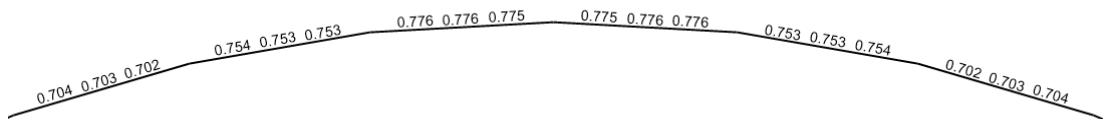


Refuerzo por corte.

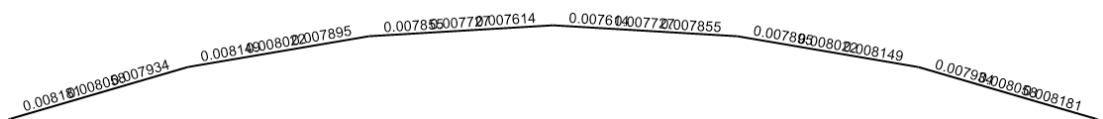


Refuerzo por corte en techo.

**Caso 1.**

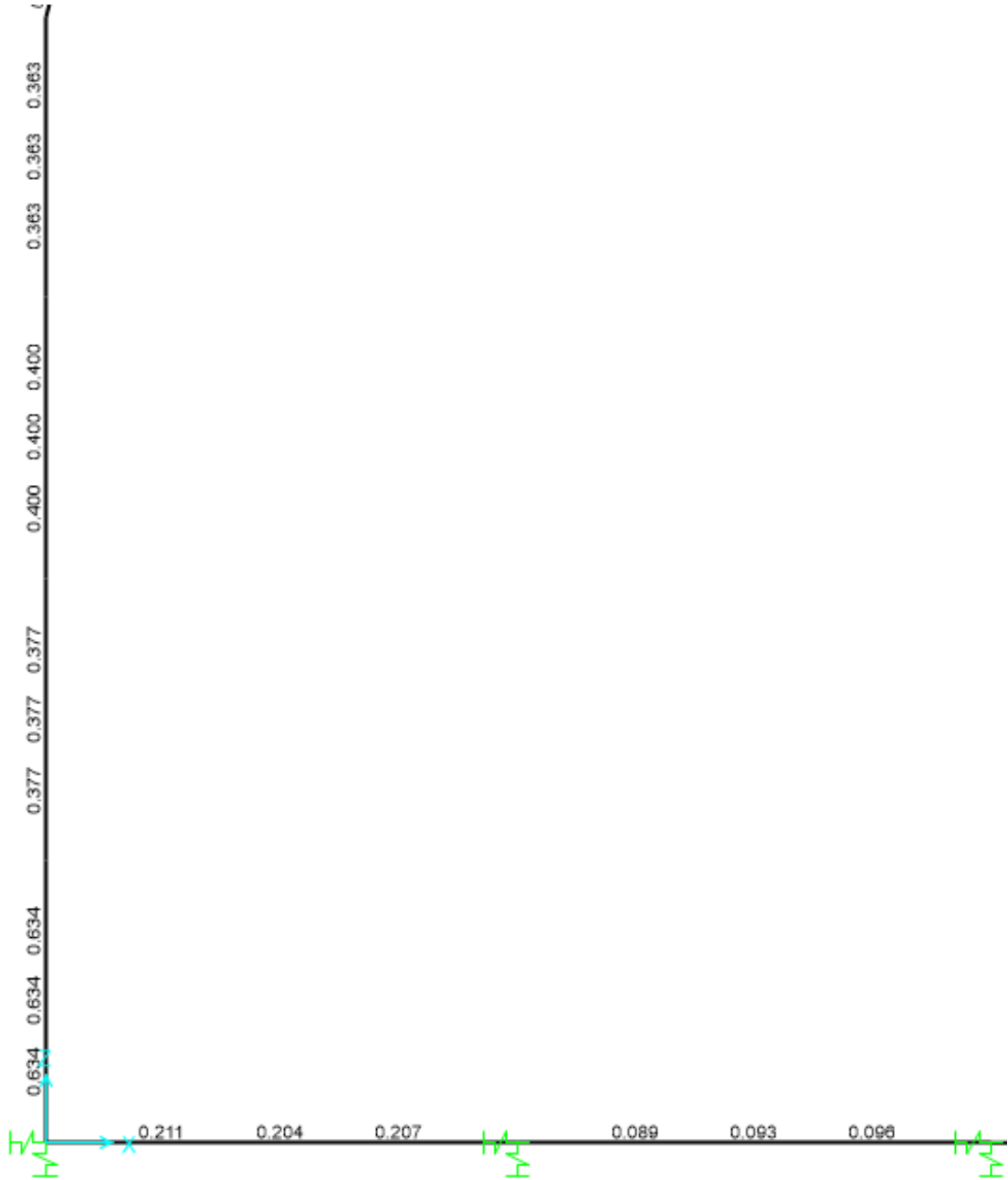


**Caso 2.**

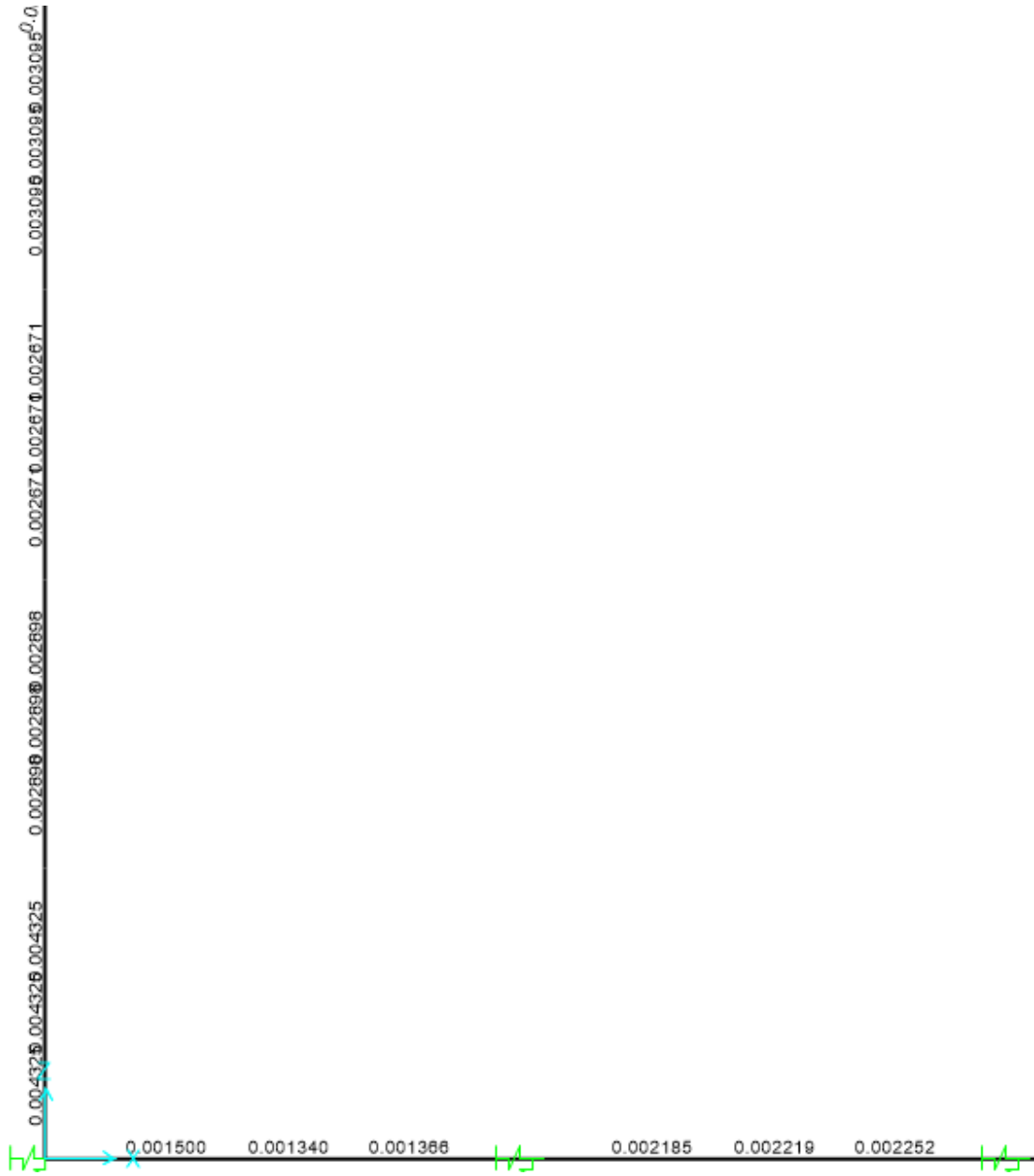


Refuerzo por corte en piso y paredes.

**Caso 1.**



## Caso 2.



$$\textit{Shear Steel} = \frac{\textit{Área}}{\textit{Longitud}}$$



Área de acero por corte en paredes, piso y bóveda.

**Tabla 31:** Cálculo varillas de acero por corte en paredes

Shear área	0.63	0.37	0.40	0.36
Longitud (cm)	11	11	11	11
Área de acero (cm <sup>2</sup> )	6.93	4.07	4.4	3.96
Varillas de acero	5Ø10mm	5Ø10mm	5Ø10mm	5Ø10mm

**Elaborado por:** Jairo Cayambe

**Tabla 32:** Cálculo varillas de acero por corte en piso

Shear área	0.21	0.096
Longitud (cm)	18	18
Área de acero (cm <sup>2</sup> )	3.78	1.73
Varillas de acero	5Ø10mm	2Ø10mm

**Elaborado por:** Jairo Cayambe

**Tabla 33:** Cálculo varillas de acero por corte en bóveda

Shear área	0.78	0.78
Longitud (cm)	4	4
Área de acero (cm <sup>2</sup> )	3.12	3.12
Varillas de acero	4Ø10mm	4Ø10mm

**Elaborado por:** Jairo Cayambe

En el apartado **ANEXO N.-3** se detallan las armaduras del embovedado, se ha utilizado varillas de 12mm@20cm por los siguientes motivos:

- La varilla de 12mm@20 satisface completamente todos los requerimientos de área de acero.
- Las varillas por corte son de 10mm.
- Este diámetro de varilla es fácilmente manejable.
- Se mantiene una uniformidad, utilizando una sola varilla para las paredes y la bóveda.
- Se encuentra fácilmente en el mercado nacional.
- En obra se agiliza el proceso constructivo.

La cuantía de refuerzo de retracción y temperatura medida sobre el área bruta de la sección no debe ser menor a 0.0014. (ACI 318S, 2011)(Cap. 7.12.2.1).

$$\text{Area de acero} = \text{Area Bruta} * 0.0018$$

$$A_T = (170\text{cm} * 100\text{cm}) * 0.0014$$

$$A_T = 24\text{cm}^2$$

Para cubrir esta demanda de acero requerida para el bordillo interno del colector sanitario se utilizará una malla electro soldada de 10cm x 10cm x 9mm

## **6.8 ADMINISTRACIÓN**

El trabajo investigativo aquí presentado ha sido desarrollado bajo la supervisión del Ing. Mg. Santiago Medina, tutor del trabajo estructurado de manera independiente previo a la obtención del título de Ingeniero Civil elaborado por el estudiante Jairo Damián Cayambe Grefa.

## **6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN**

Para el desarrollo del presente trabajo investigativos se tomó como referencia técnica el código ACI 318-2011 y la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015 en el diseño estructural, además de la Norma Boliviana, Reglamentos técnicos de diseño para sistemas de agua potable 2004 para el diseño hidráulico.

## BIBLIOGRAFÍA

- A. Tretiakov, M. R. (1982). *Trabajos de hormigón y de armadura*. Moscú: MIR.
- ACI 318S. (2011). *Requisitos de reglamento para concreto estructural*. Farmington Hills: ACI 318.
- Aguilar, C. A. (2004). *Reglamentos Técnicos de Diseño para Sistemas de Agua Potable*. La Paz.
- Alcántara, D. (2007). *Topografía y sus aplicaciones*. México: Grupo Editorial Patria.
- Angulo, G. (Octubre de 2008). Reforzamiento de mampostería de ladrillo artesanal. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Arias, N. (Agosto de 2008). Hundimiento El Trébol “Respuesta a la Emergencia”. *Hundimiento El Trébol “Respuesta a la Emergencia”*. Quito, Pichincha, Ecuador: Instituto de Altos Estudios Nacionales.
- Babbitt, H. E. (1949). *Alcantarillado y tratamiento de aguas negras*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Bannister, A. S. (2002). *Técnicas Modernas en Topografía*. México: Alfaomega.
- Bravo, D. (2013). Determinación del origen de las patologías estructurales existentes en la catedral Nueva Inmaculada Concepción de Cuenca. Cuenca, Azuay, Ecuador.
- Cabezas, F. (2011). *Método constructivo de un sistema de alcantarillado en túnel aplicado al tramo 4-E para la descontaminación del río Machángara*. Quito: P.U.C.E.
- Calle, F. (14 de Abril de 2008). Informe Técnico Hundimiento en el Colector de Tránsito “El Trébol”. *Informe Técnico Hundimiento en el Colector de Tránsito “El Trébol”*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Canoba, C. (2004). *Propiedades estáticas de las rocas*. Santa Fe: Universidad Nacional de Rosario.
- Cengel, Y. (2012). *Mecánica de Fluidos*. México: McGraw-Hill.
- Chow, V. T. (1994). *Hidráulica de Canales Abiertos*. Bogotá: McGraw-Hill.
- Construmatica. (24 de Septiembre de 2007). Obtenido de [http://www.construmatica.com/construpedia/Categor%C3%ADa:Patolog%C3%ADas\\_Constructivas](http://www.construmatica.com/construpedia/Categor%C3%ADa:Patolog%C3%ADas_Constructivas)

- Construmatica. (2008). *Construmatica*. Obtenido de [http://www.construmatica.com/construpedia/Colapso\\_estructural](http://www.construmatica.com/construpedia/Colapso_estructural)
- Crespo, C. (2010). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. México: Limusa.
- Cruz, L. (28 de Septiembre de 2009). *ftp.unicauca.edu.co*. Obtenido de <ftp://ftp.unicauca.edu.co>:  
[ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Geotecnia/profesor\\_lucio\\_cruz/Curso%20Fundaciones/Capitulos%20del%20no%20nacido%20Libro/](ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Geotecnia/profesor_lucio_cruz/Curso%20Fundaciones/Capitulos%20del%20no%20nacido%20Libro/)
- Davis, H. E. (1964). *Ensaye e inspección de los materiales en ingeniería*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Echeverría, L. (2010). *Proceso constructivo de una galería de captación de aguas subterráneas, basados en el método utilizado en la "Construcción de la galería exploratoria de Guapulo tercera etapa"*. Quito: PUCE.
- es.scribd.com. (2004). *es.scribd.com*. Obtenido de <http://es.scribd.com/doc/23791893/ERA-Equipo-de-respiracion-autonoma-para-bomberos#scribd>
- es.wikiarquitectura.com. (20 de 03 de 2013). *es.wikiarquitectura.com*. Obtenido de [http://es.wikiarquitectura.com/index.php/G-Cans\\_Project](http://es.wikiarquitectura.com/index.php/G-Cans_Project)
- Estruch, M. S.-A. (2003). *Topografía Subterránea para Minería y Obras*. Barcelona: Ediciones UPC.
- Falcon, C. (1964). *Manual de Tratamiento de Aguas Negras*. México: Limusa.
- Feld, J. (1968). *Fallas Técnicas en la Construcción*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Gaibor, A. (2012). *Resistencia de la Cangahua en función de su composición mineralógica y contenido de humedad en dos sectores de Quito: Sur y Norte*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.
- Gonzales, L. (2002). *Ingeniería Geológica*. Madrid: Pearson.
- Hagen, K. D. (2009). *Introducción a la Ingeniería*. México: Pearson Education.
- Helfgot, A. (1979). *Ensayo de los Materiales*. Buenos Aires: Kapelusz S.A.
- Krochin, S. (1986). *Diseño Hidráulico*. Quito: Editorial de la Escuela Politécnica Nacional.
- Lunardi, P. (2008). *Design and construction of tunnels*. Berlín: Springer.

- Mantilla, F. (24 de Marzo de 2000). *Mecánica de Suelos Elemental para la Ingeniería Civil. Mecánica de Suelos Elemental para la Ingeniería Civil*. Ambato, Tungurahua, Ecuador.
- Mantilla, F. (Septiembre de 2010). *Mecánica de Suelo Técnica para el Ingeniero Civil*. Ambato, Tungurahua, Ecuador.
- Martínez, C. (2012). *Estadística y muestreo*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- McCormac, J. (2010). *Análisis de estructuras*. New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
- McCormac, J. (2010). *Topografía*. México: Limusa Wiley.
- McCormac, J. (2011). *Diseño de concreto reforzado*. México: Alfaomega.
- Moya, D. (2014). *Metodología de diseño del drenaje urbano*. Ambato.
- MTOP. (2009). *Cuadro demostrativo de pesos y dimensiones máximas permitidas*. Quito: MTOP.
- NEC. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción*. Quito: NEC.
- Nilson, A. H. (1982). *Diseño de Estructuras de Concreto Preesforzado*. México: Limusa S.A.
- Olvera, A. (1982). *Análisis, cálculo y diseño de las bóvedas de cascara*. México: Continental.
- Ortiz, L. (2002). *Resistencia de Materiales*. España: McGraw-Hill/Interamericana de España S.A.U.
- Parker, H. (1952). *Mecánica y Resistencia de Materiales*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Parro.com.ar. (s.f.). *Parro.com.ar*. Obtenido de <http://www.parro.com.ar/definicion-de-colapso+estructural>
- Peck, R. (2009). *Ingeniería de Cimentaciones*. México: Limusa Wiley.
- Priego, E. d. (2012). *Túneles y Tuneladoras: Nociones Generales y Topografía para su Guiado*. México: Limusa.
- Purschel, W. (1965). *Las redes urbanas de saneamiento*. Berlín: Urmo S.A.
- Ruiz, M. (2010). *Geología Aplicada a la Ingeniería Civil*. México: Limusa.
- Singh, B. (2011). *Engineering Rock Mass Classification*. Oxford: Elsevier Inc.
- Szechy, K. (1973). *The Art Of Tunnelling*. Budapest: Tankonyvkiado.
- Tatiya, R. (2005). *Civil excavations and tunnelling*. London: Thomas Telford.

Tolentino, V. (04 de Junio de 2014). *es.slideshare.net*. Obtenido de es.slideshare.net:  
<http://es.slideshare.net/freddyramirofloresvega/3aplicacion-mecanica-de-rocas-en-tuneles>

U.P.C. (s.f.). *Historia de los túneles y su evolución histórica*. Cataluña: Universidad Politécnica de Cataluña.

Universidad de Sevilla. (15 de Noviembre de 2010). *Universidad de Sevilla*. Obtenido de Universidad de Sevilla: <http://faeuat0.us.es/fii/apuntes.htm>

Vallejo, L. G. (2002). *Ingeniería Geológica*. Madrid: Pearson Educación.

Wikipedia. (31 de Mayo de 2014). Obtenido de [http://es.wikipedia.org/wiki/Ingenier%C3%ADa\\_estructural](http://es.wikipedia.org/wiki/Ingenier%C3%ADa_estructural)

Wikipedia. (15 de Julio de 2014). *Wikipedia*. Obtenido de [http://es.wikipedia.org/wiki/Actividad\\_econ%C3%B3mica](http://es.wikipedia.org/wiki/Actividad_econ%C3%B3mica)

Wikipedia. (5 de Julio de 2014). *Wikipedia*. Obtenido de [http://es.wikipedia.org/wiki/Crecimiento\\_poblacional](http://es.wikipedia.org/wiki/Crecimiento_poblacional)

www.viajeuniversal.com. (08 de Septiembre de 2006). *www.viajeuniversal.com*. Obtenido de [www.viajeuniversal.com: http://www.viajeuniversal.com/francia/paris/museocloacas/museocloacas\\_galeria.htm](http://www.viajeuniversal.com/francia/paris/museocloacas/museocloacas_galeria.htm)

## ANEXOS

### ANEXO 1.- SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

**Tabla 34:** Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

DIVISIÓN MAYOR		Símbolo	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO		
<b>SUELOS DE PARTICULAS GRUESAS</b> Más de la mitad del material es retenido en la malla número 200 ①	<b>GRAVAS</b> Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla No. 4  PARA CLASIFICACION VISUAL PUEDE USARSE ½ cm. COMO EQUIVALENTE A LA ABERTURA DE LA MALLA No. 4	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos.	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Cu: mayor de 4. COEFICIENTE DE CURVATURA Cc: entre 1 y 3. $Cu = D_{60} / D_{10}$ $Cc = (D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$		
		GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos.		NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA GW.	
		* GM	d u	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo.	LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4.  LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7.	
		GC				Arriba de la "línea A" y con I.P. entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.
		ARENAS CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	SW	Arenas bien graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.	$Cu = D_{60} / D_{10}$ mayor de 6 ; $Cc = (D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$ entre 1 y 3.	
		ARENAS LIMPAS Poco o nada de partículas finas	SP	Arenas mal graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.		No satisfacen todos los requisitos de graduación para SW
	<b>ARENAS</b> Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por la malla No. 4  PARA CLASIFICACION VISUAL PUEDE USARSE ½ cm. COMO EQUIVALENTE A LA ABERTURA DE LA MALLA No. 4	* SM	d u	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4.  LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7.	
		SC				Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla.
		<b>SUELOS DE PARTICULAS FINAS</b> Más de la mitad del material pasa por la malla número 200 ①  Las partículas de 0.074 mm de diámetro (la malla No.200) son, aproximadamente, las más pequeñas visibles a simple vista.	<b>LIMOS Y ARCILLAS</b> Limite Líquido Menor de 50	ML	Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.	<b>G</b> – Grava, <b>S</b> – Arena, <b>O</b> – Suelo Orgánico, <b>P</b> – Turba, <b>M</b> – Limo <b>C</b> – Arcilla, <b>W</b> – Bien Graduada, <b>P</b> – Mal Graduada, <b>L</b> – Baja Compresibilidad, <b>H</b> – Alta Compresibilidad
				CL	Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.	
				OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.	
			<b>LIMOS Y ARCILLAS</b> Limite Líquido Mayor de 50	MH	Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, más elásticos.	
CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.					
OH	Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad.					
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	p	Turbas y otros suelos altamente orgánicos.				

\*\* CLASIFICACIÓN DE FRONTERA- LOS SUELOS QUE POSEAN LAS CARACTERÍSTICAS DE DOS GRUPOS SE DESIGNAN CON LA COMBINACIÓN DE LOS DOS SÍMBOLOS; POR EJEMPLO GW-GC, MEZCLA DE ARENA Y GRAVA BIEN GRADUADAS CON CEMENTANTE ARCILLOSO.  
 ① TODOS LOS TAMAÑOS DE LAS MALLAS EN ESTA CARTA SON LOS U. S. STANDARD.  
 \* LA DIVISIÓN DE LOS GRUPOS GM Y SM EN SUBDIVISIONES d y u SON PARA CAMINOS Y AEROPUERTOS UNICAMENTE, LA SUB-DIVISIÓN ESTA BASADA EN LOS LÍMITES DE ATTERBERG EL SUFICIO d SE USA CUANDO EL L.L. ES DE 28 O MENOS Y EL I.P. ES DE 6 O MENOS. EL SUFICIO u ES USADO CUANDO EL L.L. ES MAYOR QUE 28.

Fuente: (Crespo, 2010)

Elaborado por: Jairo Cayambe

## ANEXO 2.- ANEXOS FOTOGRÁFICOS

### INSPECCIÓN



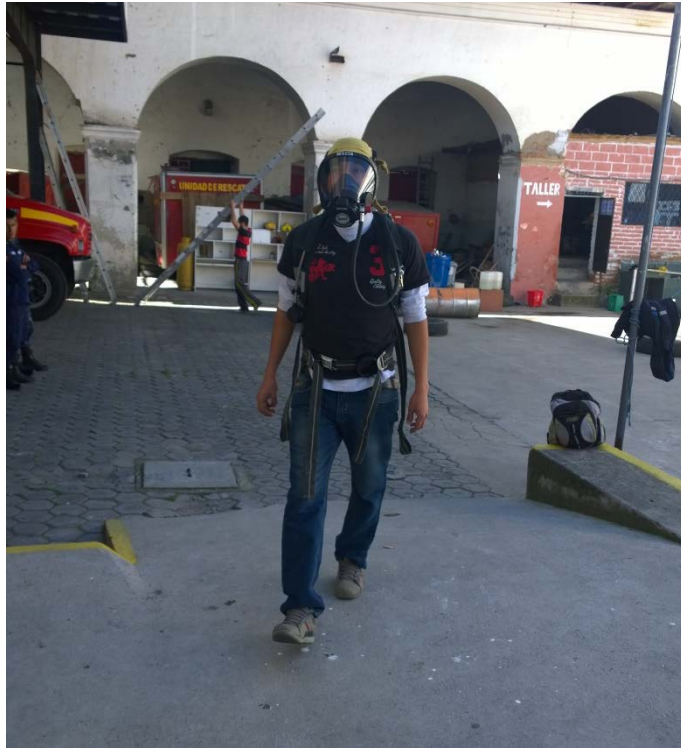


## COLAPSO PREVIO DE COLECTOR



## CAPACITACIÓN PARA USO DE EQUIPO DE RESPIRACIÓN AUTÓNOMO





## TOPOGRAFÍA SUPERFICIAL





## TOPOGRAFÍA SUBTERRÁNEA







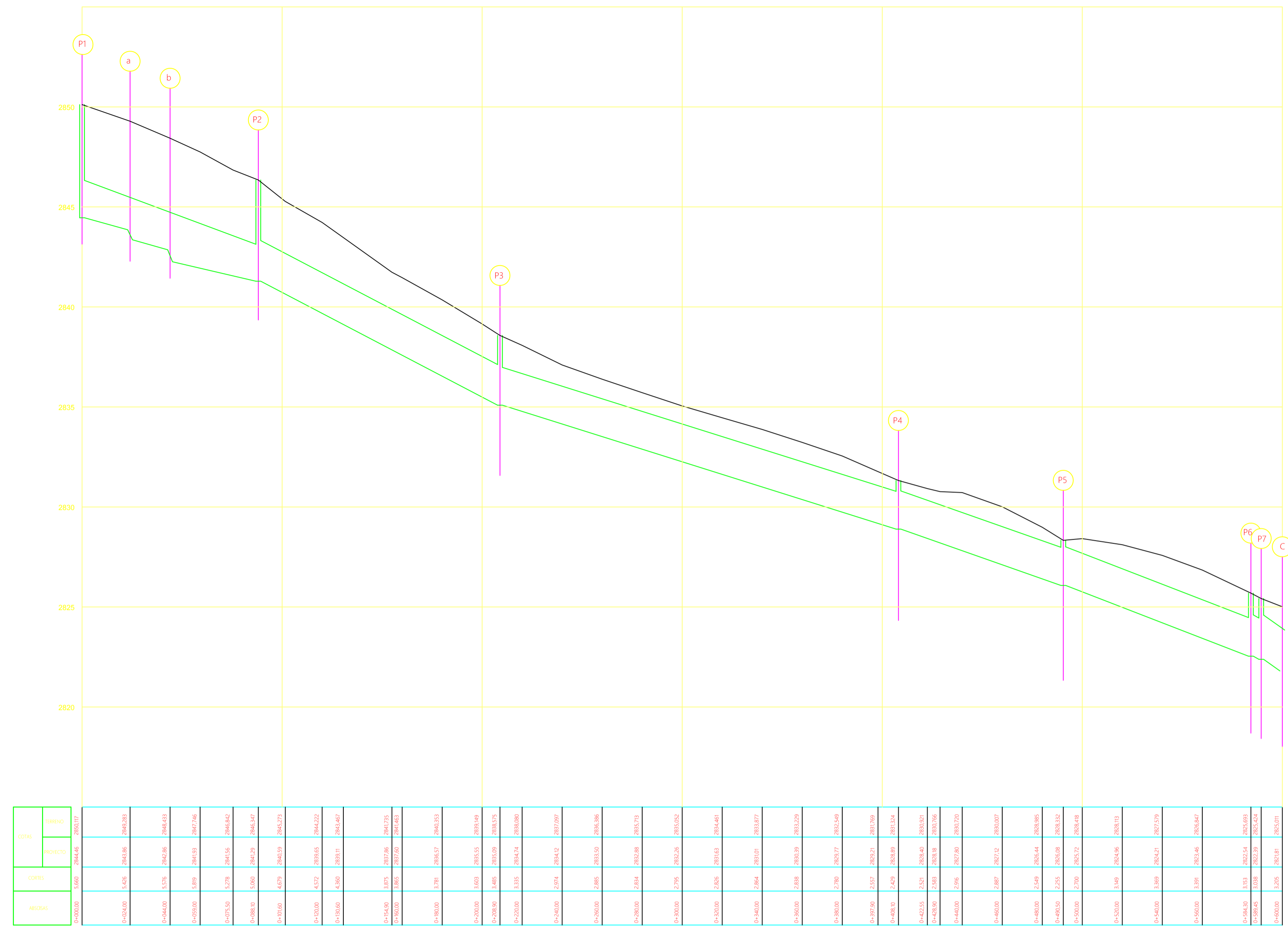




## ENSAYO DE MATERIALES

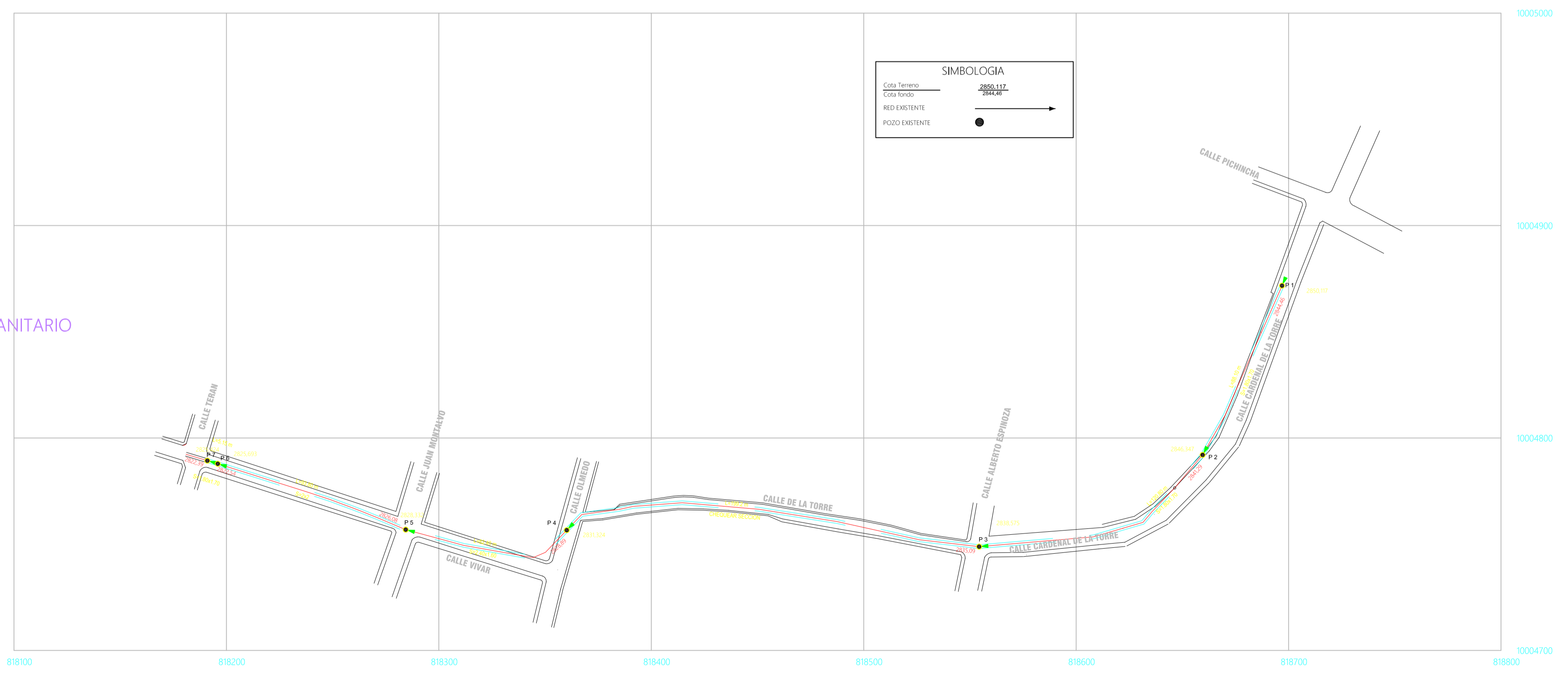







PERFIL DEL COLECTOR SANITARIO  
Esc. V. 1:1500  
H. 1:150


VISTA EN PLANTA DEL COLECTOR SANITARIO  
Esc. 1:1500





UNIVERSIDAD TÉCNICA  
DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



---

**COLECTOR SANITARIO EL TUMBE**

---

CONTIENE:  
VISTA EN PLANTA Y PERFIL DEL COLECTOR SANITARIO  
EL TUMBE

ESCALAS  
INDICADAS

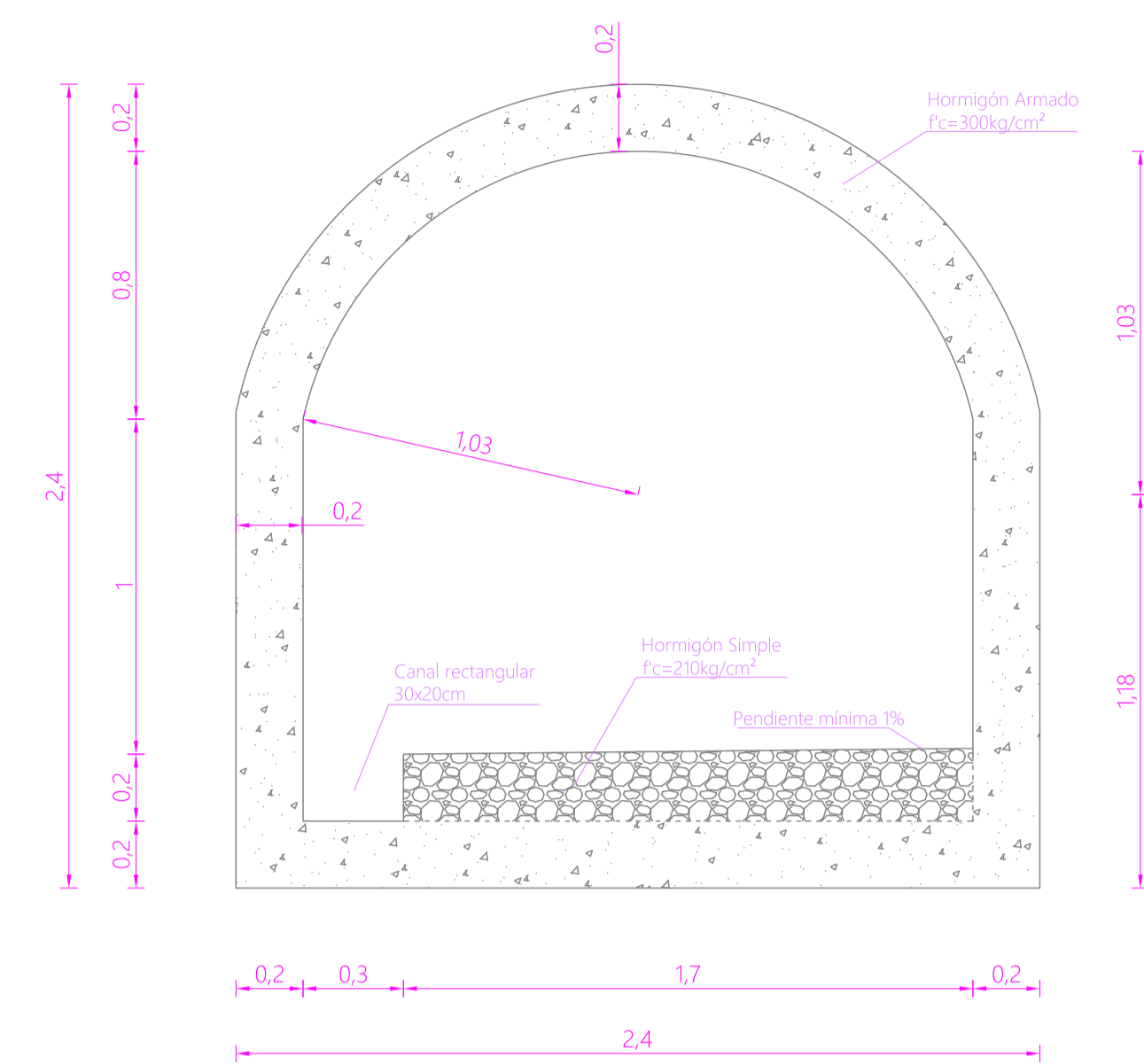
LÁMINA  
ESTRUCTURAL

1/2

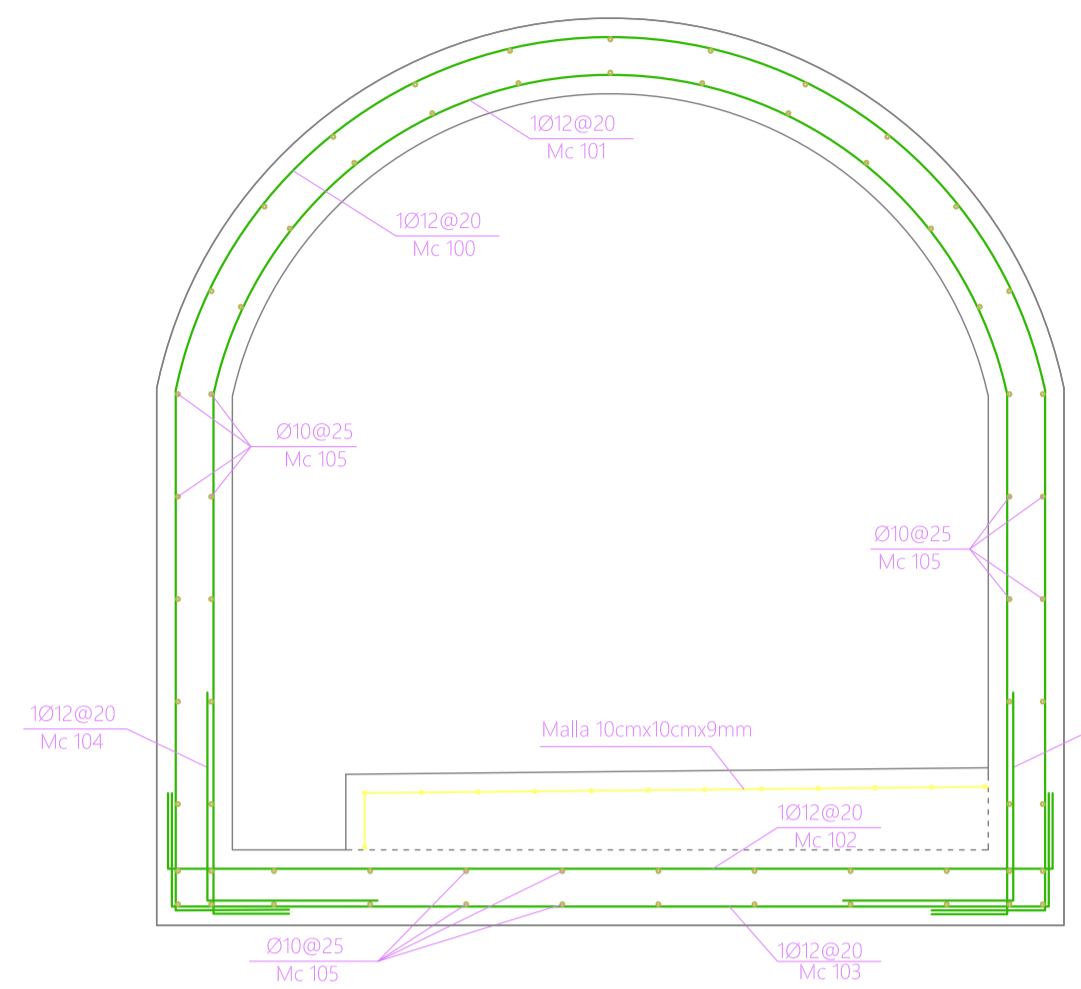
---

JAIRO DAMIÁN CAYAMBE GREFA  
CÁLCULO Y DIBUJO

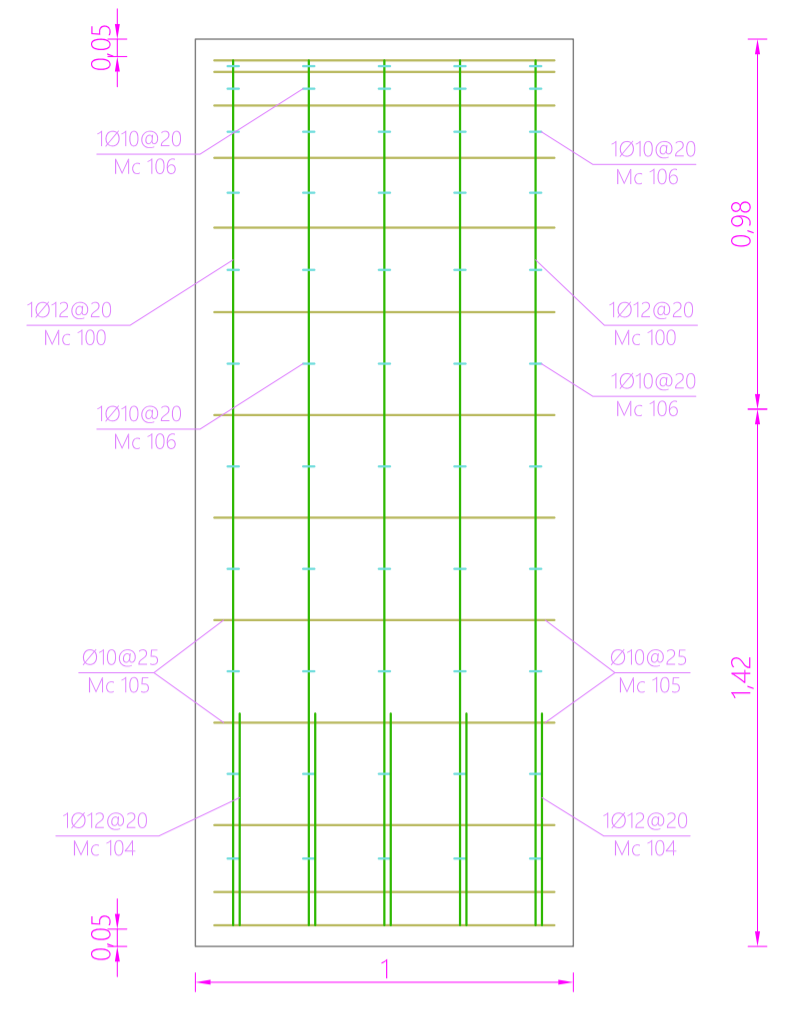
ABRIL DEL 2015  
FECHA



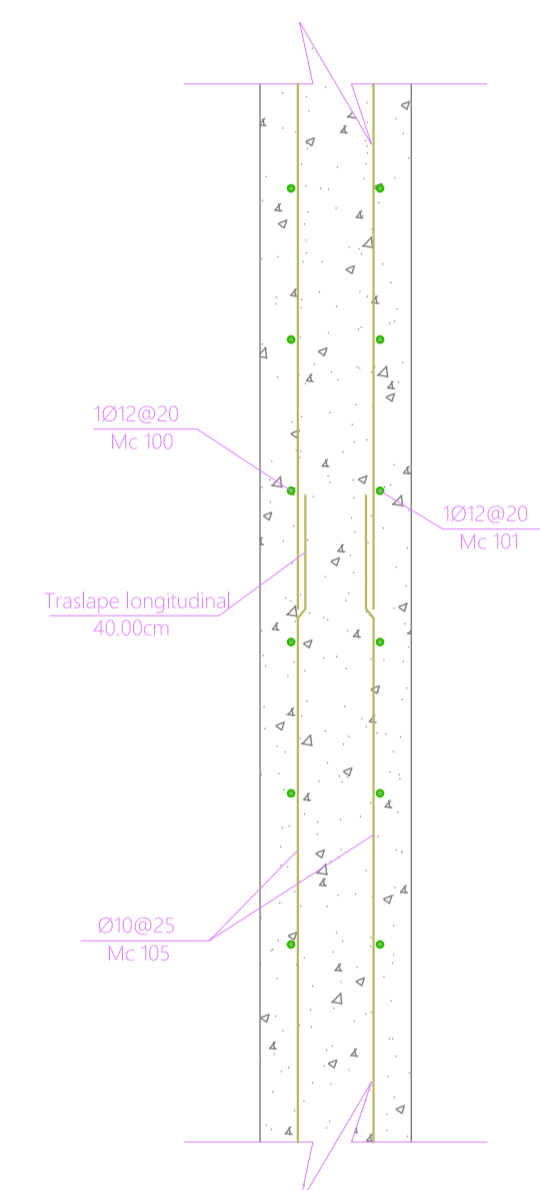
CORTE TRANSVERSAL  
Esc. 1:20



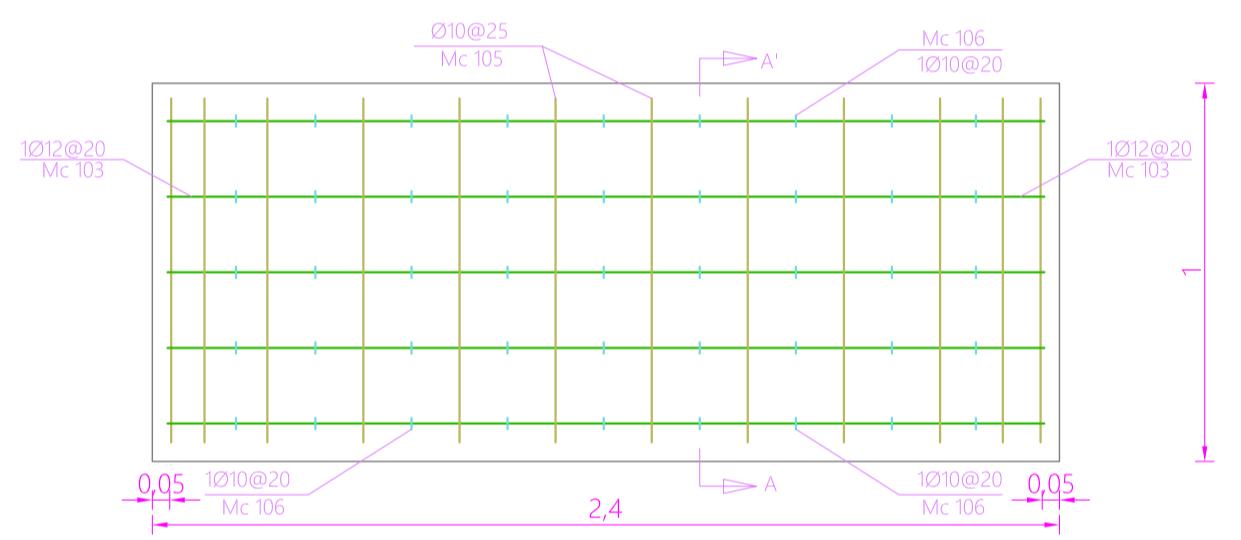
ARMADURA DE ACERO  
Esc. 1:20



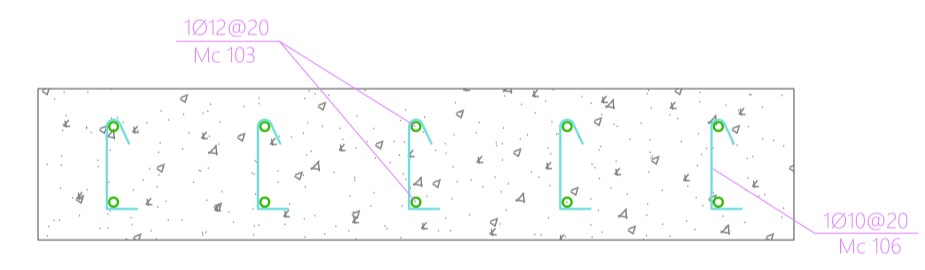
DETALLE DE ARMADURA DE ACERO DE PARED  
Esc. 1:20



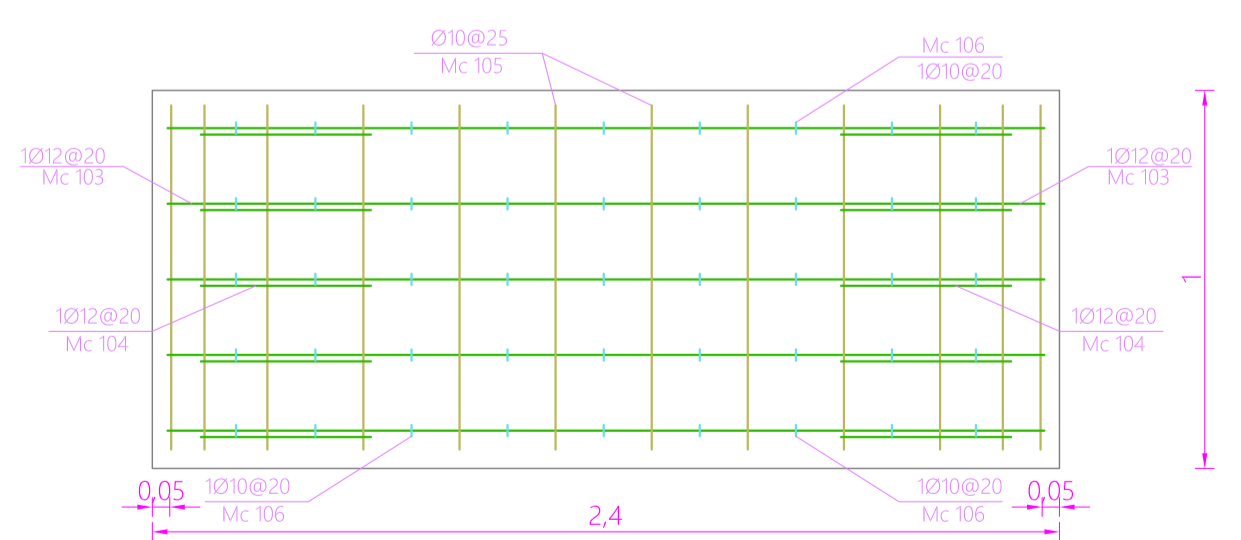
DETALLE DE PARED CORTE LONGITUDINAL  
Esc. 1:20



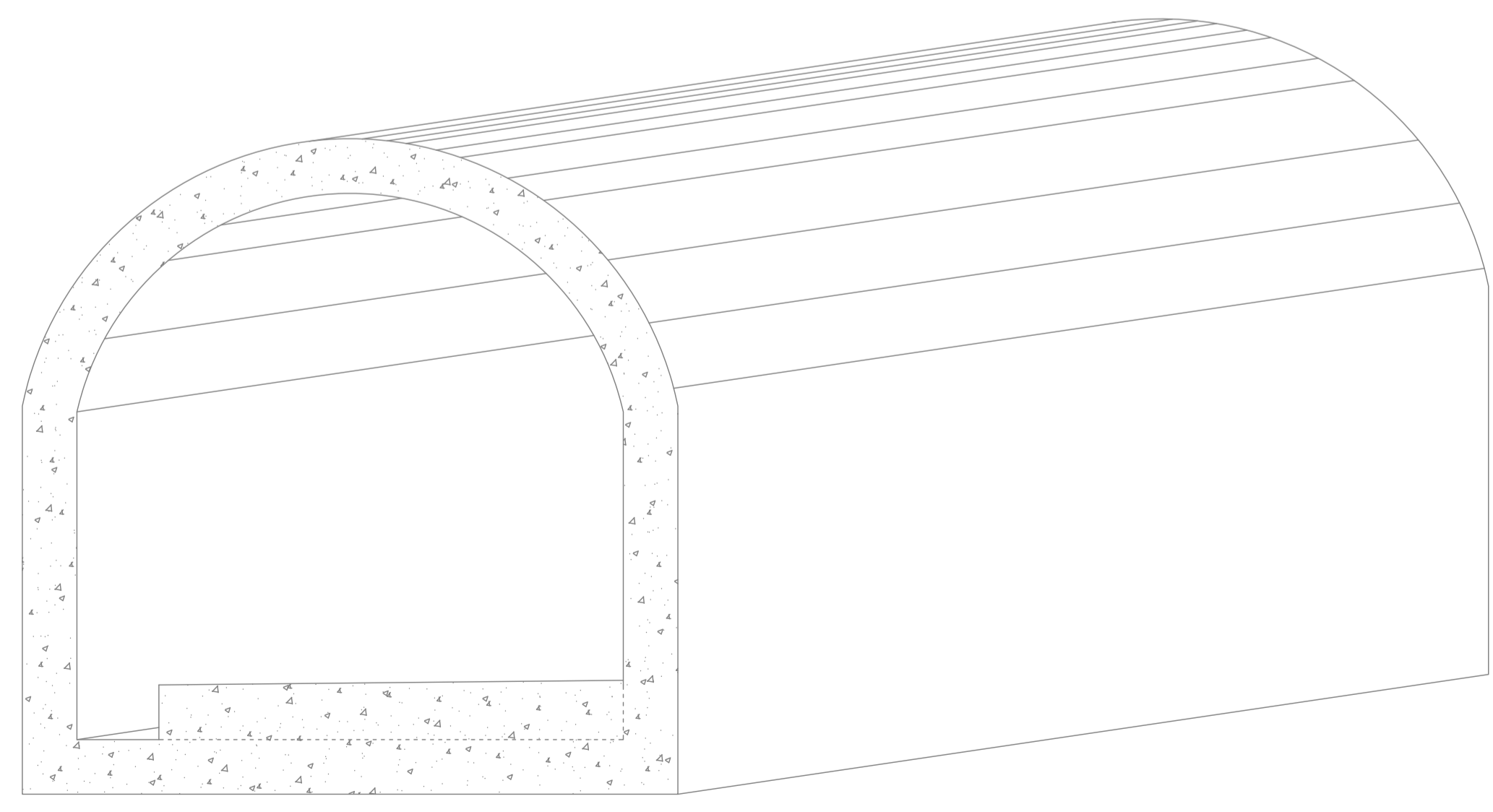
DETALLE DE ARMADURA DE PISO PARRILLA SUPERIOR  
Esc. 1:20



CORTE A-A'  
Esc. 1:10



DETALLE DE ARMADURA DE PISO PARRILLA INFERIOR  
Esc. 1:20

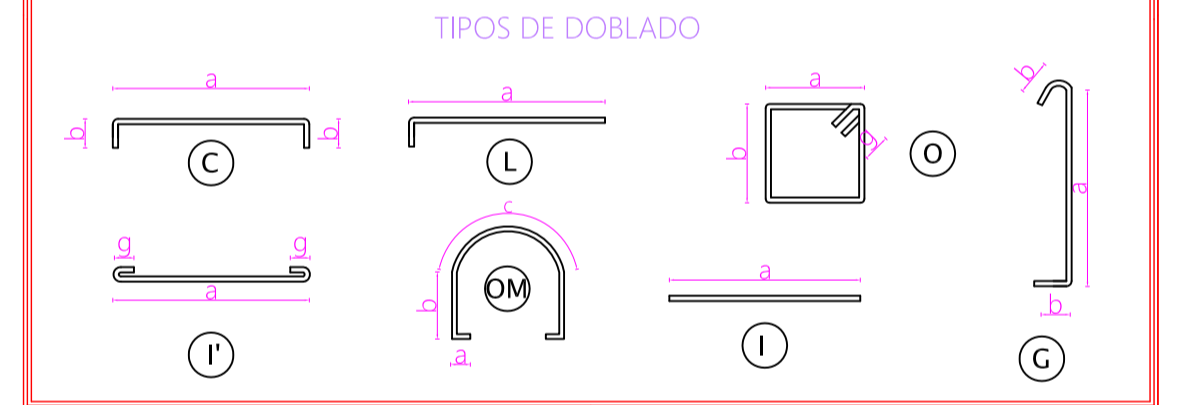


PERSPECTIVA COLECTOR SANITARIO  
Esc. 1:20

PLANILLA DE HIERRO

ACERO CORRUGADO

MC	TIPO	#	M <sup>2</sup>	D E S C R I P C I O N										LARGO CORTE	VARIAS LARGOS	OBSERVACIONES
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
100	CM	12	2950	10.80	3.96	3.07							4.85	12	2950	
101	CM	12	2950	10.20	3.66	2.91							4.60	12	1475	
102	C	12	2950	7.80	3.20								2.70	12	1475	Usar barras de Mc 100
103	C	12	2950	7.80	3.20								2.80	12	800	Usar barras de Mc 100
104	L	14	3600	0.55	0.45								1.00	12	400	
105	T	10	3600	10.00									10.00	12	5000	
106	12	10	14020	11.70	3.65								5.20	12	7524	



RESUMEN DE HIERRO EN LAMINA		ESPECIFICACIONES TECNICAS	
LONG. CORTE	DIAMETRO DE VARELLAS COMERCIALES	GENERALIDADES: EL DISEÑO DEL HORMIGÓN ARMADO CUMPLE CON LAS NORMAS TECNICAS DEL CODIGO A.C.I. 318 - 71. LOS DETALLES QUE AQUÍ NO CONSTAN DE DEBERÁN IR POR EL MENOR CUIDADO.	
12	10	ACERO: f <sub>y</sub> = 4200kg/cm <sup>2</sup>	
12	10	CARGA VIVA DE SERVICIO: No	

RESUMEN DE HORMIGÓN EN LAMINA		TRASLAPES		RECUBRIMIENTOS	
TIPO DE HORMIGÓN	MC	DIAMETRO	CONCRETO	ELEMENTOS	CM
CONCRETO (f'c=210kg/cm <sup>2</sup> )	103	10	100	COLUMNAS	5
CONCRETO (f'c=300kg/cm <sup>2</sup> )	104	10	100	PAREDES	5
CONCRETO (f'c=300kg/cm <sup>2</sup> )	105	10	100	COMBINACIONES	2.5
		16	50	COMB.	4
		16	50	CONTACTO CON AGUA	5-7
		16	50	ALIVIANAMIENTOS	5
		20	100		
		20	100		
		25	150		
		25	150		
HORMIGÓN (f'c = 300 kg/cm <sup>2</sup> )	TOTAL	12	1.14	100	10 x 20 x 40

**OBSERVACIONES**  
 1- El hormigón deberá tener un esfuerzo unitario último a la compresión a los 28 días de edad f'c = 300 Kg/cm<sup>2</sup>  
 2- El acero deberá tener un esfuerzo unitario a la fluencia f<sub>y</sub>=4200 Kg/cm<sup>2</sup>  
 3- Cualquier cambio o modificación estructural será consultado con el calculista

**COLECTOR SANITARIO EL TUMBE**

CONTIENE:  
 DETALLES DE ARMADURA DE ACERO  
 VISTA EN PERSPECTIVA

ESCALAS INDICADAS  
 LAMINA ESTRUCTURAL  
 2/2

JAIRO DAMIÁN CAYAMBE GREFA  
 C A L C U L O Y D I B U J O

ABRIL DEL 2015  
 FECHA