



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE  
DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**TEMA**

**DISEÑO DE CIMENTACION SUPERFICIAL APLICANDO HORMIGON  
CON FIBRA DE ACERO PARA LA ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DE  
VIVIENDAS.**

**TUTOR**

**MGTR. BARRAGAN SUBIA ALFREDO ALONSO**

**AUTOR**

**ZAMORA VILLARUEL JEAN CARLOS**

**GUAYAQUIL**

**2024**

## REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

### FICHA DE REGISTRO DE TESIS

**TÍTULO Y SUBTÍTULO:**

Diseño de cimentación superficial aplicando hormigón con fibra de acero para la estabilidad estructural de viviendas.

**AUTOR:**

Zamora Villaruel Jean Carlos

**TUTOR:**

Barragan Subia Alfredo Alonso

**INSTITUCIÓN:**

Universidad Laica Vicente  
Rocafuerte de Guayaquil

**Grado obtenido:**

Ingeniero Civil

**FACULTAD:**

Facultad de Ingeniería Industria  
y Construcción

**CARRERA:**

Ingeniería Civil

**FECHA DE PUBLICACIÓN:**

2024

**N. DE PÁGS:**

161

**ÁREAS TEMÁTICAS:** Arquitectura y construcción

**PALABRAS CLAVE:** Fibra, Acero, Suelo, Vivienda.

**RESUMEN:**

La presente investigación se realizó el diseño de cimentación superficial para una vivienda de tres niveles construido con estructura de acero A-36, incluyendo la implementación de un tapagrada, empleando software informático especializado para el análisis detallado tanto de la estructura como de la cimentación.

La zona de estudio fue desarrollada en el Km. 12 de la vía Durán Boliche, debido a la ubicación geográfica de la zona de estudio y el tipo de suelo. Se decidió evaluar las propiedades mecánicas del concreto estructural al añadir 0,25% de fibras de acero, con curados de 7 y 28 días, mejorando su resistencia a la microfisuración.

Definidos los elementos que constituyen el hormigón reforzado con fibras de acero, se procede a proponer tres tipos de cimentación superficial acorde a los requerimientos del suelo, donde cumplen con los requisitos de capacidad de corte y asentamiento que fueron verificadas mediante el programa SAFE y SAP 2000.

<b>N. DE REGISTRO (en base de datos):</b>	<b>N. DE CLASIFICACIÓN:</b>	
<b>DIRECCIÓN URL (Web):</b>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<b>SI</b> <input checked="" type="checkbox"/>	<b>NO</b> <input type="checkbox"/>
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b> Zamora Villaruel Jean Carlos	<b>Teléfono:</b>	<b>E-mail:</b> jzamorav@ulvr.edu.ec
<b>CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:</b>	PhD Marcial Calero Amores <b>Teléfono:</b> (04) 259 6500 <b>Ext.</b> 241 <b>E-mail:</b> mcaleroa@ulvr.edu.ec  Mgtr. Jorge Torres Rodríguez <b>Teléfono:</b> (04) 259 6500 <b>Ext.</b> 242 <b>E-mail:</b> etorresr@ulvr.edu.ec	

## CERTIFICADO DE SIMILITUD

TESIS %PLAGIO -JEAN CARLOS ZAMORA (4).pdf

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>4%</b>	<b>4%</b>	<b>1%</b>	<b>2%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.uta.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>2</b>	<b>Submitted to Universidad Catolica De Cuenca</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>www.researchgate.net</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado

Firma:

Barragan Subia Alfredo Alonso

C.C. 0925578817

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES**

El estudiante egresado ZAMORA VILLARUEL JEAN CARLOS, declara bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, DISEÑO DE CIMENTACIÓN SUPERFICIAL APLICANDO HORMIGÓN CON FIBRA DE ACERO PARA LA ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DE VIVIENDAS, corresponde totalmente a el suscrito y me responsabilizo con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedo los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Firma:



Zamora Villaruel Jean Carlos

C.I. 0930978184

## **CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR**

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación DISEÑO DE CIMENTACIÓN SUPERFICIAL APLICANDO HORMIGÓN CON FIBRA DE ACERO PARA LA ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DE VIVIENDAS, designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

### **CERTIFICO:**

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Trabajo de Titulación, titulado: DISEÑO DE CIMENTACIÓN SUPERFICIAL APLICANDO HORMIGÓN CON FIBRA DE ACERO PARA LA ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DE VIVIENDAS, presentado por el estudiante ZAMORA VILLARUEL JEAN CARLOS como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación.

Firma:

Barragan Subia Alfredo Alonso

C.C. 0925578817

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi agradecimiento, en primer lugar, a Dios, por brindarme vida, salud y ser mi guía durante el desarrollo de este proyecto. Agradezco profundamente a mis padres por sus palabras y consejos tan acertados, que me ayudaron a no rendirme y a alcanzar mi meta.

Desde luego, gracias a mi esposa e hija, quienes han sido mi mayor apoyo e inspiración. Cuando mi hija sea capaz de entender estas palabras, quiero que sepa lo importante que es para mí y finalmente, agradezco a todas las personas que siempre creyeron en mi capacidad.

*Zamora Villaruel Jean Carlos*

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de investigación a los ingenieros que participaron en mi primer proyecto, cuya colaboración y experiencia técnica fueron fundamentales para ampliar mis conocimientos en el campo. Su apoyo y orientación me permitieron desarrollar habilidades cruciales que han sido esenciales para el éxito de este estudio.

*Zamora Villaruel Jean Carlos*

## RESUMEN

La presente investigación se realizó el diseño de cimentación superficial para una vivienda de tres niveles construido con estructura de acero A-36, incluyendo la implementación de un tapagrada, empleando software informático especializado para el análisis detallado tanto de la estructura como de la cimentación.

La zona de estudio fue desarrollada en el Km. 12 de la vía Durán Boliche, debido a la ubicación geográfica de la zona de estudio y el tipo de suelo. Se decidió evaluar las propiedades mecánicas del concreto estructural al añadir 0,25% de fibras de acero, con curados de 7 y 28 días, mejorando su resistencia a la microfisuración.

Definidos los elementos que constituyen el hormigón reforzado con fibras de acero, se procede a proponer tres tipos de cimentación superficial acorde a los requerimientos del suelo, donde cumplen con los requisitos de capacidad de corte y asentamiento que fueron verificadas mediante el programa SAFE y SAP 2000.

**Palabras clave:** Fibra, Acero, Suelo, Vivienda.

## **ABSTRACT**

The present investigation involved the design of a shallow foundation for a three-story house constructed with A-36 steel structure, including the implementation of a grade beam, using specialized software for detailed analysis of both the structure and the foundation.

The study area was developed at Km. 12 of the Durán Boliche road. Due to the geographic location of the study area and the type of soil, it was decided to evaluate the mechanical properties of structural concrete by adding 0.25% steel fibers, with curing periods of 7 and 28 days, improving its resistance to microcracking.

Once the elements constituting the steel fiber reinforced concrete were defined, three types of shallow foundations were proposed according to the soil requirements, meeting the shear and settlement capacity requirements verified through SAFE and SAP 2000 software.

**Keywords:** Fiber, Steel, Soil, Housing.

## ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO DE SIMILITUD .....	iv
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES v	
CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
DEDICATORIA .....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT.....	x
ÍNDICE GENERAL.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xvii
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I.....	3
ENFOQUE DE LA PROPUESTA .....	3
1.1 Tema.....	3
1.2 Planteamiento del problema.....	3
1.3 Formulación del Problema .....	5
1.4 Objetivos.....	5
1.4.1 Objetivo General.....	5
1.4.2 Objetivos Específicos .....	5
1.5 Idea a Defender / Hipótesis.....	5
1.6 Línea de Investigación Institucional / Facultad.....	6
CAPÍTULO II .....	7
MARCO REFERENCIAL.....	7
2.1 Marco Teórico .....	7
2.1.1 Referentes teóricos.....	7
2.1.1.1 Cimentaciones Superficiales.....	7
2.1.1.2 Tipos clásicos de falla bajo las cimentaciones.....	10
2.1.1.3 Hormigón.....	13
2.1.1.4 Hormigón con fibra de acero.....	13

2.1.1.5 Suelos.....	14
2.1.2 Referentes Nacionales.....	16
2.1.3 Referentes Internacionales .....	18
2.1 Marco Legal: .....	24
CAPÍTULO III .....	27
MARCO METODOLÓGICO .....	27
3.1 Enfoque de la investigación .....	27
3.2 Alcance de la investigación.....	27
3.3 Técnica e instrumentos para obtener los datos.....	28
3.3.1 Revisión Bibliográfica .....	28
3.3.2 Ensayos de Laboratorio .....	28
3.4 Población y Muestra .....	29
CAPÍTULO IV.....	30
PROPUESTA O INFORME .....	30
4.1. Ubicación Geográfica de la investigación.....	30
4.2. Estudio de Suelo.....	31
4.2.1. Trabajos de Campo .....	31
4.2.2. Trabajos de Laboratorio.....	32
4.2.3. Características estratigráficas del subsuelo .....	33
4.2.4. Análisis de capacidad de carga. ....	34
4.2.5. Análisis de Asentamientos .....	35
4.2.6. Zonificación Sísmica.....	37
4.3. Arquitectura del edificio.....	38
4.3.1. Plantas arquitectónicas de la vivienda .....	38
4.3.2. Cortes y fachada de la vivienda .....	38
4.3.3. Renders descriptivos .....	39
4.4. Predimensionamiento y cuantificación de cargas.....	41
4.4.1. Carga Muerta (CM).....	41
4.4.2. Carga Viva (CV).....	41
4.4.3. Cargas Sísmicas.....	42
4.4.4. Prediseño de elementos .....	42
4.4.4.1. Prediseño de Columna central.....	42
4.4.4.2. Prediseño de Viga central.....	46

4.4.4.3 Prediseño de Losa colaborante .....	54
4.4.5 Espectros de diseño .....	55
4.5 Modelación de la estructura .....	58
4.5.1 Malla base .....	59
4.5.2 Definición de materiales.....	60
4.5.3 Definición de secciones .....	60
4.5.4 Definición de cargas .....	62
4.5.5 Espectros de diseño .....	64
4.6 Diseño de hormigón.....	64
4.6.1 Selección de fibras de acero.....	64
4.6.2 Relación Agua / Cemento (W/C).....	65
4.6.3 Densidad especifica.....	66
4.6.4 Dosificación de hormigón para probetas de muestra .....	66
4.6.5 Porcentaje de fibra de acero en el Hormigón. ....	68
4.6.5.1 Comportamiento del hormigón a la compresión.....	70
4.6.5.2 Planteamiento del porcentaje Optimo de fibra de acero.....	72
4.6.6 Predimensionamiento de cimientos .....	74
4.6.6.1 Predimensionamiento de zapatas aisladas.....	75
4.6.6.2 Predimensionamiento de zapatas corridas .....	79
4.6.6.3 Predimensionamiento de losa de cimentación .....	80
4.6.7 Modelación de cimientos superficial.....	82
4.6.7.1 Modelación de zapatas aisladas.....	82
4.6.7.2 Modelación de cimiento corrido .....	84
4.6.7.3 Modelación de Losa de cimentación.....	86
CONCLUSIONES .....	87
RECOMENDACIONES .....	88
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	89
ANEXOS .....	92

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Línea de investigación de la Facultad.....	6
Tabla 2. Resumen de perforaciones. ....	31
Tabla 3. Resumen de Ensayos en Laboratorio.....	32
Tabla 4. Resumen de Muestras. ....	33
Tabla 5. Calculo del método dinámico. ....	55
Tabla 6. Resistencia del hormigón basada en relación W/C.....	66
Tabla 7. Cuadro de resumen de densidad especifica.....	66
Tabla 8. Resumen de Cemento.....	67
Tabla 9. Resumen de Arena. ....	68
Tabla 10. Resumen de Grava. ....	68
Tabla 11. Resistencia a la compresión del hormigón sin fibra. ....	70
Tabla 12. Resistencia a la compresión del hormigón con fibra de acero. ....	71
Tabla 13. Datos arquitectónicos. ....	75
Tabla 14. Resumen de cargas de servicio. ....	76
Tabla 15. Diseño a cortante. ....	77
Tabla 16. Diseño por punzonamiento.....	77
Tabla 17. Diseño por aplastamiento. ....	77
Tabla 18. Diseño por flexión.....	78
Tabla 19. Resumen de dimensiones finales de zapata aislada ....	78
Tabla 20. Cuadro de los tipos de chequeo. ....	78
Tabla 21. Resumen de chequeo para zapata aislada.....	79
Tabla 22. Resumen de datos generales.....	79
Tabla 23. Cuadro de rigidez. ....	79
Tabla 24. Cuadro de esfuerzo.....	80
Tabla 25. Cuadro de resumen del estado de cargas.....	80
Tabla 26. Resumen de desplazamiento ....	81
Tabla 27. Resumen de capacidad de carga de la cimentación.....	82

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de cimentaciones.....	7
Figura 2. Losa de cimentación. ....	8
Figura 3. Zapata Aislada. ....	8
Figura 4. Zapata Corridas. ....	9
Figura 5. Zapata Combinada.....	9
Figura 6. Falla por corte General.....	10
Figura 7. Falla por Punzonamiento. ....	11
Figura 8. Falla por Aplastamiento.....	12
Figura 9. Falla por Flexión.....	12
Figura 10. Hormigón. ....	13
Figura 11. Hormigón con fibra de acero. ....	14
Figura 12. Capas de suelos. ....	15
Figura 13. Realización de ensayo a compresión. ....	17
Figura 14. Realización del ensayo SPT.....	18
Figura 15. Excavación de calicata.....	19
Figura 16. Muestras de Hormigón. ....	19
Figura 17. Clasificación de la cimentación según la profundidad. ....	21
Figura 18. Fibras de acero. ....	22
Figura 19. Ubicación de estudio de suelo.....	30
Figura 20. Mapa de zonificación sísmica.....	37
Figura 21. Plantas arquitectónicas de la vivienda.....	38
Figura 22. Cortes y fachada de la vivienda. ....	39
Figura 23. Perspectivas de fachadas. ....	40
Figura 24. Cuadro de resumen de CM. ....	41
Figura 25. Cuadro de resumen de CV.....	42
Figura 26. Área tributaria.....	43
Figura 27. Clasificación de Rigidez. ....	45
Figura 28. Cuadro de elementos en compresión AISC. 360-16.....	45
Figura 29. Clasificación de elementos.....	46
Figura 30. Plano de vivienda en AutoCAD. ....	47
Figura 31. Cuadro de chequeo para el patín. ....	49
Figura 32. Cuadro de chequeo para el alma. ....	50

Figura 33. Cuadro de diseño de pernos. ....	54
Figura 34. Espectro de diseño. ....	57
Figura 35. Modelación estructural en 3D. ....	58
Figura 36. Cuadro de diálogos de selección de unidades. ....	59
Figura 37. Cuadros de diálogo para la definición de malla base. ....	59
Figura 38. Cuadro de diálogo para la definición del acero. ....	60
Figura 39. Cuadro de diálogo para definir la sección de columna. ....	61
Figura 40. Cuadro de diálogo para definir la sección de la viga. ....	61
Figura 41. Cuadro de diálogo para definir la sección de la losa. ....	62
Figura 42. Cuadro de diálogo para definir los tipos de cargas. ....	62
Figura 43. Cuadro de diálogo para la combinación de cargas. ....	63
Figura 44. Cuadro de diálogo para definir la masa estructural. ....	63
Figura 45. Cuadro de diálogo para el espectro de diseño. ....	64
Figura 46. Propiedades de fibra de acero Dramix ....	65
Figura 47. Empaque de fibra de acero Dramix. ....	65
Figura 48. Dimensión de probetas. ....	67
Figura 49. Resultados de 0,25% de fibra de acero a los 7 días. ....	72
Figura 50. Resultados de 0,25% de fibra de acero a los 28 días. ....	73
Figura 51. Ensayo a la compresión en cilindros de hormigón con fibras. ....	74
Figura 52. Ubicación de cargas Muertas transmitidas a la cimentación. ....	74
Figura 53. Ubicación de cargas Vivas transmitidas a la cimentación. ....	75
Figura 54. Zapata aislada – Vista en 2D ....	83
Figura 55. Cuadro de dialogo de definición de materiales. ....	83
Figura 56. Diagrama de asentamiento ....	84
Figura 57. Diagrama de momento de flexión positivo y negativo. ....	84
Figura 58. Cimiento corrido – Vista en Corte. ....	85
Figura 59. Diagrama de cargas y momentos. ....	85
Figura 60. Cuadro de dialogo de sección de losa de cimentación ....	86
Figura 61. Diagrama de momentos ....	86

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Ensayos de consolidación .....	93
Anexo 2: Ensayos de expansión .....	114
Anexo 3: Ensayos triaxiales uu .....	121
Anexo 4: Cáculo de la magnitud y velocidad de asentamientos .....	134
Anexo 5: Capacidad de carga cimentación profunda .....	138
Anexo 6: Perforación P-01 .....	140
Anexo 7: Perforación P-02 .....	141
Anexo 8: Boliche Perforación P-03.....	142
Anexo 9: Curado de muestras de hormigón .....	143
Anexo 10: Registro de datos de cada cilindro .....	143
Anexo 11: Rotura de cilindros a compresión a los 7 días .....	144
Anexo 12: Rotura de cilindros a compresión a los 28 días .....	144

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el sector de la construcción experimenta un crecimiento notable en comparación con otras áreas productivas, principalmente debido a la ejecución de proyectos de gran escala tanto en ámbitos públicos como privados en nuestro país. Es crucial, al planificar una estructura, llevar a cabo un proceso constructivo adecuado que comience con un análisis exhaustivo de las condiciones del suelo, considerado uno de los factores más relevantes. El cantón Durán, clasificado como la segunda ciudad más grande y poblada de la provincia del Guayas, abarca una extensión de 58,60 km<sup>2</sup> y se encuentra en la margen derecha del río Guayas.

Para garantizar la seguridad y el comportamiento moderado de una estructura, es esencial contar con una cimentación adecuada. Este estudio se centra en analizar el comportamiento sísmico estructural en suelos arenosos con diversas formas de cimentación. Los desafíos que enfrentan las estructuras cimentadas en suelos arenosos, particularmente aquellos con alto nivel freático, incluyen variaciones en la capacidad de carga del terreno y cambios de volumen en suelos expansivos. Estos fenómenos pueden conducir a fallos por asentamiento y empujes imprevistos, especialmente problemáticos en zonas sísmicas, donde aumenta el riesgo de un comportamiento estructural deficiente frente a eventos sísmicos.

Los fallos en las cimentaciones resultan en daños estructurales, cuya reparación a veces es compleja y costosa, llegando incluso a interrumpir el uso del edificio o requerir su desalojo. Ante esta problemática, el objetivo de la presente investigación es desarrollar un estudio geotécnico y proponer una cimentación superficial mediante el uso de hormigón con lamilla de acero en suelos arenosos.

El objetivo principal de este proyecto de investigación es llevar a cabo un estudio geotécnico en la vía Durán-Bolicho y proponer soluciones para cimentaciones superficiales en suelos cohesivos. El proceso inició con una investigación de escritorio para recopilar información existente, seguido de una

visita técnica al área de estudio, ensayos in situ, calicatas y pruebas de laboratorio. Este enfoque permitió obtener información detallada sobre las características físicas y químicas del suelo utilizado en las cimentaciones. Posteriormente, se determinaron los parámetros de resistencia del suelo y se propusieron opciones de cimentación superficial, como losas de cimentación, zapatas conectadas con vigas de cimentación y cimientos corridos. Estas propuestas se someterán a verificación mediante los programas SAFE y SAP 2000.

Adicionalmente, el proyecto abordará el análisis, estudio y evaluación del impacto de la incorporación de fibras metálicas en el concreto. A través de pruebas fundamentales de laboratorio, se obtendrá datos suficientes que permitirán comprender de forma detallada el comportamiento real del concreto reforzado con diferentes concentraciones de fibra de acero. El objetivo es reutilizar elementos de construcción, específicamente residuos de alambre, incorporándolos a la mezcla de concreto al mismo tiempo que se emplean agregados locales en su fabricación. Este enfoque no solo busca mejorar las propiedades mecánicas del concreto, sino también promover la sostenibilidad mediante la reducción de desechos.

# CAPÍTULO I

## ENFOQUE DE LA PROPUESTA

### 1.1 Tema

Diseño de cimentación superficial aplicando hormigón con fibra de acero para la estabilidad estructural de viviendas.

### 1.2 Planteamiento del problema

El desafío principal de ingeniero estructural consiste en diseñar estructuras de manera eficiente, maximizando el uso de recursos disponibles cumpliendo requisitos específicos como arquitectura, estética, instalaciones eléctricas, instalaciones hidráulicas, entre otros. Estas estructuras deben satisfacer las necesidades de los ocupantes y, al mismo tiempo, resistir acciones extremas de la naturaleza sin sufrir colapsos. De los riesgos relacionados a los fenómenos naturales que se presentan periódicamente en el Ecuador el riesgo por terremotos es sin duda el mayor y el que más impacto puede causar en su población y en su economía. (Instituto Geofísico, 2023) Aunque no podemos predecir eventos naturales de manera precisa, hay un punto común a considerar: la subestructura es esencial para la construcción de la superestructura.

En Ecuador, se registra un alto índice de actividad sísmica debido a su ubicación en una región con un movimiento tectónico particular, siendo parte de la microplaca llamada "Bloque Andino". Los movimientos sísmicos ocasionan daños significativos, especialmente el colapso de viviendas e infraestructuras.

En el caso de suelos expansivos, como las arcillas, que experimentan cambios de volumen con variaciones en la humedad o contenido de agua, la capacidad de absorber y retener líquido se debe a su estructura. Esto provoca aumentos y reducciones drásticas de volumen, generando un desafío importante para la construcción. Los incrementos no son uniformes, lo que resulta en asentamientos no homogéneos y daños severos en las estructuras.

La falta de planificación urbana adecuada ha conducido a que la población se establezca en áreas de alto riesgo por parte de la población. La construcción inadecuada de un alto número de viviendas se agravó con el terremoto ocurrido el 16 de abril de 2016 en Ecuador, donde alrededor de 40 edificios en la zona cero de Portoviejo colapsaron y otros quedaron en pie con daños irreparables según el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (2020).

En casos como la vía Durán-Boliche, donde predominan suelos cohesivos y el nivel freático, es elevado, surgen desafíos para la superestructura, como asentamientos irregulares que pueden provocar fallos en la cimentación. Sin embargo, la limitada situación económica de la mayoría de los habitantes de esa área de estudio, ha resultado en la adquisición de terrenos inapropiados para satisfacer la demanda de vivienda, ya que estos terrenos inapropiados a menudo se presentan como extensas áreas arenosas que es esencial realizar un diseño adecuado de la cimentación para asegurar la estabilidad y seguridad de la estructura, ante posibles fenómenos naturales. Las construcciones, es decir que las edificaciones e infraestructura construidas en dicha localidad sufran daños debidos a una intensidad de sacudimiento dada se lo conoce como vulnerabilidad física de las estructuras expuestas. (Instituto Geofísico, 2023)

Para abordar esta problemática, se propone la utilización de fibras con resistencia mecánica adecuada a la tensión, como las fibras de acero, distribuidas uniformemente en el hormigón fresco. El objetivo es crear una micro-armadura que, por un lado, controle eficazmente la formación de grietas por tracción al coser el matriz cementante y, por otro lado, mejore las propiedades físico-mecánicas del concreto.

En la búsqueda de un diseño exitoso, es crucial conocer con precisión las cargas que deben aplicarse al diseñar la subestructura para garantizar que cumpla con los niveles de servicio y evite el colapso.

### **1.3 Formulación del Problema**

¿Cuáles son los parámetros de resistencia del suelo arenoso del cantón Durán que influyen el diseño de cimentación superficial?

¿Cuáles son los beneficios del hormigón que consigue del uso de esta alternativa en la construcción como solución de ser más resistente?

¿Cómo verificar el diseño de cimentación superficial en suelos cohesivos?

### **1.4 Objetivos**

#### **1.4.1 Objetivo General**

Diseñar una cimentación superficial aplicando hormigón con fibra de acero para la estabilidad estructural de viviendas en la vía Durán-Bolicho.

#### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Identificar los parámetros de resistencia del suelo arenoso para el diseño de cimentación superficial.
- Determinar las propiedades mecánicas del hormigón con fibra de acero.
- Elaborar el grado de influencia del tipo de diseño de cimentación para la estabilidad estructural de viviendas.

### **1.5 Idea a Defender / Hipótesis**

Integrar fibras de acero en el hormigón mejora sus características mecánicas, beneficiando el diseño de cimentaciones estructurales y reduciendo la dependencia de barras de refuerzo de acero. Esto proporciona ventajas competitivas en proyectos futuros y busca satisfacer las demandas de la sociedad.

## 1.6 Línea de Investigación Institucional / Facultad

**Tabla 1.** Línea de investigación de la Facultad

<b>Dominio</b>	<b>Línea institucional</b>	<b>Línea de facultad</b>	<b>Sub-Líneas de Investigación Facultad</b>
Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de la construcción eco-amigable, industria.	1. Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción.	C. Territorio	Hábitat, Diseño y Construcción Sustentable

**Fuente:** ULVR, (2023)

## CAPÍTULO II

### MARCO REFERENCIAL

#### 2.1 Marco Teórico

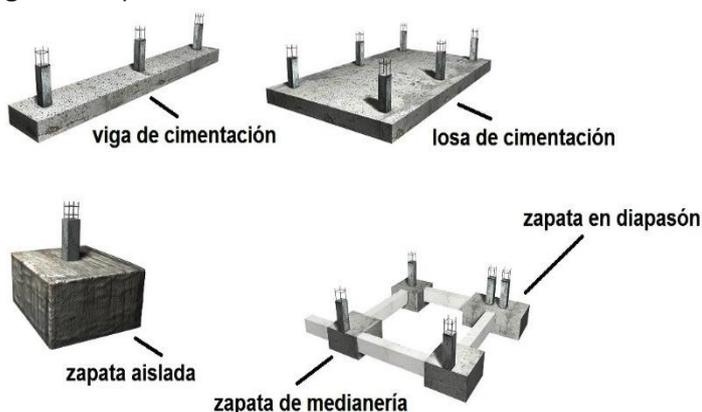
Con esta investigación se busca comprender que para que una estructura presente seguridad y comportamiento moderado se debe de realizar un tipo de diseño de cimentación apropiado. No obstante, para lograr comprender es importante definir algunos conceptos claves en el tema de estudio. Entre los cuales se encuentran: cimentación superficial, hormigón, hormigón con lamilla de acero, tipos de suelo, capacidad del suelo y así como los suelos arenosos del cantón Durán.

##### 2.1.1 Referentes teóricos

###### 2.1.1.1 Cimentaciones Superficiales

Se clasifican como cimentaciones superficiales aquellas que se encuentran a una profundidad entre 0,50 metros y 4,00 metros, siempre y cuando las tensiones admisibles del variado estrato de suelo sean lo suficientemente elevadas para soportar dichas cargas (ver figura 1). Su propósito es transferir las cargas de la estructura por medio de sus elementos de apoyo sobre la superficie del terreno. (Construmatica, 2018)

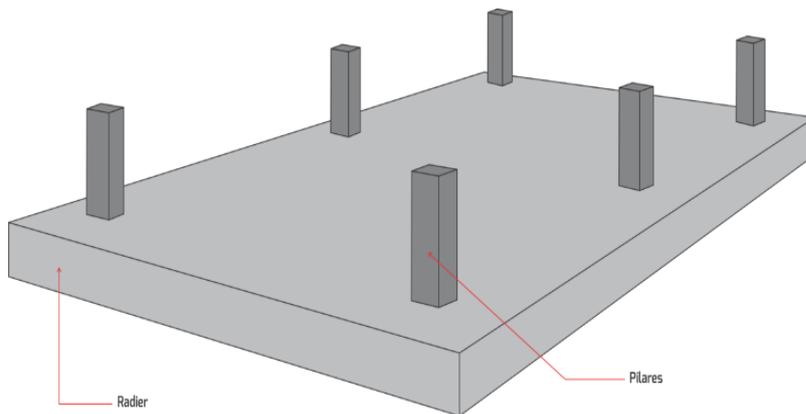
**Figura 1.** Tipos de cimentaciones



**Fuente:** Yepes, (2020)

Existen dos categorías principales de cimentaciones superficiales: las losas de cimentación y las zapatas (ver figura 1). La losa de cimentación se define como una extensa placa de hormigón armado que establece contacto directo con el suelo, abarcando la totalidad de pilares y paredes del edificio. Este tipo de cimentación poco profunda se emplea comúnmente en proyectos de menor envergadura, como estructuras de steel frame o wood frame. (Lesnik, 2021)

**Figura 2.** Losa de cimentación

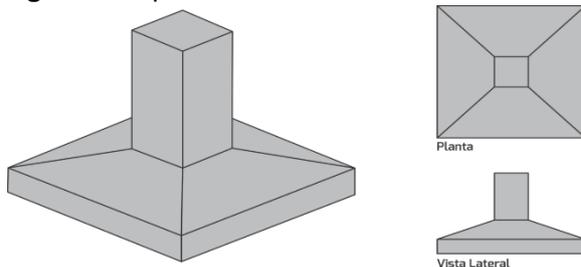


**Fuente:** Lesnik, (2021)

En cuanto a las zapatas, se clasifican en varios tipos:

**Zapatas Aisladas:** Este tipo de zapata, común en numerosos proyectos, está diseñado exclusivamente para soportar la carga de un pilar o columna. Puede presentarse en distintos formatos, como rectangular, cuadrado o circular, ya sea de hormigón liso o reforzado (ver figura 3). En caso de utilizar hormigón simple, las dimensiones de las zapatas son necesariamente mayores para resistir las cargas aplicadas. (Lesnik, 2021)

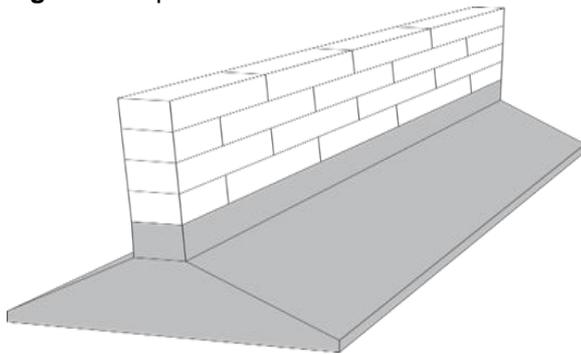
**Figura 3.** Zapata Aislada



**Fuente:** Lesnik, (2021)

Zapatas Corridas: Estas zapatas son estructuras planas o poco profundas que reciben la carga de muros y se apoyan directamente en el suelo. Se emplean cuando hay una carga distribuida linealmente a lo largo de la cimentación, soportando las cargas de muros, paredes y otros elementos alargados (ver figura 4). Pueden tener formato de viga y estar construidas con hormigón simple o armado, descansando sobre una delgada capa de hormigón cuyas dimensiones varían según el tamaño del proyecto. (Lesnik, 2021)

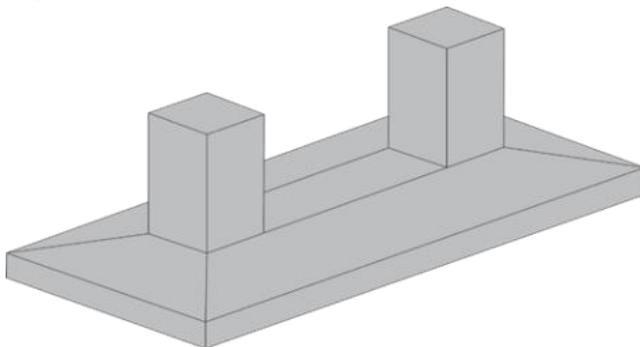
**Figura 4.** Zapata Corridas



**Fuente:** Lesnik, (2021)

Zapatas Combinadas: También conocidas como zapatas asociadas o losas parciales, se utilizan cuando dos o más pilares comparten la misma zapata (ver figura 5). Estas zapatas combinadas son comunes en situaciones donde dos zapatas aisladas se encuentran cercanas entre sí, evitando así cualquier influencia mutua. Su uso se justifica ya sea por superposición o por razones estructurales. (Lesnik, 2021)

**Figura 5.** Zapata Combinada



**Fuente:** Lesnik, (2021)

### 2.1.1.2 Tipos clásicos de falla bajo las cimentaciones

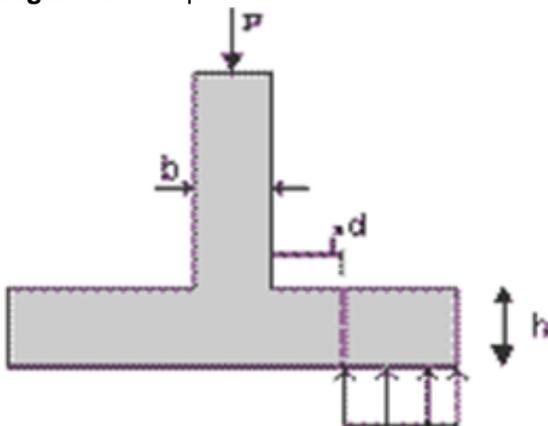
Las fallas que ocurren bajo las cimentaciones son un factor crucial en la ingeniería geotécnica y estructural, dado que pueden comprometer la estabilidad y seguridad de una estructura. A continuación, se detallan los tipos clásicos de fallas que pueden manifestarse en las cimentaciones:

- **Falla por corte general**

Este tipo de falla ocurre en suelos arenosos densos o arcillosos rígidos, se analiza un cimiento de forma rectangular con una ancho  $B$  y longitud infinita (ver figura 6).

Esta falla es extremadamente grave debido a la inclinación pronunciada, lo que causa el abultamiento del suelo a ambos lados del cimiento y el colapso hacia un solo lado. (Arévalo, 2017)

Figura 6. Falla por corte General



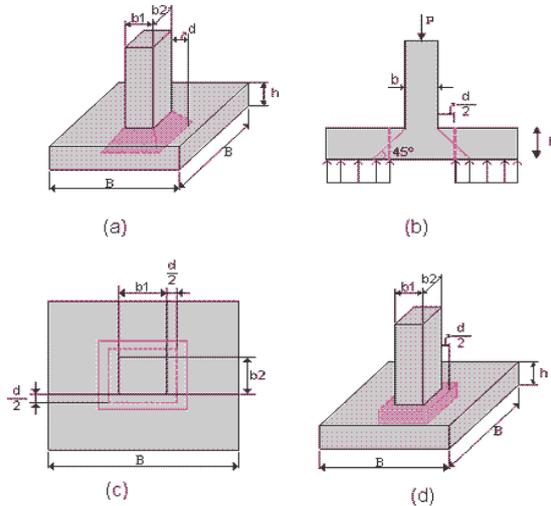
Fuente: Surcolombiana, (2020)

- **Falla por punzonamiento**

El cortante por punzonamiento es un tipo de falla que se manifiesta en forma de cono debido a la carga transmitida desde la columna hacia el suelo. En este contexto, existe un esfuerzo cortante " $V_u$ " actuante que es ligeramente inferior a la carga " $P_u$ ", esto se debe a que la fuerza cortante " $V_u$ " que causa la

falla resulta del esfuerzo entre el suelo y la zapata en el perímetro exterior del cono. (Pardo, 2020)

**Figura 7.** Falla por Punzonamiento



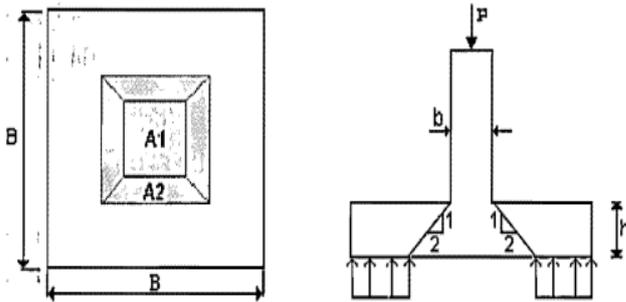
**Fuente:** Surcolombiana, (2020)

- **Falla por Aplastamiento**

El término se refiere al aplastamiento que ocurre cuando la resistencia nominal a la compresión del concreto en la columna ( $f'_c$  de la columna) excede la resistencia nominal del concreto en la zapata ( $f'_c$  de la zapata). Este fenómeno es especialmente relevante cuando la carga es transferida por una columna de acero (ver figura 8).

Si la capacidad del concreto para soportar el aplastamiento es insuficiente, el exceso de carga puede ser transferido mediante el acero de refuerzo de la columna o mediante dovelas si es necesario. (Vásquez, 2004)

**Figura 8.** Falla por Aplastamiento

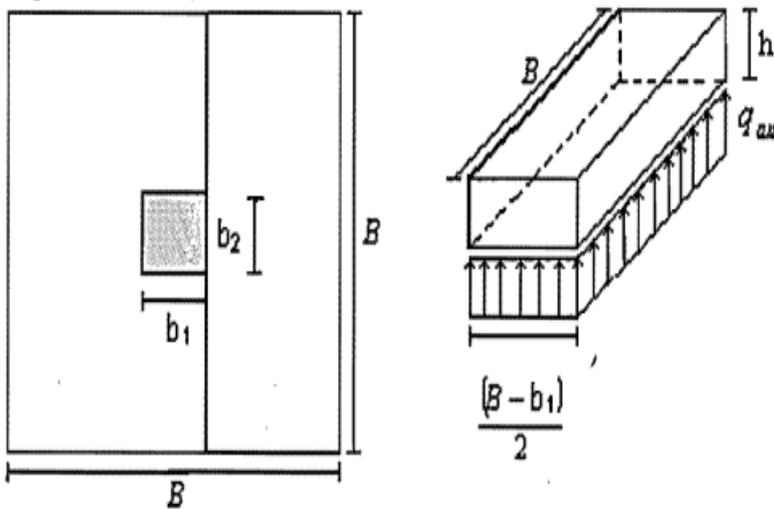


Fuente: Surcolombiana, (2020)

- **Falla por Flexión**

El momento externo en cualquier sección de una zapata se calcula pasando de un plano vertical a través de la zapata y evaluando el momento de las fuerzas actuantes en toda el área de la zapata en un lado de dicho plano vertical (ver figura 9). En las zapatas cuadradas que operan en dos direcciones, el refuerzo debe distribuirse uniformemente a lo largo de todo su ancho. (Vásquez, 2004)

**Figura 9.** Falla por Flexión



Fuente: Surcolombiana, (2020)

### 2.1.1.3 Hormigón

“El hormigón se define como un material de construcción constituido por una mezcla específica de cemento, áridos (arena y grava), agua y ciertos aditivos, todo ello en proporciones determinadas”. (Construmatica, 2012), este componente crucial en la construcción presenta una coloración gris oscuro debido a las proporciones de agregado fino, agregado grueso, agua y cemento (ver figura 10). Su versatilidad y resistencia lo convierten en un material estabilizador para estructuras, con aplicaciones diversas como pavimentos, túneles, infraestructuras y muros, adaptándose a las necesidades particulares de cada caso.

**Figura 10.** Hormigón



**Fuente:** Arzuaga, (2022)

### 2.1.1.4 Hormigón con fibra de acero

“El hormigón con fibra de acero, categorizado como un tipo de hormigón armado, se compone principalmente de cemento, agua, arena, grava y fibras de acero, con la posibilidad de agregar aditivos en algunos casos”. (BECOSAN, 2020), este tipo de hormigón, enriquecido con láminas de acero, presenta notables ventajas en comparación con el hormigón convencional. La incorporación de estas fibras cortas mejora propiedades como la resistencia al impacto de cargas pesadas, la flexión ante empujes de masas y el control de fisuras, resultando en un material duradero y resistente. Este enfoque busca

reducir la necesidad de mano de obra, ofreciendo un hormigón manejable, ligero y ultra resistente (ver figura 11).

**Figura 11.** Hormigón con fibra de acero.



**Fuente:** Becosan, (2020)

Al analizar el comportamiento a tensión de una sola fibra de acero, centrado en un deslizamiento controlado (Steel fiber pull-out), se evidencian diferencias significativas entre las familias de fibras. En la prueba de tensión, las familias 3D y 4D muestran una deformación gradual del gancho durante el proceso, mientras que la familia 5D mantiene un anclaje firme, permitiendo la elongación del alambre y generando ductilidad en el concreto. La fibra de acero es la primera en someterse a esfuerzo al puentear una fisura. La velocidad de deslizamiento de la fibra impacta directamente en la utilización máxima de la capacidad de esfuerzo a tensión; por lo tanto, un deslizamiento rápido o un firme anclaje pueden afectar la ductilidad requerida. (Lesnik, 2021)

#### **2.1.1.5 Suelos**

El suelo se define como la capa más externa de la superficie terrestre, compuesta por una mezcla de materia orgánica e inorgánica, gases, minerales y líquidos, que proporciona soporte estructural. (BioEnciclopedia, 2024), este componente terrestre, definido por agregados finos y gruesos, ha evolucionado a lo largo del tiempo, complementándose para formar capas de material útil en la sociedad, bajo la influencia de factores climáticos (ver figura 12).

**Figura 12.** Capas de suelos



**Fuente:** Equipo, (2021)

#### **2.1.1.5.1 Tipos de Suelo**

**Suelo Arenoso.** Se constituye principalmente de arena, siendo poroso y con baja retención de humedad, lo que lo hace inadecuado para la agricultura. (Meteorologiaenred, 2022)

**Suelo de Piedra Caliza.** Rico en sales de calcio, de aspecto blanco, seco y árido. No es apto para la agricultura debido a la falta de absorción eficiente de nutrientes por parte de las plantas. (Meteorologiaenred, 2022)

**Suelo Húmedo.** También conocido como suelo negro, contiene abundante materia orgánica descompuesta y retiene agua, siendo idóneo para la agricultura. (Meteorologiaenred, 2022)

**Arcilla.** Mayormente compuesto de arcilla de grano fino y color amarillento. Retiene agua formando charcos y puede ser apto para la agricultura si se mezcla con humus. (Meteorologiaenred, 2022)

**Suelo Rocoso.** Abundancia de rocas y piedras de diversos tamaños. Su baja porosidad y permeabilidad lo hace inadecuado para la agricultura. (Meteorologiaenred, 2022)

**Suelo Mixto.** Intermedio entre arena y arcilla, combinando características de ambos tipos de suelo. (Meteorologiaenred, 2022)

### 2.1.2 Referentes Nacionales

En el estudio llevado a cabo por Linda Cobos, denominado “Comparativo de las propiedades mecánicas entre el concreto con fibras de PET reciclado y el concreto con fibras de acero”, se observó que al agregar fibras de acero en una concentración del 0,5%, se evidenció una mejora en los resultados de resistencia a la compresión según los ensayos de laboratorio. Sin embargo, el desempeño del concreto reforzado con fibras PET reciclado estuvo por debajo de las expectativas. Por otro lado, en el ensayo de tracción indirecta, no se registró un incremento significativo en la resistencia a los esfuerzos del concreto reforzado con fibras. Estos hallazgos resaltan la importancia de establecer un criterio de muestreo adecuado en relación al porcentaje de fibra añadida, dado que este factor puede variar dependiendo del tipo de material utilizado. (Cobos, 2021)

Según el proyecto de investigación realizado por Santiago Reyes y Carlos Villigua, titulado “Desarrollo de concreto utilizando escoria de acero para vigas”, se establece que el diseño de una viga de concreto empleando escoria de acero es viable. A través de los datos recopilados durante la investigación, se concluye que, gracias al progreso tecnológico, es factible reducir el impacto ambiental al sustituir diversos tipos de agregados convencionales en la producción de concreto de alta resistencia. Esto se logra mediante el análisis y ajuste de las cantidades de los materiales, hasta alcanzar la resistencia deseada, así como evaluando su comportamiento físico y químico mediante diferentes ensayos. Esta adaptabilidad garantiza su funcionalidad para ser aplicado en la fabricación de vigas de concreto. (Reyes & Villigua, 2019)

El proyecto de investigación titulada “Análisis comparativo entre un diseño de hormigón convencional y otro con fibras de polipropileno empleando agregados de la cantera basáltica Picoaza”, se demostró que el uso de fibras se presenta como una excelente alternativa para mejorar el comportamiento físico y mecánico del concreto. Esta técnica puede ser empleada en estructuras

ubicadas en zonas con nivel de sismicidad de moderados a altos. Los agregados de la cantera Megarock en el sector Picoaza provincia de Manabí, son adecuados para la fabricación de hormigones reforzados con fibras metálicas, donde estos ayudan a mejorar tanto la resistencia como durabilidad frente a la penetración de cloruros. (Ortiz et al., 2020)

En relación con el proyecto de investigación titulado "Comportamiento del hormigón reforzado con fibras de acero y su influencia en sus propiedades mecánicas" el análisis de los resultados indica que el hormigón reforzado con fibras de acero presenta una falla más dúctil y no explosiva en comparación con el hormigón simple durante el ensayo de compresión. La incorporación de filamentos de acero cosidos en zonas de fisura aumenta la seguridad y dificulta la destrucción, lo que podría ser crucial en situaciones de posibles desastres en construcciones. Además, en los ensayos de tracción y flexión, la presencia de fibras de acero mejoró la respuesta del hormigón ante la fisuración y redujo su fragilidad, se observa un aumento significativo en la tenacidad del hormigón reforzado con fibras. (Silva, 2014)

**Figura 13.** Realización de ensayo a compresión



**Fuente:** Silva, (2014)

### 2.1.3 Referentes Internacionales

En la investigación titulada "Diseño propuesto de cimentación para garantizar la estabilidad estructural de viviendas unifamiliares construidas sobre suelos arenosos", llevada a cabo por Carlos Vargas y Roger Vargas, se llega a la conclusión de que la propuesta de cimentación consiste en una losa de cimentación con una altura de 0.30 metros. Se ha verificado mediante el software SAFE que esta cimentación sugerida cumple con el requisito de proporcionar estabilidad estructural a la vivienda unifamiliar de dos pisos propuesta. (Vargas & Vargas, 2022)

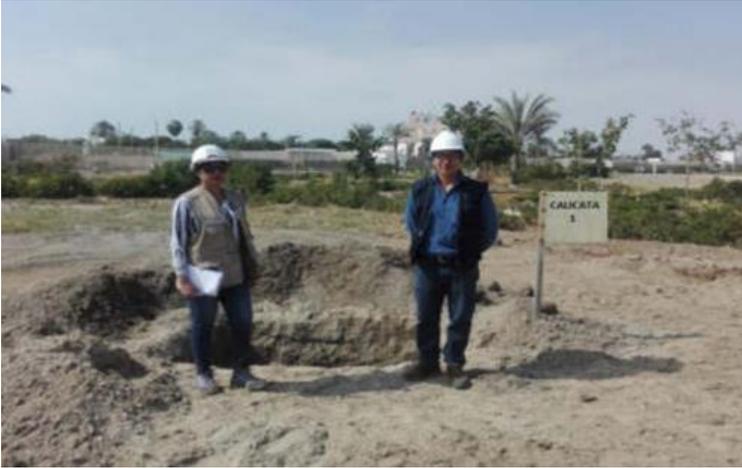
**Figura 14.** Realización del ensayo SPT



**Fuente:** Vargas & Vargas, (2022)

En la tesis titulada "Estudio geotécnico para diseño de cimentación superficial en suelo arenoso," desarrollada por Chalco Percy y Olivos Claudia, se concluye que las tres propuestas de cimentación superficial diseñadas cumplen tanto en capacidad de corte como en asentamiento. No obstante, se destaca que la losa de cimentación es la opción más segura, presentando una capacidad de carga de 8.15 T/m<sup>2</sup> y un asentamiento de 2.03 mm. (Chalco & Olivos, 2019)

**Figura 15.** Excavación de calicata



**Fuente:** Chalcos & Olivos, (2019)

En el proyecto de investigación llamado "Diseño sísmico y estructural de vivienda incorporando residuos de acero" desarrollado por Contreras Wilder y Salcedo Carlos, se concluyó que los ensayos de resistencia de las propiedades mecánicas del concreto se obtuvieron resultados favorables en todas las diferentes dosificaciones durante la prueba de compresión realizada a los 28 días. Se logró alcanzar un valor máximo del 15% en comparación con el diseño estándar de 210 kg/cm<sup>2</sup> utilizando una dosificación del 5%, como se muestra en la figura 16. (contreras & Salcedo, 2022)

**Figura 16.** Muestras de Hormigón



**Fuente:** Contreras & Salcedo, (2022)

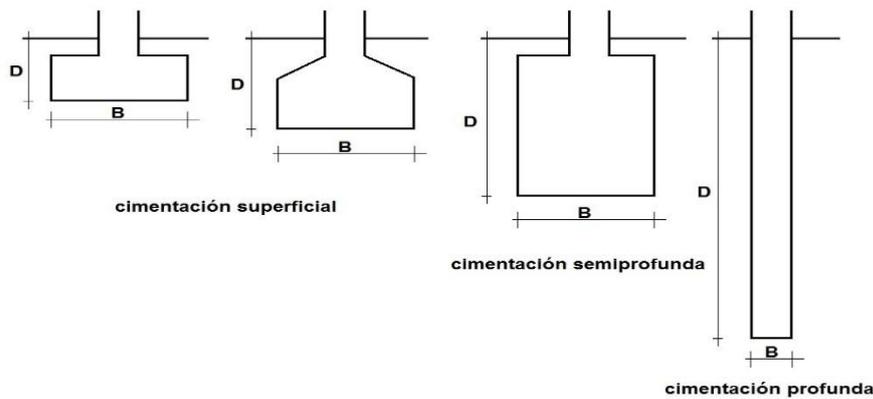
En el proyecto de investigación titulada "Análisis comparativo de propiedades del concreto hidráulico, para diseños de pavimento rígido incorporando fibras sintéticas y de acero", se verificó que la incorporación de fibra sintética en diferentes proporciones, mejoró significativamente las

propiedades mecánicas del concreto, donde se representa mejoras en las propiedades mecánicas del concreto en la dosificación D2 se observó un aumento de 8,36% en la resistencia a la compresión, un 4,96% en resistencia a la tracción y 1,46% en resistencia a la flexión. Por otro lado, con la dosificación D1 que se tuvo un aumento de 7,31% en la resistencia a la compresión, un 4,65% en resistencia a la tracción y disminuyó un 0,48% en resistencia a la flexión. Estos resultados sugieren que a una mayor cantidad de fibra en la mezcla de concreto en este caso la dosificación D2 de 985gr/m<sup>3</sup> de fibra sintética mejora las propiedades del concreto, incrementando su resistencia a compresión, tracción y flexión. (Cruz & Guevara, 2020)

Crespo (2004) afirmó lo siguiente, una definición completa de suelo como una delgada capa sobre la corteza terrestre, resultado de la descomposición y alteración física y química de las rocas, junto con los residuos generados por las actividades biológicas de los seres vivos. Destaca la importancia de agentes físicos como el sol, el agua, el viento y los glaciares en la formación del suelo, mientras que los procesos químicos, como la oxidación, carbonatación e hidratación, son esenciales para reducir los fragmentos de rocas a tamaños menores a 0.01 mm. Además, se mencionan los suelos orgánicos compuestos por humus y partículas minerales.

Yepez (2019) define lo siguiente, la cimentación como aquella que sustenta una estructura sobre el terreno, transmitiendo su peso y las cargas recibidas al suelo para garantizar la estabilidad de la estructura y una presión transmitida menor a la admisible. La figura 17 muestra la clasificación de la cimentación según la profundidad (D) y la dimensión menor (B) incluye cimentación superficial ( $D/B < 4$ ;  $D < 3m$ ), semiprofunda ( $4 \leq D/B \leq 8$ ;  $3 \leq D \leq 6$ ), y profunda ( $D/B > 8$ ;  $D > 6m$ ).

**Figura 17.** Clasificación de la cimentación según la profundidad



**Fuente:** Yépez, (2019)

Terzaghi (1943) presenta lo siguiente, las fórmulas para la capacidad de carga última de zapatas continuas en función de la falla por corte general, tanto para zapatas cuadradas como circulares. Además, introduce modificaciones para cimentaciones con fallas de tipo local, considerando la capacidad de carga modificada ( $N'_c$ ,  $N'_q$ ,  $N'_y$ ).

En la revista "TECNOLOGIA," se destaca la posibilidad de calcular los niveles de refuerzo necesarios en función del nivel de abertura de fisura requerido. (ver figura 18) la combinación de fibras de acero con el acero de refuerzo tradicional ofrece beneficios significativos, como ahorros de costos de hasta un 35% y ahorros de tiempo garantizados con el uso de fibras de acero. La inclusión de fibras 5D cambia la dinámica del refuerzo al anclarse a través del elongamiento del propio alambre, proporcionando un anclaje perfecto debido a los dobles ganchos en los extremos de las fibras. La ultra-alta resistencia a la tensión del alambre (más de 2200 MPa) y su capacidad de elongación hacen que las fibras de acero, especialmente las 5D, sean adecuadas para diversas aplicaciones en el diseño y refuerzo de estructuras de concreto. (Hendrik Thooft & Carlos Frutos, 2013)

**Figura 18.** Fibras de acero



**Fuente:** Thooft & Frutos, (2013)

Para el trabajo de investigación de (Julca & Olivos, 2021), el objetivo es determinar las características físicas y mecánicas del concreto estructural ( $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ ) al agregar fibras de acero en dosificaciones de 1%, 1.5%, y 2%. Los resultados obtenidos en ensayos de compresión a las edades de 7, 14 y 28 días indican que, utilizando una dosificación del 1.5%, se logra un valor máximo significativo de  $264.33\text{kg/cm}^2$  a los 28 días de curado. Por lo tanto, la investigación recomienda el uso de fibras de acero con una dosificación del 1.5% para un diseño de  $210\text{ kg/cm}^2$ . (Julca & Olivos, 2021)

En la investigación llevada a cabo por Medina & Ramos (2021), afirma lo siguiente, El objetivo principal fue determinar el impacto de la incorporación de viruta de acero sometida a cribado vibratoria afecta las propiedades físicas y mecánicas del material con una resistencia característica de  $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ , aplicando dosificaciones del 3%, 5%, y 8%, en relación al peso del agregado fino, la metodología del estudio se clasifica como cuasi experimental.

De acuerdo con los resultados obtenidos en ensayos de compresión realizados a intervalos de 7, 14 y 28 días, con dosificaciones del 3%, 5%, y 8%, se lograron los siguientes valores promedio a los 28 días de edad:  $232.34\text{kg/cm}^2$ ,  $249.38\text{kg/cm}^2$  y  $246.01\text{kg/cm}^2$ , respectivamente. En la prueba de tracción, también a los 28 días y con las mismas dosificaciones, se obtuvieron valores promedio de  $31.96\text{ kg/cm}^2$ ,  $35.93\text{ kg/cm}^2$  y  $34.29\text{kg/cm}^2$ , respectivamente. En el ensayo a flexión, utilizando la misma dosificación a los 28 días, se alcanzaron valores promedio de  $42.94\text{kg/cm}^2$ ,  $53.40\text{kg/cm}^2$  y  $51.05\text{kg/cm}^2$ , respectivamente.

Los resultados indican que la resistencia a la compresión alcanzó un valor favorable de  $249.38\text{kg/cm}^2$  al utilizar el 5%. En la prueba de tracción, se logró

una resistencia óptima de 35.93kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. En el ensayo a flexión, se alcanzó una resistencia máxima de 53.40kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días con la misma dosificación. Así, la investigación concluye que la incorporación de viruta de acero con dosificación del 5% induce un aumento considerable en las propiedades mecánicas del concreto, mejorando de forma significativa su desempeño en resistencia a tracción y flexión. (Medina & Ramos, 2021)

En la investigación llevada a cabo por Díaz (2018) afirmo lo siguiente, el objetivo principal fue determinar el diseño de mezcla de concretos con resistencias características de f'c 140kg/cm<sup>2</sup>, 175 kg/cm<sup>2</sup> y 210kg/cm<sup>2</sup>, mediante la adición de fibras de acero. Se utilizaron agregados provenientes de la cantera Naranjillo del río Yuracyacu, y se emplearon dosificaciones del 1.2%, 3.2%, y 5.2%, en relación al peso del cemento. La metodología del estudio se clasificó como experimental. Los ensayos de compresión se realizaron a periodos de 7, 14 y 28 días para cada diseño. A los 28 días de edad, para un diseño f'c 210kg/cm<sup>2</sup>, los resultados fueron 219.26kg/cm<sup>2</sup>, 224.83kg/cm<sup>2</sup> y 234.86kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. La conclusión principal señala que el desempeño en términos de resistencia de 210kg/cm<sup>2</sup> fue positivo en los ensayos de tracción y flexión.

En la investigación de Maceda León & Samillan Gonzales (2022), determina lo siguiente, Los ensayos de compresión demostraron que, al añadir la cantidad de fibras de acero, la resistencia del concreto también aumentó. Con 5 fibras de acero agregadas, la resistencia fue de 22.0 kg/cm<sup>2</sup>; con 10 fibras, la resistencia alcanzó 229.77 kg/cm<sup>2</sup>; y finalmente, con 15 fibras, la resistencia fue de 236.07 kg/cm<sup>2</sup>. En los ensayos de flexión, se observó un aumento significativo en la resistencia a medida que se añadían fibras de acero, tanto para un tiempo de curado de 1 día como para 28 días.

En cuanto a la investigación de Dennys Ñaupas & Darwin Sosa (2019), se exploró lo siguiente, En el análisis estructural de losas, se estudió el comportamiento mecánico del hormigón con fibras de acero. Se observó que la incorporación de fibras de acero, junto con un aditivo plastificante, mejoro en parte la trabajabilidad del hormigón, sin embargo, al exceder los 90kg de fibra por metro cubico, los beneficios de la trabajabilidad se redujeron por completo,

formando bolas de fibra que crearon jaulas de cangrejos. En términos de resistencia a la carga axial, se encontró que la resistencia aumenta hasta en un 28.1% con una proporción de 90 kg/m<sup>3</sup>, pero también se señala que este es un límite, ya que un exceso de fibras puede reducir la resistencia a la presión. Además, se observó una reducción del agrietamiento del concreto y un aumento en la durabilidad y elasticidad de este con la adición de fibras de acero.

## **2.1 Marco Legal**

El proyecto de investigación sobre el diseño de cimentación reforzando el hormigón con fibras de acero se enmarca en el paradigma neopositivista, dado que prioriza el uso de métodos cuantitativos y la aplicación de leyes y principios ya establecidos. Este enfoque está respaldado por normativas reconocidas como la norma técnica ecuatoriana NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción), American Society for Testing and Materials (A.S.T.M.), a continuación, se presenta toda la normativa utilizada en el desarrollo de esta investigación:

### **1. Ensayos de laboratorio:**

a. Ensayo de Análisis Granulométrico (ASTM D-422). - Describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta la malla N°200.

b. Contenido de humedad (ASTM-D-2216; ASTM-D-2974). – Este método de ensayo cubre la determinación en laboratorio del contenido de humedad por masa de suelo, roca, y materiales similares donde la reducción en masa por secado se debe a la pérdida de agua.

c. Material menor al tamiz No. 200 (ASTM–D–1140). – Este ensayo permite la determinación por lavado de la cantidad de material más fino que la malla N°200 en agregados.

d. Límite líquido (ASTM–D–4318). – Este ensayo consiste en mezclar minuciosamente la muestra (suelo) en su taza de mezcla, y si es

necesario, ajustar su contenido de agua hasta que la consistencia requiere alrededor de 25 a 35 golpes del dispositivo de límite líquido para cerrar el surco.

e. Límite e índice plástico (ASTM-D-4318). – Este método de ensayo consiste en reducir el contenido de agua del suelo con la consistencia en la que se puede rodar sin pegarse a la mediante la difusión de las manos o la mezcla continuamente en la placa de cristal o en el disco de mezcla y almacenamiento.

f. Clasificación de los suelos (ASTM-D-2487). – Describe un sistema para la clasificación de suelos minerales y organominerales con fines de ingeniería basado en la determinación de laboratorio de las propiedades de tamaño de las partículas.

g. Compresión sin confinar (ASTM-D-2166). – Este método de ensayo abarca la determinación de la resistencia a la compresión no confinada de suelos cohesivos en condiciones de compresión, intactas o remoldeados, utilizando la aplicación de una carga axial de deformación controlada.

h. Consolidación unidimensional (ASTM-D-2235-Método B). - El cual consiste en cerrar los ciclos de cargas en el rango de esfuerzos cercanos al esfuerzo sobre consolidación, dejando desarrollar el efecto secundario para un incremento de carga.

i. Ensayo de densidad in situ (método cono de arena ASTM-D-1556). - Este ensayo determina la densidad y contenido de agua de suelos compactado de terraplenes de relleno, carreteras, y relleno estructural.

j. Norma técnica (NEC-SE-CG) Cargas. - Para el calculista y diseñador de estructuras. Las cargas a considerar en el cálculo y diseño de todo tipo de estructuras son las cargas permanentes y cargas variables que se aplican para ese elemento.

k. Norma técnica (NEC-SE-DS) Diseño sismo resistente. – Pone a disposición para el calculista, diseñadores la ingeniería sísmica donde presentan los requerimientos y metodologías que deben ser aplicados al diseño sismo resistente de edificaciones.

l. Norma técnica (NEC-SE-GM) Geotecnia y Diseño de cimentaciones. - Esta norma tiene como objetivo establecer los requisitos para proporcionar criterios básicos a utilizar en los estudios geotécnicos para edificaciones, basados en la investigación del subsuelo, geomorfología del sitio y características estructurales de la edificación con el fin de proveer recomendaciones geotécnicas de diseño para las cimentaciones.

m. Norma técnica (NEC-SE-HM) Estructura de Hormigón Armado. - Trata de hormigón normal armado.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 Enfoque de la investigación**

El proyecto en cuestión adopta un enfoque mixto, caracterizado por la combinación de métodos cuantitativos y cualitativos. Esta elección se fundamenta en la ejecución de una serie de pasos que involucran tanto análisis cuantitativos como cualitativos, con el fin de alcanzar el objetivo de la investigación. Por ejemplo, el proceso comienza con la realización de un estudio geotécnico, seguido por la determinación de la capacidad de carga del suelo. Posteriormente, se evalúa la viabilidad del hormigón propuesto para el diseño de cimentación y, finalmente, se lleva a cabo el diseño de la propuesta de cimentaciones.

Adicionalmente, se generan modelos o tablas que establecen relaciones entre los diversos parámetros que influyen en las propiedades mecánicas del diseño de hormigón. Cada uno de estos pasos se sucede de manera secuencial, donde la información obtenida en etapas anteriores sirve como base para las decisiones y análisis en las etapas posteriores del proyecto. Este enfoque mixto permite abordar de manera integral y complementaria los aspectos cuantitativos y cualitativos necesarios para alcanzar los objetivos planteados en la investigación.

#### **3.2 Alcance de la investigación**

**Exploratorio.** Este enfoque metodológico, caracterizado por su simplicidad y flexibilidad, se implementó para recopilar información a través de encuestas. El principal objetivo era generar hipótesis que contribuyeran a encontrar una solución definitiva al problema planteado. Además, se llevó a cabo la creación de modelos o tablas que establecieran relaciones entre los diversos parámetros involucrados en el diseño de cimentación superficial. Este método permitió una aproximación inicial y abierta al tema, explorando diversas

perspectivas para fundamentar las hipótesis y encaminar la investigación de manera más específica.

**Descriptivo.** En la fase descriptiva de la metodología, se realizaron predicciones con base en datos recopilados. Estas predicciones se fundamentaron en hechos concretos o referencias específicas relacionadas con el tema de estudio. El propósito de esta etapa era interrelacionar las variables pertinentes para describir el comportamiento y la capacidad de los elementos involucrados en el proyecto. A través de esta aproximación descriptiva, se buscó establecer un marco detallado y comprensible que sirviera como base sólida para el análisis posterior y la toma de decisiones en el desarrollo del proyecto de cimentación superficial.

### **3.3 Técnica e instrumentos para obtener los datos**

En el proyecto de investigación, se emplearon diversas técnicas para la obtención de datos, haciendo uso de métodos teóricos, prácticos y técnicos. Estos instrumentos desempeñaron un papel fundamental en la elaboración de la investigación, permitiendo una aproximación completa y fundamentada a la problemática en estudio.

#### **3.3.1 Revisión Bibliográfica**

Se llevó a cabo una exhaustiva revisión de la literatura relacionada con el diseño de cimentaciones y la incorporación de fibras de acero en el hormigón. Esta técnica proporcionó una base teórica sólida y permitió contextualizar la investigación en el estado actual del conocimiento.

#### **3.3.2 Ensayos de Laboratorio**

Se llevaron a cabo diversos ensayos de laboratorio, como el análisis granulométrico, determinación del contenido de humedad, y pruebas de compresión sin confinar. Estos métodos técnicos proporcionaron datos

concretos sobre las propiedades físicas y mecánicas del suelo, así como del hormigón reforzado con fibras de acero.

Estas técnicas combinadas permitieron obtener datos desde distintas perspectivas, integrando conocimientos teóricos, experiencias prácticas y mediciones técnicas. La variedad de métodos utilizados enriqueció la investigación al proporcionar un enfoque integral para abordar la complejidad del diseño de cimentaciones y la incorporación de fibras de acero en el hormigón.

### **3.4 Población y Muestra**

La población objeto de estudio abarca las viviendas ubicadas en las proximidades de la red vial total de la provincia del Guayas, la cual tiene una extensión de 896.06 kilómetros. Este estudio se centra en analizar las características relacionadas con las cimentaciones de las viviendas en esta extensa área geográfica.

La muestra seleccionada consiste en un terreno habilitado con un perímetro de 1280 metros, equivalente a 100 metros cuadrados. En este terreno, se llevaron a cabo investigaciones a cielo abierto para el estudio de suelos. La elección de esta muestra específica se realizó con el propósito de obtener datos representativos y significativos sobre las condiciones del suelo en esa área específica, lo cual es crucial para el diseño de cimentaciones adecuadas.

## CAPÍTULO IV

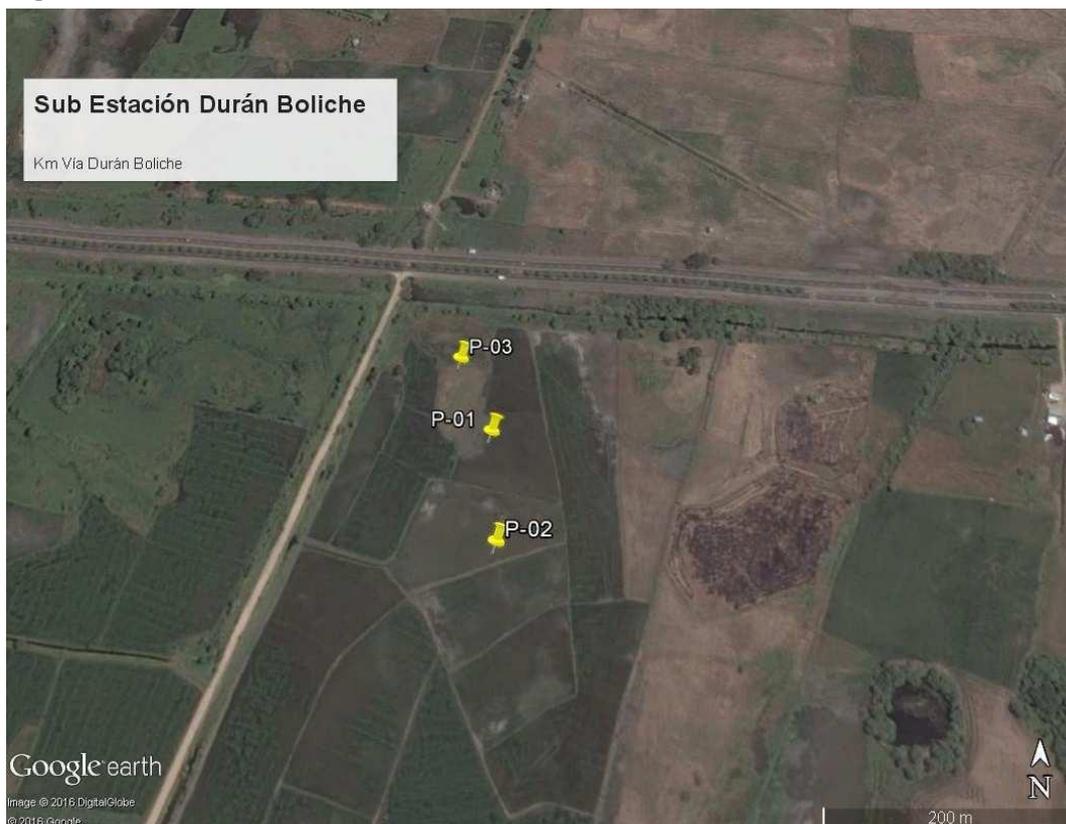
### PROPUESTA O INFORME

Se contrata los servicios de consultoría con Solum Ingenieros Consultores S.A., situada en la ciudad de Guayaquil con el propósito de establecer las características físicas y geo mecánicas del subsuelo donde se construirán las diferentes estructuras que componen el proyecto.

#### 4.1. Ubicación Geográfica de la investigación

El Km. 12 de la vía Durán Boliche es una vía significativa que enlaza diferentes lugares en la provincia de Guayas. A partir del Km.12, esta ruta facilita el transporte y el comercio entre estos y otros puntos en la región, siendo una arteria esencial para la provincia de Guayas. A continuación, se encuentra la ubicación del estudio de suelo para este proyecto (ver Figura 19).

**Figura 19.** Ubicación de estudio de suelo



**Elaborado por:** Zamora, (2024)

## 4.2. Estudio de Suelo

En zona del proyecto, el subsuelo se compone de sedimentos aluviales del cuaternario, originados por las frecuentes inundaciones del río y sus esteros. Predominan las arcillas blandas de elevada plasticidad y, los limos y arenas no muy compactas.

Las características principales de estos sedimentos, incluyen: una alta compresibilidad y la baja resistencia al corte en condiciones no drenadas especialmente en los estratos superficiales, que se encuentran entre 30.0m y 50.0m de profundidad, esto contrasta con los estratos inferiores que tienen aproximadamente 20.0m de espesor, y están compuestos por arenas limosas muy compactas o arcillas rígidas sobre consolidadas, además de presentar un nivel freático superficial.

### 4.2.1. Trabajos de Campo

Para conseguir los objetivos planteados en este informe, se realizan 3 perforaciones de 45.0m de profundidad (ver Tabla 2), conforme se muestra en el siguiente cuadro.

**Tabla 2.** Resumen de perforaciones

Perforación	Coordenadas		Profundidad	Nivel Freático
	N	E	m	m
P-01	9'775.507	641.570	45.00	1.20
P-02	9'775.403	641.576	45.00	0.66
P-03	9'775.507	641.539	45.00	1.28

**Elaborado por:** Zamora, (2024)

Las profundidades para la toma de muestras alteradas e inalteradas en cada uno de los sondeos fueron previamente establecidas por el contratista. Las muestras inalteradas fueron recuperadas mediante tubos de pared delgada Shelbys de 3" de diámetro, según la norma ASTM-D-1587 y las alteradas con ensayos de penetración estándar (SPT), de acuerdo a la norma ASTM-D-1586.

Las muestras recolectadas se manejan, y transportan de acuerdo con las directrices establecidas en las especificaciones técnicas de las Normas ASTM, con el fin de prevenir cualquier alteración o total de las mismas.

#### 4.2.2. Trabajos de Laboratorio

Los ensayos de laboratorio fueron realizados siguiendo los procedimientos establecidos en las normas ASTM (ver Tabla 3) que se detallan a continuación:

**Tabla 3.** Resumen de Ensayos en Laboratorio.

<b>Ensayos de Laboratorio</b>	
<b>Ensayo</b>	<b>Procedimiento</b>
Contenido de humedad	ASTM-D-2216 ; ASTM-D-2974
Material menor al tamiz No. 200	ASTM-D-1140
Límite líquido	ASTM-D-4318
Límite e índice plástico	ASTM-D-4318
Clasificación de los suelos	ASTM-D-2487
Compresión sin confinar	ASTM-D-2166
Consolidación unidimensional	ASTM-D-2235-Método B

**Elaborado por:** Zamora, (2024)

El ensayo de consolidación unidimensional, se lo realiza siguiendo el método **B** de la Norma ASTM 2435, el cual consiste en cerrar los ciclos de cargas en el rango de esfuerzos cercanos al esfuerzo sobre consolidación, dejando desarrollar el efecto secundario para un incremento de carga.

Una vez, que se termina el proceso de carga y descarga, se grafica la curva resultante  $\varepsilon_v$  vrs  $\log \sigma'_v$ , se determina la tensión de sobre consolidación  $\sigma'_{vm}$  y, se obtienen los parámetros de compresibilidad "CR y RR", que sirven para determinar la magnitud de los asentamientos por consolidación primaria.

Este ensayo fue realizado en muestras previamente seleccionadas (ver Tabla 4) de acuerdo al siguiente detalle:

**Tabla 4.** Resumen de Muestras

Perforación #	Muestra #	Profundidad m.
P - 01	6	4.55-5.00
	9	7.55-8.00
	13	11.55-12.00

Elaborado por: Zamora, (2024)

En el Anexo Adjunto, se encuentra la estratigrafía y el resultado de los ensayos de laboratorio de las muestras obtenidas en las perforaciones.

#### 4.2.3. Características estratigráficas del subsuelo

De acuerdo a las perforaciones realizadas, el subsuelo presenta las siguientes características estratigráficas:

La cota del terreno natural es la  $\pm 0.0\text{m}$  y corresponde a la cota de la boca de las perforaciones y, el nivel freático varía entre 0.66 y 1.28m de profundidad.

Un estrato de arcilla o arcilla limosa, su coloración varía entre café y gris verdosa, tiene 16.50m de espesor y su clasificación SUCS es CH. Sus valores encontrados son:  $70 \leq w_n(\%) \leq 120$ ,  $90 \leq LL(\%) \leq 130$ ,  $70 \leq I_p(\%) \leq 100$ ,  $95 \leq No.200(\%) \leq 100$  y  $2 \leq N_{60}(\text{golpes}) \leq 6$ .

Una capa de arcilla verde azulada, tiene 19.0m de espesor y su clasificación SUCS es CL. Sus valores encontrados son:  $20 \leq w_n(\%) \leq 35$ ,  $40 \leq LL(\%) \leq 60$ ,  $20 \leq I_p(\%) \leq 40$ ,  $85 \leq No.200(\%) \leq 95$  y  $15 \leq N_{60}(\text{golpes}) \leq 30$ .

Un estrato de arcilla verdosa clara, tiene 9.50m hasta el final de las perforaciones y su clasificación SUCS es CH. Sus valores son:  $30 \leq w_n(\%) \leq 40$ ,  $35 \leq LL(\%) \leq 75$ ,  $15 \leq I_p(\%) \leq 30$ ,  $95 \leq No.200(\%) \leq 99$  y  $30 \leq N_{60}(\text{golpes}) \leq 50$ .

En ocasiones, intercalando los estratos se localiza una arena limosa o arena arcillosa verde azulada, su espesor varía entre 1.0m y 2.0m y, su clasificación SUCS puede ser SM o SC. Sus valores son:  $25 \leq w_n(\%) \leq 30$ ,  $25 \leq LL(\%) \leq 40$ ,  $10 \leq I_p(\%) \leq 20$ ,  $15 \leq No.200(\%) \leq 45$  y  $N_{60} \geq 10$  golpes.

#### 4.2.4. Análisis de capacidad de carga

Para la corrección del número de golpes obtenido de la prueba de penetración estándar  $N_{(SPT)}$ , se siguen las recomendaciones de Seed y otros en 1985, Skempton en 1986, Liao y whitman en 1986 y Bowles en 1988, quienes indican que se debe realizar la corrección de la energía entrante de hincado y de su disipación alrededor del muestreador hacia el suelo circundante, así como la corrección por la presión efectiva de sobrecarga, de tal forma de estandarizar la prueba de penetración estándar, teniendo que:

$$N_{60a} = (E_{Rm}/E_{Rs}) N_{(SPT)}$$

$$N_{1,60} = C_n N_{60}$$

$$C_n = (10/\sigma'_{vo})^{1/2}$$

Dónde:

$N_{(SPT)}$  = Número de golpes de la prueba de penetración estándar, en golpes/pie  
 $N_{60}$  = Número de golpes corregido por la energía del martillo, en golpes/pie

$N_{1,60}$  = Número de golpes corregido por la presión de confinamiento, en golpes/pie

$C_n$  = Corrección por presión de confinamiento, adimensional

$\sigma'_{vo}$  = Esfuerzo vertical efectivo, en Ton/m<sup>2</sup>

Terzaghi y Peck en 1967, para el caso de las arenas finas, arenas limosas, limos arenosos o limos, que se localizan por debajo del nivel freático con  $N_{60} > 15$ , recomiendan realizar la corrección por dilatación, teniendo que:

$$N_{60a} = 15 + 0.5 (N_{60} - 15)$$

Dónde:

$N_{60a}$  = Número de golpes corregido por dilatación, en golpes/pie

Terzaghi y Peck en 1967, para el caso de arcillas blandas o rígidas recomiendan utilizar la siguiente expresión:

$$S_u = N_{60}/1,5$$

$S_u$  = Resistencia al esfuerzo cortante en condiciones no drenadas, en Ton/m<sup>2</sup>  
 $N_{60}$  = Número de golpes corregido por la energía del martillo, en golpes/pie

De acuerdo a varios investigadores encontrados en la literatura clásica de mecánica de suelos, para la obtención del ángulo de fricción interna del suelo recomiendan utilizar la correlación gráfica propuesta por Peck, Hanson y Thornburn en 1974, que puede aproximarse a la ecuación presentada por Wolf en 1989, que se presenta a continuación:

$$\phi' = 27.1 + 0.3 N_{1,60} - 0.00054 N_{1,60}^2$$

Dónde:

$\phi'$  = Ángulo de fricción interna del suelo, en grados

$N_{1,60}$  = Número de golpes corregido por la presión de confinamiento, en golpes/pie.

#### 4.2.5. Análisis de Asentamientos

Para el cálculo de la magnitud y velocidad de los asentamientos por consolidación primaria, que debe sufrir el subestrato compresible por el incremento de esfuerzos de la construcción del relleno que varía entre 2.0m y 3.0m de altura y, se utiliza la formulación propuesta por K. Terzaghi en 1956, considerando la distribución de presiones de acuerdo a la teoría de Boussinesq en 1985, teniendo que:

$$\rho_c = \sum H (RR \log_{10} \sigma'_{vm}/\sigma'_{vo} + CR \log_{10} \sigma'_{vf}/\sigma'_{vm})$$

Para una relación de OCR = 1.0 donde se cumple la condición que

$$\sigma'_{vm} = \sigma'_{vo} < \sigma'_{vf}$$

$$\rho_c = \Sigma H (CR \log_{10} \sigma'_{vf}/\sigma'_{vo})$$

Para una relación de OCR > 1.0 donde se cumple la condición que

$$\sigma'_{vm} < \sigma'_{vf} < \sigma'_{vo}$$

$$\rho_c = \Sigma H (RR \log_{10} \sigma'_{vf}/\sigma'_{vo}) \text{ Dónde:}$$

$\rho_c$  = Asentamientos por consolidación primaria, en cmH = Espesor del estrato compresible, en cm.

CR = Pendiente de la rama de virgen, adimensional.

RR = Pendiente de la rama de recompresión, adimensional

$\sigma'_{vf}$  = Incremento de esfuerzos, en Ton/m<sup>2</sup>

$\sigma'_{vo}$  = Esfuerzo vertical efectivo inicial, en Ton/m<sup>2</sup>

$\sigma'_{vm}$  = Esfuerzo de sobre consolidación, en Ton/m<sup>2</sup>

OCR= Relación de sobre consolidación, igual a 1.0 para suelos normalmente consolidados y mayor a 1.0 para suelos sobre consolidados.

$$t = T_v H_d^2 / C_v \text{ Dónde:}$$

t = tiempo al 95% de consolidación, en días  
H<sub>d</sub> = Frontera de drenaje, en m

C<sub>v</sub> = Velocidad de consolidación, en cm/s

Del análisis realizado, se concluye lo siguiente:

El subestrato compresible debe sufrir asentamientos por consolidación primaria del orden de 100.0cm en 70 años, debido al incremento de esfuerzos de la construcción del relleno que equivale a una descarga del orden de qd=5.0 Ton/m<sup>2</sup>.

El subestrato compresible debe sufrir asentamientos por consolidación primaria del orden de 1.0cm en 9 meses.

#### 4.2.6. Zonificación Sísmica

Para definir el espectro elástico de respuesta, se utiliza la zonificación sísmica de la Norma Ecuatoriana de la Construcción del 2015, donde se propone un sismo de servicio para diferentes tipos de suelo, considerando una vida útil de 50 años, 10% de probabilidad de excedencia y un periodo de retorno de 475 años, conformese muestra en la siguiente figura (ver Figura 20).

Figura 20. Mapa de zonificación sísmica

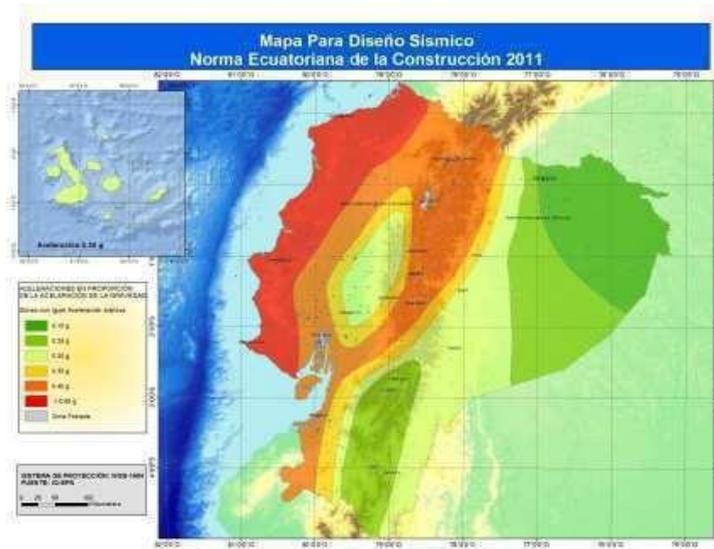


Figura 2.1. Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z.

Tabla 2.1. Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización de la amenaza sísmica	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta

Fuente: NEC, (2014)

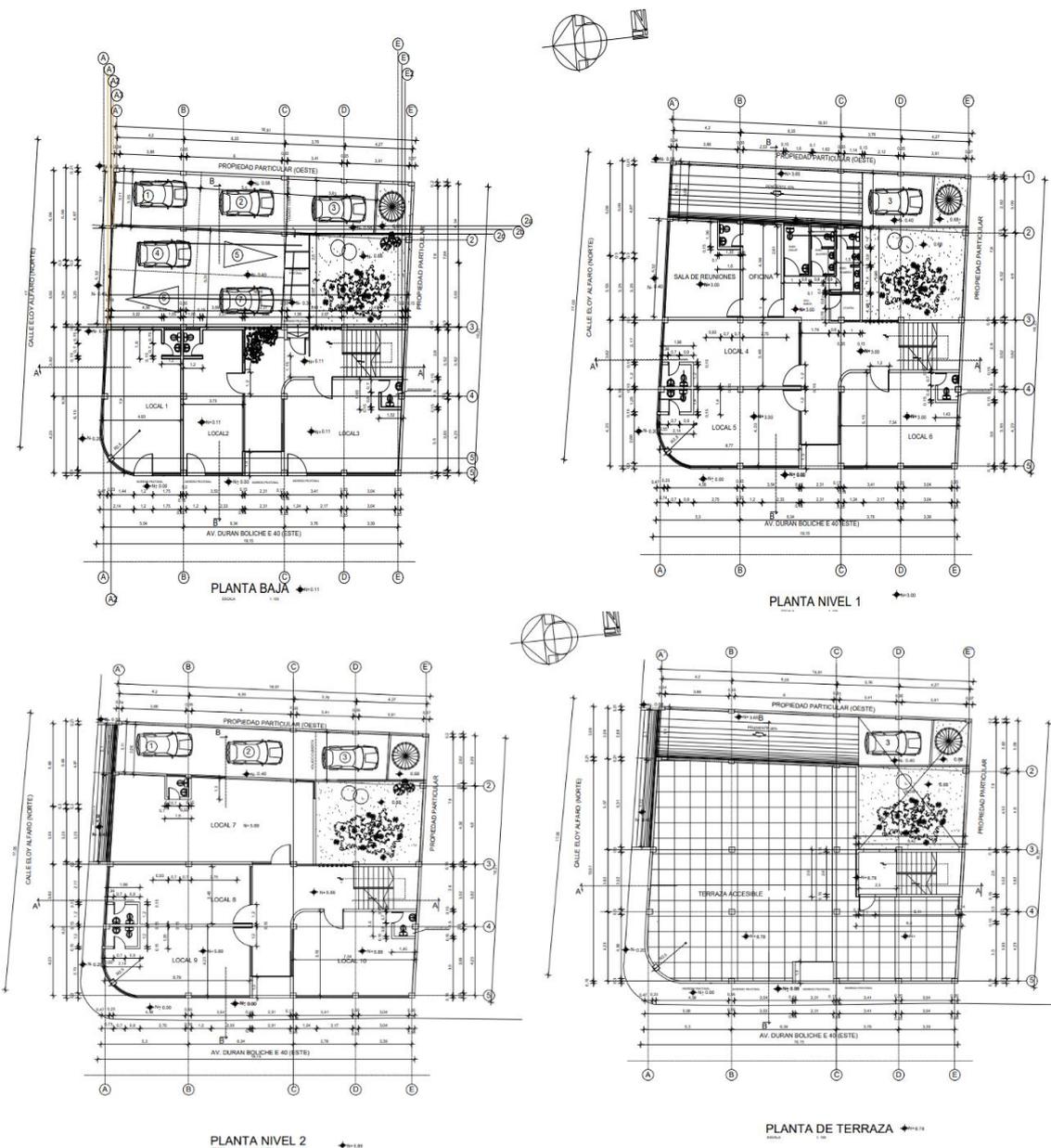
De acuerdo al mapa de zonificación sísmica, en la vía Durán Boliche se localiza en la zona sísmica Z=V con un coeficiente de aceleración horizontal máxima en la roca de  $g(A_0)=0.40g$  y el perfil de suelo tipo E con un índice de plasticidad de  $IP>20\%$ , una humedad natural de  $W_n>40\%$  y una resistencia al esfuerzo cortante en condiciones no drenadas de  $S_u<5.0 \text{ Ton/m}^2$ .

### 4.3. Arquitectura del edificio

Se propone en esta investigación la elaboración de un diseño detallado para una vivienda de tres niveles construido con estructura de acero A-36, incluyendo la implementación de un tapagrada. El diseño arquitectónico correspondiente se presenta a continuación (ver Figura 21) como parte integral del estudio.

#### 4.3.1. Plantas arquitectónicas de la vivienda

Figura 21. Plantas arquitectónicas de la vivienda

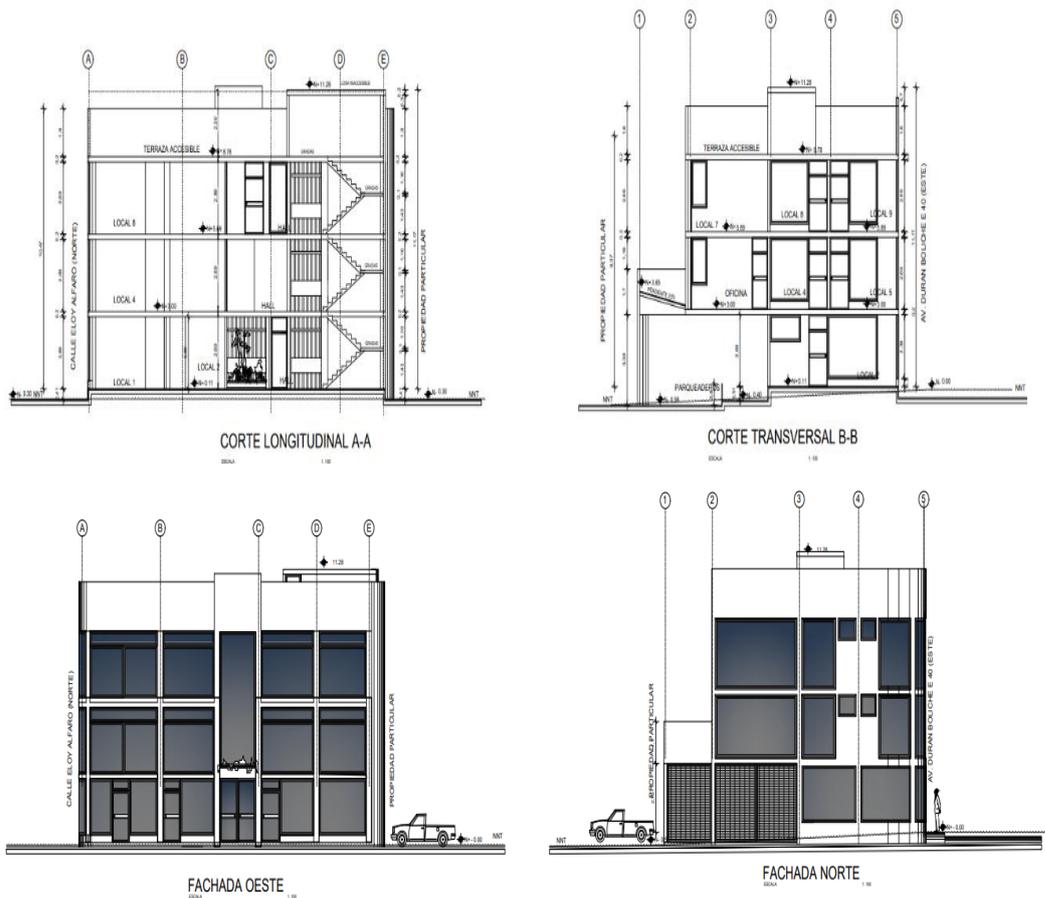


Elaborado por: Zamora, (2024)

### 4.3.2. Cortes y fachada de la vivienda

Es posible analizar diversos aspectos y elementos, incluyendo la disposición y distribución de los espacios, la organización de las áreas funcionales, el empleo de materiales y acabados, la integración con el entorno, y el cumplimiento de normas y regulaciones (ver Figura 22).

Figura 22. Cortes y fachada de la vivienda



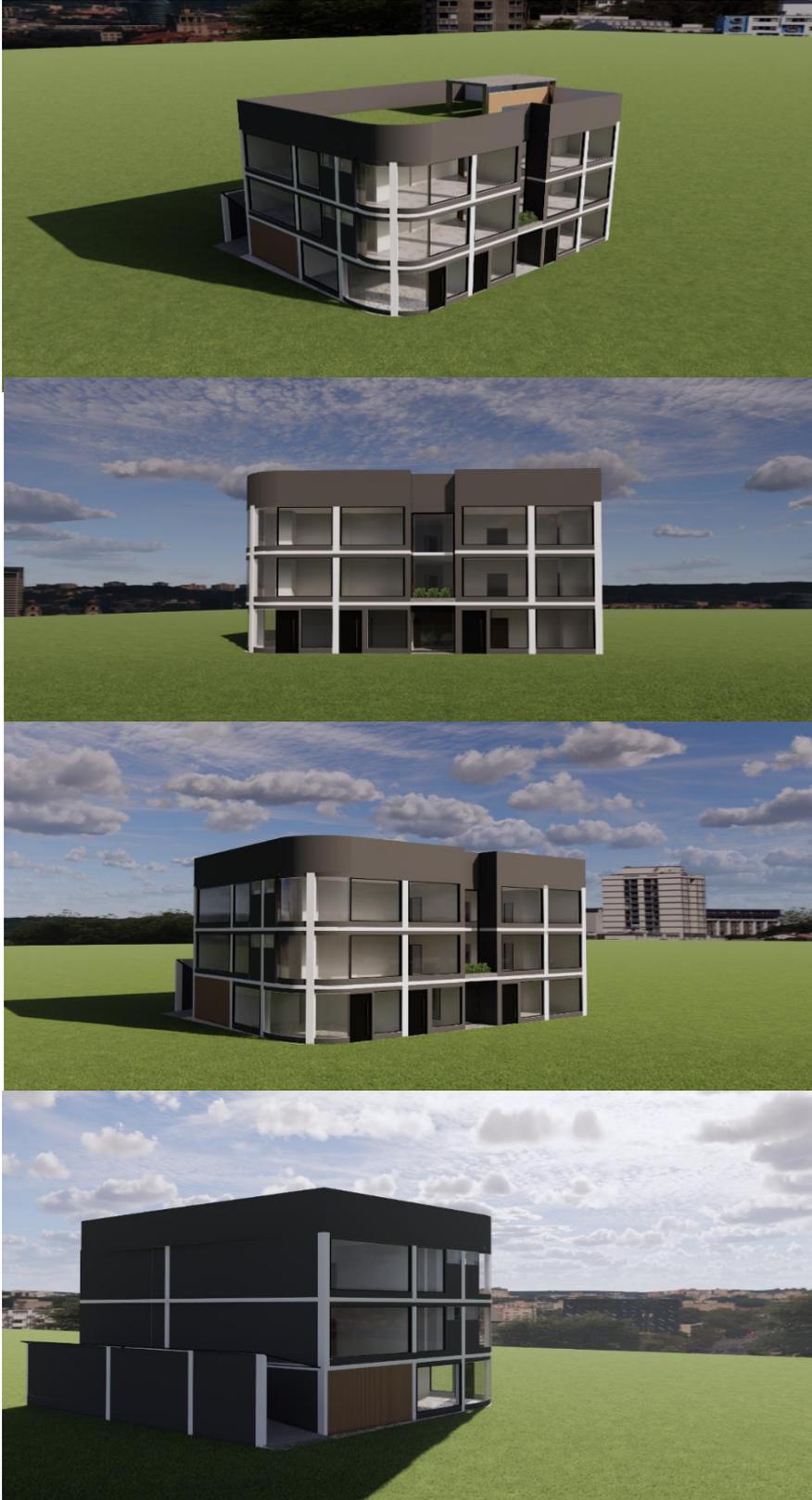
Elaborado por: Zamora, (2024)

### 4.3.3. Renders descriptivos

Estos renders proporcionaran una representación visual y precisa de los espacios interiores y exteriores del edificio, permitiendo apreciar la distribución de las habitaciones, el diseño de las fachadas, los materiales utilizados, la iluminación y el entorno natural. Estas imágenes serán una herramienta valiosa

para que los lectores puedan anticipar y comprender mejor la estética y funcionalidad de la vivienda propuesta (ver Figura 23).

**Figura 23.** Perspectivas de fachadas



Elaborado por: Zamora, (2024)

## 4.4. Predimensionamiento y cuantificación de cargas

### 4.4.1. Carga Muerta (CM)

La carga muerta se refiere al peso permanente de los elementos estructurales de una edificación o cualquier otra construcción y no cambian con forme el tiempo avanza, tales como: vigas, columnas, muros, tabiques, recubrimientos, instalaciones fijas (como sanitarias, eléctricas, sistemas de calefacción), revestimientos y cualquier dispositivo integrado de manera permanente a la estructura. A continuación, se presenta la figura 24, resumiendo el contenido de cargas muertas.

**Figura 24.** Cuadro de resumen de CM

Resumen Cargas	
Descripcion	kg/m2
Peso Paredes	150
P.P Vigas Principales	0
P.P Viguetas Secundarias	0
Instalaciones Generales	20
Acabados de Piso (3cm)	60
Hormigon Deck (12cm)	288
<b>CARGA MUERTA TOTAL</b>	<b>518</b>

Elaborado por: Zamora, (2024)

### 4.4.2. Carga Viva (CV)

La carga viva se refiere a cualquier carga que no sea permanente y puede variar con el tiempo en una estructura, esta incluye todas las cargas temporales y móviles que actúan sobre la estructura y están conformadas por los pesos de vehículos, personas, muebles y otros.

En la NEC, (ver detalle de la figura 25) se indica que para viviendas (unifamiliares y bifamiliares) en pisos superiores la carga viva es:

$$L = 3.60 \text{ KN/m}^2 = 360 \text{ Kg/m}^2$$

**Figura 25.** Cuadro de resumen de CV

Ocupación o Uso	Carga uniforme (kN/m <sup>2</sup> )	Carga concentrada (kN)
<b>Almacenes</b>		
Venta al por menor		
Primer piso	4.80	4.50
<del>Pisos superiores</del>	<del>3.60</del>	4.50
Venta al por mayor. Todos los pisos	6.00	4.50
<b>Armerías y salas de instrucción militar</b>	7.20	
<b>Áreas de reunión y teatros</b>		
Asientos fijos	2.90	
Áreas de recepción	4.80	
Asientos móviles	4.80	
Plataformas de reunión	4.80	
Escenarios	7.20	

Fuente: NEC, (2014)

#### 4.4.3. Cargas Sísmicas

Dado que se encuentra en una zona de alto riesgo sísmico, la magnitud, distribución y el momento en que pueden ocurrir estos esfuerzos son inciertos. Esta situación también somete a la estructura a dichos esfuerzos sísmicos: para la vía Durán Boliche se localiza en la zona sísmica Z=V.

Para el diseño por sismo se adhieren a las directrices establecidas en la NEC, que especifica los requisitos mínimos para el cálculo y diseño resistente a sismos, esto incluye la determinación del cortante basal de diseño y el cálculo de las fuerzas horizontales, así como el control de las derivas de piso y otros efectos asociados.

#### 4.4.4. Prediseño de elementos

##### 4.4.4.1. Prediseño de Columna central

- Datos

Acero = A-36

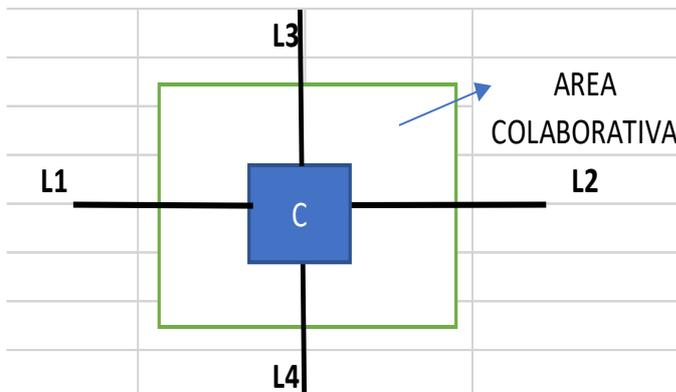
$E_a = 2100000 \text{ Kg/cm}^2$

(Módulo de elasticidad del acero)

A continuación (ver figura 26), se muestra el área tributaria y la representación de vigas según el plano arquitectónico.

- Datos Arquitectónicos

**Figura 26.** Área tributaria.



Elaborado por: Zamora, (2024)

L1 (m) = 4,79 m (Longitud del AutoCAD)

L2 (m) = 6,37 m (Longitud del AutoCAD)

L3 (m) = 5,39 m (Longitud del AutoCAD)

L4 (m) = 3,82 m (Longitud del AutoCAD)

# Pisos = 4 u (Numero de pisos)

H (m) = 2,89 m (Altura entrepisos)

$CM = 0,553 \frac{t}{m^2}$  (Carga muerta)

$CV = 0,360 \frac{t}{m^2}$  (Carga viva, NEC-15)

$$Cu = 1,2CM + 1,6CV \quad (\text{Carga ultima})$$

$$Cu = 1,24 \frac{t}{m^2}$$

$$At = \left(\frac{L1}{2} + \frac{l2}{2}\right) \left(\frac{L3}{2} + \frac{l4}{2}\right) \quad (\text{Area Tributaria})$$

$$At = 25,70 m^2$$

$$Pu = \frac{\#pisos * Cu * AT}{0,85} \quad (\text{Carga Puntual})$$

$$Pu = 149,89 T$$

$$Padm = 204,30 T \quad (\text{Carga admisible})$$

$$\frac{\text{Demanda}}{\text{Capacidad}} = \frac{Pu}{Padm} = 73,37\% \quad (\text{Cumple el diseño})$$

- Sección de la columna

$$bc (cm) = 30cm \quad (\text{Base de columna})$$

$$hc (cm) = 30cm \quad (\text{Altura de columna})$$

$$ec (cm) = 0,8cm \quad (\text{Espesor de columna})$$

$$k = 1,2 u \quad (\text{Rigidez})$$

A continuación (ver figura 27 y 28), se presenta el valor de diseño recomendado de K (rigidez) para columna de rotación fija y traslación libre según la NEC, y la formula de compacidad que es el producto de una constante por la raíz de la relación del módulo de elasticidad y el esfuerzo de fluencia.

Figura 27. Clasificación de Rigidez

Forma pandeada de columna mostrada por línea discontinua						
Valor teórico de K	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Valor de diseño recomendado K	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
Clave de condición final		Rotación fija y traslación fija				
		Rotación libre y traslación fija				
		Rotación fija y traslación libre				
		Rotación libre y traslación libre				

Fuente: Inforcivil.com, (s.f.)

$$f_y = 2529,87 \frac{kg}{cm^2} \quad (\text{fuerza de fluencia})$$

$$\text{Constante } 1 = 1,4 * \sqrt{\frac{Ea}{f_y}}$$

$$\text{Constante } 1 = 40,34 u$$

Figura 28. Cuadro de elementos en compresión AISC. 360-16

<b>TABLA B4.1b</b> <b>Razones Ancho-Espesor: Elementos en Compresión.</b> <b>Miembros sometidos a Flexión</b>					
Casos	Descripción del Elemento	Razón Ancho Espesor	Razón Ancho-Espesor Limite $\lambda$ (compacta / no compacta (esbelto / no esbelto)	Ejemplo	
6	Paredes de secciones HSS rectangulares y cajones de espesor uniforme	$b/t$	$1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$		

Fuente: American Institute of Steel Construction, (2016)

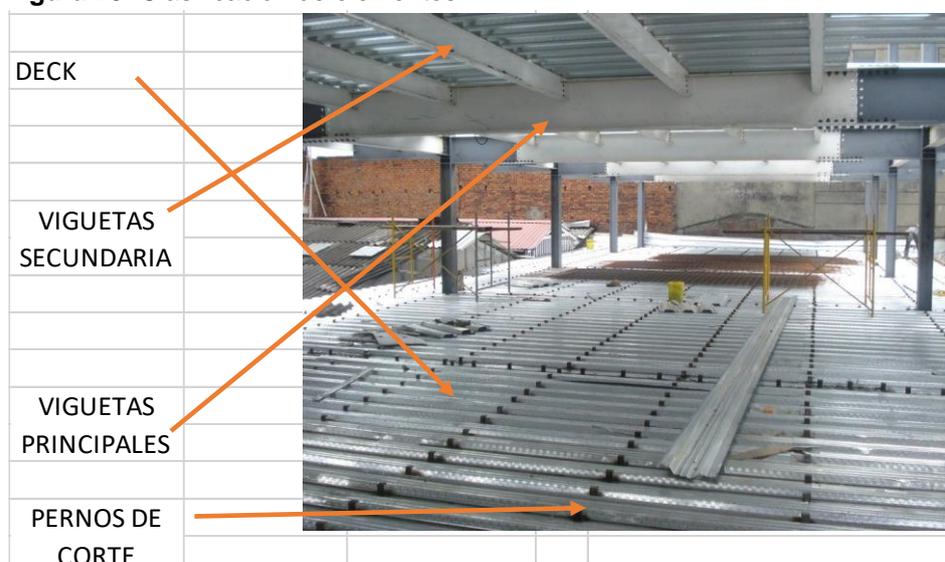
$$\text{Constante } 2 = 4,71 * \sqrt{\frac{Ea}{fy}}$$

$$\text{Constante } 2 = 135,70 u$$

#### 4.4.4.2. Prediseño de Viga central

La figura 29 y 30 muestra la clasificación de elementos tridimensional del modelo utilizado, en el cual se realizó el prediseño, para ello se procedió los cálculos adecuados para definir las secciones de vigas principales, vigas secundarias, losa aligerada y pernos de corte según el plano arquitectónico presentado en la figura 21.

**Figura 29.** Clasificación de elementos



**Elaborado por:** Zamora, (2024)

- Datos

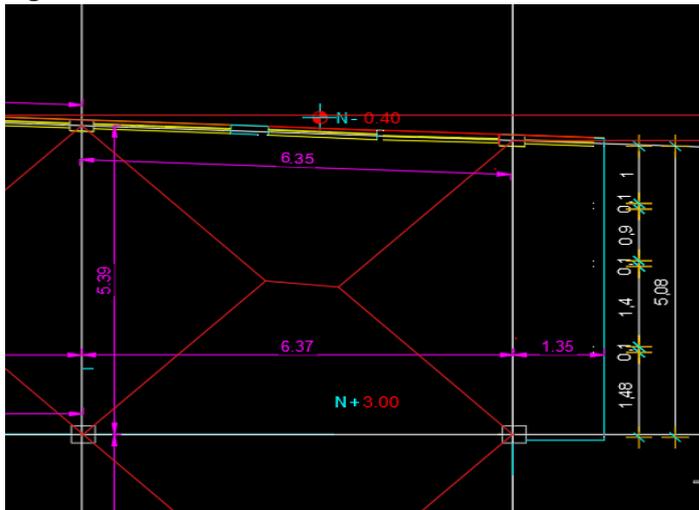
Acero = A-36

Ea = 2100000 Kg/cm<sup>2</sup>

(Módulo de elasticidad del acero)

- Datos Arquitectónicos

Figura 30. Plano de vivienda en AutoCAD



Elaborado por: Zamora, (2024)

$L_{vi} \text{ (m)} = 5,39 \text{ m}$  (Longitud de vigueta)

$L_v \text{ (m)} = 6,37 \text{ m}$  (Longitud de viga de carga)

$L_2 \text{ (m)} = 3,82$  (longitud de vigueta secundaria del otro panel)

$\# V_i = 3 \text{ u}$  (Numero de viguetas)

$A_{cvi} \text{ (m)} = 1,59 \text{ m}$  (Ancho colaborante entre vigueta)

- Secciones Viguetas secundarias

$B_f \text{ (cm)} = 15 \text{ cm}$  (Base de patín)

$T_f \text{ (cm)} = 0,8 \text{ cm}$  (espesor de patin)

$H_w \text{ (cm)} = 30 \text{ cm}$  (Altura del alma de la Viga)

$T_w \text{ (cm)} = 0,4 \text{ cm}$  (Espesor del alma de la Vigueta)

$C_b = 1$  (Factor de modificación por pandeo)

$Ppv \text{ (Kg/m)} = A_v * 0,785 = 27,76 \text{ kg/m}$  (peso propio de vigueta)

- Propiedades mecánicas

$A_v = 2bf * tf + (hw - 2*tf) * tw = 35,36 \text{ cm}^2$  (Área de la vigueta)

$I_{xv} = \frac{bf * hw^3}{12} - \frac{(bf - tw) * (hw - 2tf)^3}{12}$  (Inercia en "X" de vigueta)

$I_{xv} \text{ (cm}^4) = 5880,66 \text{ cm}^4$

$I_{yv} = \frac{tf * bf^3}{12} + \frac{(hw - 2tf) * tw^3}{12}$  (Inercia en "Y" de la viga)

$I_{yv} = 450,15 \text{ cm}^4$

$S_x = 2 * I_{xv} / hw$  (Modulo de elasticidad en "X")

$S_x = 392,04 \text{ cm}^3$

$S_y = 2 * I_{yv} / bf$  (Modulo de elasticidad en "y")

$S_y = 60,02 \text{ cm}^3$

$Z_x = bf * tf * (hw - tf) + \left(\frac{hw}{2} - tf\right)^2 * tw$  (Modulo plástico en "X")

$Z_x = 431,06 \text{ cm}^3$

$Z_y = \frac{bf^2 * tf}{2} + (hw - 2tf) * \frac{tw^2}{4}$  (Modulo plástico en "Y")

$Z_y = 91,14 \text{ cm}^3$

$$r_x = \frac{I_{xv}}{A_v} \quad (\text{Radio de Giro en "X"})$$

$$r_x = 12,9 \text{ cm}$$

$$r_y = \frac{I_{yv}}{A_v} \quad (\text{Radio de Giro en "Y"})$$

$$r_y = 3,57 \text{ cm}$$

$$f_y = \frac{36 \text{ ksi} \cdot 1000}{14,23} \quad (\text{Esfuerzo de fluencia})$$

$$f_y = 2529,87$$

**Figura 31.** Cuadro de chequeo para el patín

Relación	AISC341-10	
	Elevada Ductilidad	Moderada Ductilidad
$\frac{b_f}{2 t_f}$	$\leq 0.30 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	$\leq 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$

**Fuente:** American Institute of Steel Construction, (2016)

$$cf1 = 0,30 \sqrt{\frac{Ea}{f_y}} \quad (\text{Chequeo para el Patín Elevada ductilidad})$$

$$cf1 = 8,64$$

$$cf2 = 0,38 \sqrt{\frac{Ea}{f_y}} \quad (\text{Chequeo para el Patín moderada ductilidad})$$

$$cf2 = 10,95$$

**Figura 32.** Cuadro de chequeo para el alma

Relación	AISC341-10	
	Elevada Ductilidad	Moderada Ductilidad
$\frac{h}{t_w}$	$\leq 2.45 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	$\leq 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$

**Fuente:** American Institute of Steel Construction, (2016)

$$cw1 = 2,45 \sqrt{\frac{Ea}{f_y}} \quad (\text{Chequeo para el Alma Elevada ductilidad})$$

$$cw1 = 70,59$$

$$cw2 = 3,76 \sqrt{\frac{Ea}{f_y}} \quad (\text{Chequeo para el Alma moderada ductilidad})$$

$$cw2 = 108,33$$

- Distribución de carga

$$CM = 0,518 \frac{t}{m^2} \quad (\text{Carga muerta})$$

$$CV = 0,360 \frac{t}{m^2} \quad (\text{Carga viva, NEC-15})$$

$$Cu = 1,2CM + 1,6CV \quad (\text{Carga ultima})$$

$$Cu = 1,20 \frac{t}{m^2}$$

$$Wp = cu * lv * Acv + \frac{Ppv}{1000} * Ea * 1,2 \quad (\text{Carga puntual})$$

$$Wp = 10,46 T$$

$$Wr = \frac{Wp}{Lvi} \quad (\text{Carga Repartida})$$

$$Wr = 1,94 \frac{t}{m}$$

$$Mu = \frac{Wr * Lv^2}{8} \quad (\text{Momento ultimo})$$

$$Mu = 7,05 T * m$$

$$Apoyos = 3 u \quad (\text{Pernos de corte})$$

$$Lb = \frac{Lv}{\#apoyos + 1} \quad (\text{Longitud arriostrada})$$

$$Lb = 134,75 \text{ cm}$$

$$Mr = 9,81 T * m \quad (\text{Momento resistente})$$

$$\frac{Demanda}{Capacidad} = \frac{Mu}{Mr} = 71,80\% \quad (\text{Cumple el diseño})$$

- Diseño viga de carga (Viga Principal)
- Sección

$$Bf \text{ (cm)} = 20 \text{ cm} \quad (\text{Base de patín})$$

$$Tf \text{ (cm)} = 1,0 \text{ cm} \quad (\text{espesor de patin})$$

$$Hw \text{ (cm)} = 60 \text{ cm} \quad (\text{Altura del alma de la Viga})$$

$$Tw \text{ (cm)} = 0,6 \text{ cm} \quad (\text{Espesor del alma de la Viga})$$

$$C_b = 1,0 \quad (\text{Factor de modificación por pandeo})$$

$$P_{pv} \text{ (Kg/m)} = A_v * 0,785 = 58,72 \text{ kg/m} \quad (\text{Peso propio de viga})$$

- Propiedades mecánicas

$$A_v = 2bf * tf + (hw - 2*tf) * tw = 74,80 \text{ cm}^2 \quad (\text{Área de la vigueta})$$

$$I_{xv} = \frac{bf * hw^3}{12} - \frac{(bf - tw) * (hw - 2tf)^3}{12} \quad (\text{Inercia en "X" de vigueta})$$

$$I_{xv} \text{ (cm}^4) = 4458,93 \text{ cm}^4$$

$$I_{yv} = \frac{tf * bf^3}{12} + \frac{(hw - 2tf) * tw^3}{12} \quad (\text{Inercia en "Y" de la viga})$$

$$I_{yv} = 1334,38 \text{ cm}^4$$

$$S_x = 2 * I_{xv} / hw \quad (\text{Modulo de elasticidad en "X"})$$

$$S_x = 1485,63 \text{ cm}^3$$

$$S_y = 2 * I_{yv} / bf \quad (\text{Modulo de elasticidad en "y"})$$

$$S_y = 133,44 \text{ cm}^3$$

$$Z_x = bf * tf * (hw - tf) + \left(\frac{hw}{2} - tf\right)^2 * tw \quad (\text{Modulo plástico en "X"})$$

$$Z_x = 1684,60 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = \frac{bf^2 * tf}{2} + (hw - 2tf) * \frac{tw^2}{4} \quad (\text{Modulo plástico en "Y"})$$

$$Z_y = 205,22 \text{ cm}^3$$

$$r_x = \frac{I_{xv}}{A_v}$$

(Radio de Giro en "X")

$$r_x = 24,41 \text{ cm}$$

$$r_y = \frac{I_{yv}}{A_v}$$

(Radio de Giro en "Y")

$$r_y = 4,22 \text{ cm}$$

$$P_i = \frac{W_p}{2} * \left(1 + \frac{L_2}{L_{vi}}\right)$$

(Carga puntual de cada Vigueta)

$$M_{emp} = \frac{P * L * ((n + 1)^2 - 1)}{12 * (n + 1)}$$

(Momento por empotramiento)

$$M_{emp} = 35,87 \text{ T} * m$$

$$M_p = 0,9 * Z_x * \frac{f_y}{(1000 * 100)}$$

(Momento Plástico)

$$M_p = 38,36 \text{ T} * m$$

$$L_p = 1,76 * r_y * \sqrt{\frac{E_a}{f_y}}$$

(longitud arriostrada)

$$\frac{\text{Demanda}}{\text{Capacidad}} = \frac{M_u}{M_p} = 93,53\%$$

(Cumple el diseño)

**Figura 33.** Cuadro de diseño de pernos

DISEÑO DE PERNOS DE CORTE		
Fuerza Tension	89,46	T
Diam Perno de Corte (in)	3/4	CUMPLE
Resistencia Perno	8,81	T
<b># Pernos</b>	<b>22</b>	<b>unidades</b>
Separacion Minima Teorica	23,43	cm
Separacion Maxima Teorica	96,00	cm
<b>hmin perno corte</b>	<b>8</b>	<b>cm</b>

Elaborado por: Zamora, (2024)

En el detalle de la figura 33, muestra el diseño de pernos de corte para la elaboración de la estructura metálica.

#### 4.4.4.3 Prediseño de Losa colaborante

$$tp \text{ (cm)} = 12 \text{ cm} \quad \text{(Espesor de loseta)}$$

$$b \text{ (cm)} = Lv * \frac{100}{8} \quad \text{(Base de sección compuesta)}$$

$$b \text{ (cm)} = 67,38 \text{ cm}$$

$$a \text{ (cm)} = 7,44 \text{ cm}$$

$$Mr1 = Av * fy * \left( \frac{hw}{2} + tp - \frac{a}{2} \right) \quad \text{(Momento resistente 1)}$$

$$Mr1 = 20,83 T * m$$

$$n = 9,75 \quad \text{(Coef. Para transformar de hormigón a acero)}$$

$$bs = \frac{b}{n} \quad \text{(Base acero)}$$

$$bs = 6,91 \text{ cm}$$

$$y_g = \frac{A_v * \frac{hw}{2} + b_s * t_p * (hw + \frac{t_p}{2})}{A_v + b_s * t_p} \quad (\text{Centro de gravedad "y"})$$

$$y_g = 29,72 \text{ cm}$$

$$I_{total} = 37262,69 \text{ cm}^4 \quad (\text{Inercia Total})$$

$$M_{r2} = 31,72 \text{ T} * \text{ m} \quad (\text{Momento resistente 2})$$

$$M_{rfinal} = 20,83 \text{ T} * \text{ m} \quad (\text{Momento resistente final})$$

$$\frac{\text{Demanda}}{\text{Capacidad}} = \frac{M_u}{M_{rfinal}} = 33,84\% \quad (\text{Cumple el diseño})$$

#### 4.4.5 Espectros de diseño

Para introducir el espectro al programa debemos de realizar una base de datos que contenga el espectro elástico e inelástico de la estructura (ver tabla 5).

**Tabla 5.** Calculo del método dinámico

CALCULO DEL METODO DINAMICO				
T (seg)	ESPECTRO ELASTICO		ESPECTRO INELASTICO	
	Sa (g)	Sa	Sa (g)	Sa
	a/g	m/s <sup>2</sup>	(a/g)/(R*Φe*Φp)	m/s <sup>2</sup>
	0,000	0,480	4,709	0,1185
0,100	1,040	10,199	0,2567	2,518
0,200	1,190	11,678	0,2939	2,883
0,300	1,190	11,678	0,2939	2,883
0,303	1,190	11,678	0,2939	2,883

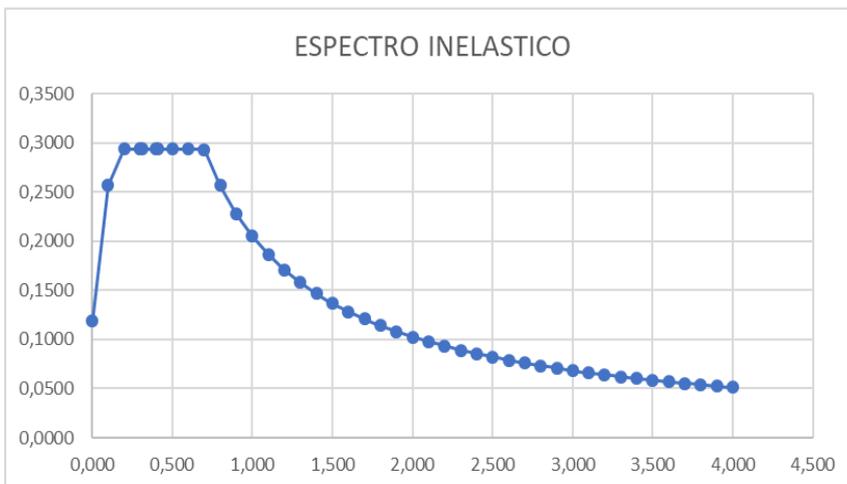
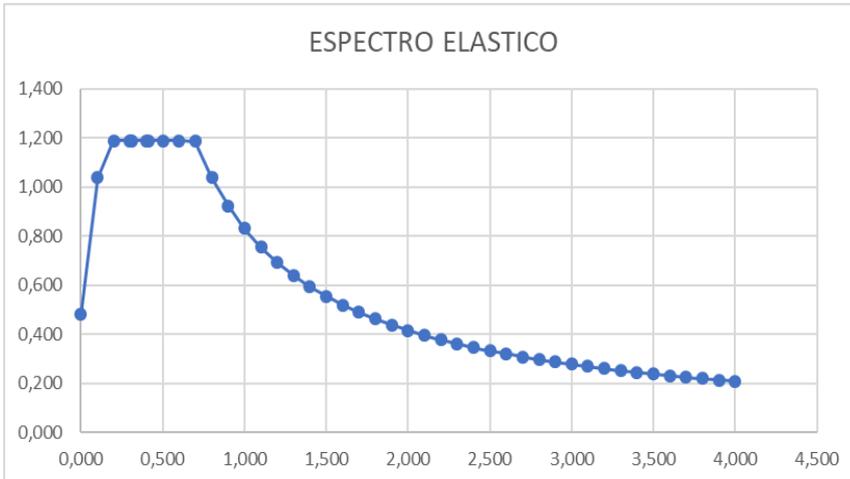
0,313	1,190	11,678	0,2939	2,883
0,400	1,190	11,678	0,2939	2,883
0,413	1,190	11,678	0,2939	2,883
0,500	1,190	11,678	0,2939	2,883
0,600	1,190	11,678	0,2939	2,883
0,700	1,187	11,647	0,2931	2,876
0,800	1,039	10,191	0,2565	2,516
0,900	0,923	9,059	0,2280	2,237
1,000	0,831	8,153	0,2052	2,013
1,100	0,756	7,412	0,1865	1,830
1,200	0,693	6,794	0,1710	1,678
1,300	0,639	6,271	0,1578	1,548
1,400	0,594	5,823	0,1466	1,438
1,500	0,554	5,435	0,1368	1,342
1,600	0,519	5,095	0,1282	1,258
1,700	0,489	4,796	0,1207	1,184
1,800	0,462	4,529	0,1140	1,118
1,900	0,437	4,291	0,1080	1,059
2,000	0,416	4,076	0,1026	1,007
2,100	0,396	3,882	0,0977	0,959
2,200	0,378	3,706	0,0933	0,915
2,300	0,361	3,545	0,0892	0,875
2,400	0,346	3,397	0,0855	0,839
2,500	0,332	3,261	0,0821	0,805
2,600	0,320	3,136	0,0789	0,774
2,700	0,308	3,020	0,0760	0,746
2,800	0,297	2,912	0,0733	0,719
2,900	0,287	2,811	0,0708	0,694
3,000	0,277	2,718	0,0684	0,671
3,100	0,268	2,630	0,0662	0,649
3,200	0,260	2,548	0,0641	0,629
3,300	0,252	2,471	0,0622	0,610
3,400	0,244	2,398	0,0604	0,592

3,500	0,237	2,329	0,0586	0,575
3,600	0,231	2,265	0,0570	0,559
3,700	0,225	2,203	0,0555	0,544
3,800	0,219	2,145	0,0540	0,530
3,900	0,213	2,090	0,0526	0,516
4,000	0,208	2,038	0,0513	0,503

Elaborado por: Zamora, (2024)

En la figura 34. muestra las gráficas de espectro elástico e inelástico según la tabla 5.

**Figura 34.** Espectro de diseño



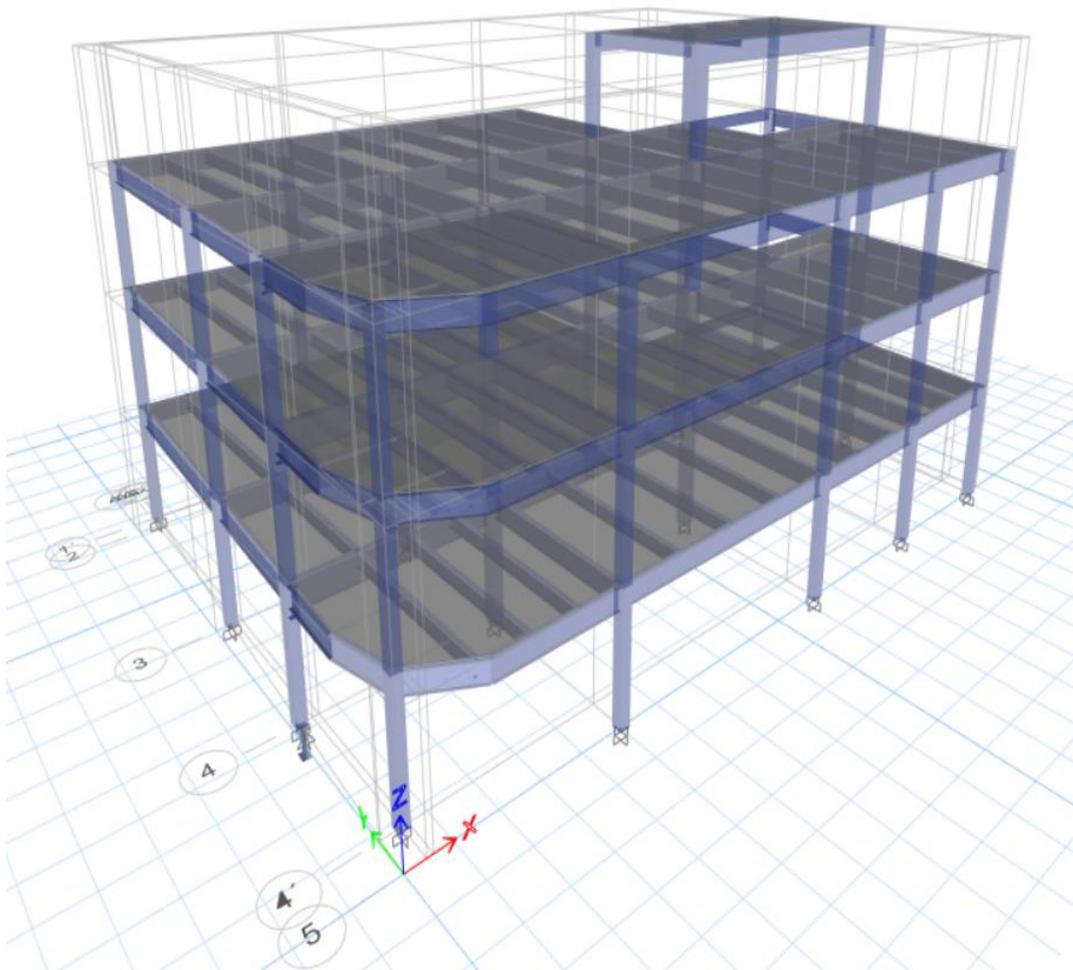
Elaborado por: Zamora, (2024)

## 4.5 Modelación de la estructura

El análisis sísmico de la estructura se lleva a cabo mediante el software ETABS. Según lo establecido en la sección 2.7.7.4 de la Norma Ecuatoriana de la Construcción indica lo siguiente: “El modelo matemático de la estructura debe incorporar todos los elementos del sistema estructural, así como la distribución espacial del volumen y la rigidez utilizando un enfoque capaz de capturar las características más relevantes del comportamiento dinámico.” (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC], 2014)

Para el análisis en caso de estructura irregular se utilizará modelo de tres dimensiones como se muestra en la figura 35.

**Figura 35.** Modelación estructural en 3D

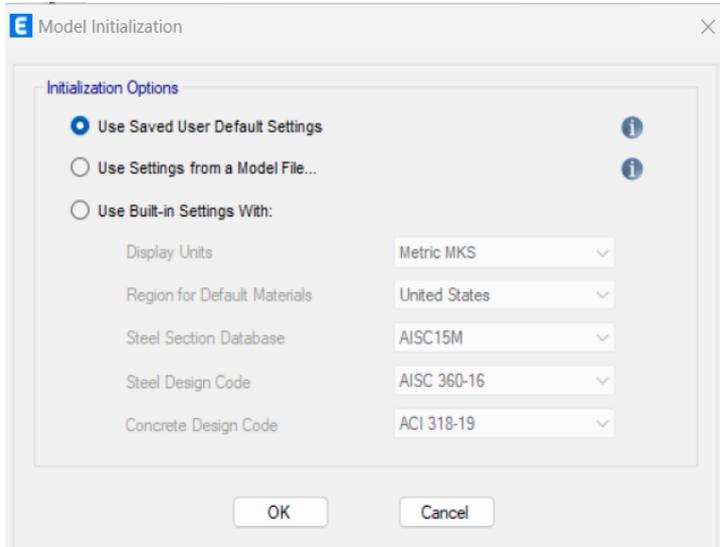


Elaborado por: Zamora, (2024)

### 4.5.1 Malla base

Iniciamos seleccionando las unidades que utilizaremos para introducir todos los datos necesarios para la modelación de la vivienda (ver figura 36).

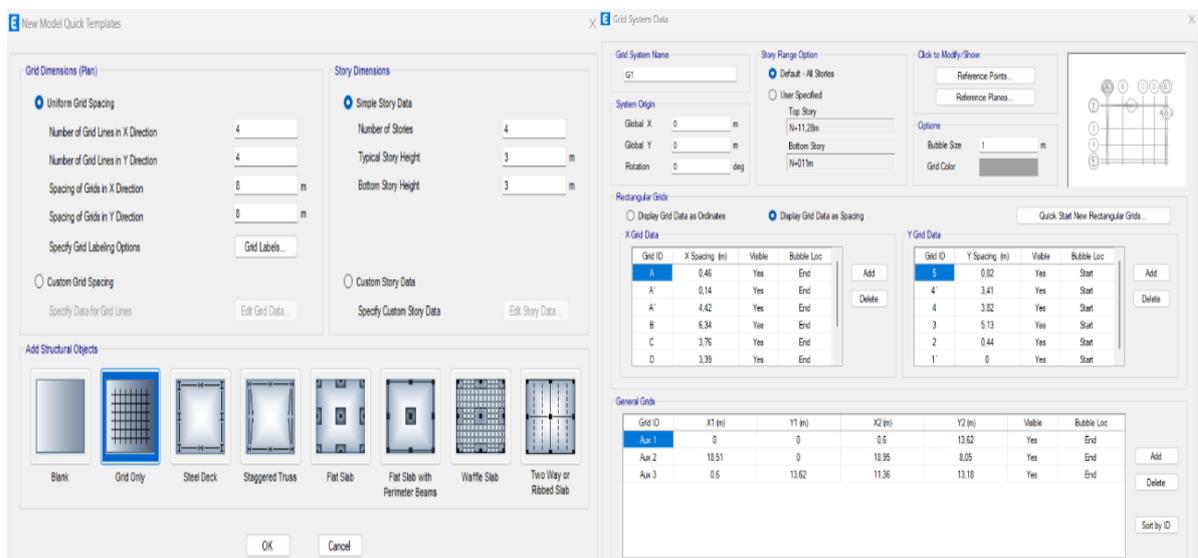
Figura 36. Cuadro de diálogos de selección de unidades



Elaborado por: Zamora, (2024)

A continuación, creamos la malla principal del proyecto, definiendo las distancias en los ejes “x e “y”, así como las alturas del entrepiso (ver figura 37), conforme lo que indica los planos arquitectónicos de la figura 21.

Figura 37. Cuadros de diálogo para la definición de malla base



Elaborado por: Zamora, (2024)

## 4.5.2 Definición de materiales

En la figura 38 definiremos las propiedades esenciales de los materiales para el análisis de la estructura, especialmente del acero tipo A-36, con un límite de fluencia de  $f_y = 36$  Ksi, esfuerzo a la tensión de  $f_u = 58$  Ksi y un modelo elasticidad de acero  $E = 2100000$  kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 38.** Cuadro de diálogo para la definición del acero

Section	Property	Value	Unit
Material Name and Type	Material Name	A36	
	Material Type	Steel, Isotropic	
	Grade	Grade 36	
Design Properties for Steel Materials	Minimum Yield Stress, $F_y$	2529.87	kgf/cm <sup>2</sup>
	Minimum Tensile Strength, $F_u$	4073.0907	kgf/cm <sup>2</sup>
	Expected Yield Stress, $F_{ye}$	3796.58	kgf/cm <sup>2</sup>
	Effective Tensile Strength, $F_{ue}$	4485.58	kgf/cm <sup>2</sup>
Material Weight and Mass	Specify Weight Density	<input checked="" type="radio"/>	
	Specify Mass Density	<input type="radio"/>	
Material Weight and Mass	Weight per Unit Volume	0.00785	kgf/cm <sup>3</sup>
	Mass per Unit Volume	0.000008	kgf-s <sup>3</sup> /cm <sup>4</sup>
Mechanical Property Data	Modulus of Elasticity, $E$	2100000	kgf/cm <sup>2</sup>
	Poisson's Ratio, $U$	0.3	
	Coefficient of Thermal Expansion, $A$	0.0000117	1/C
	Shear Modulus, $G$	807692.31	kgf/cm <sup>2</sup>
Design Property Data	Modify/Show Material Property Design Data...		
Advanced Material Property Data	Nonlinear Material Data...		
	Material Damping Properties...		
	Time Dependent Properties...		

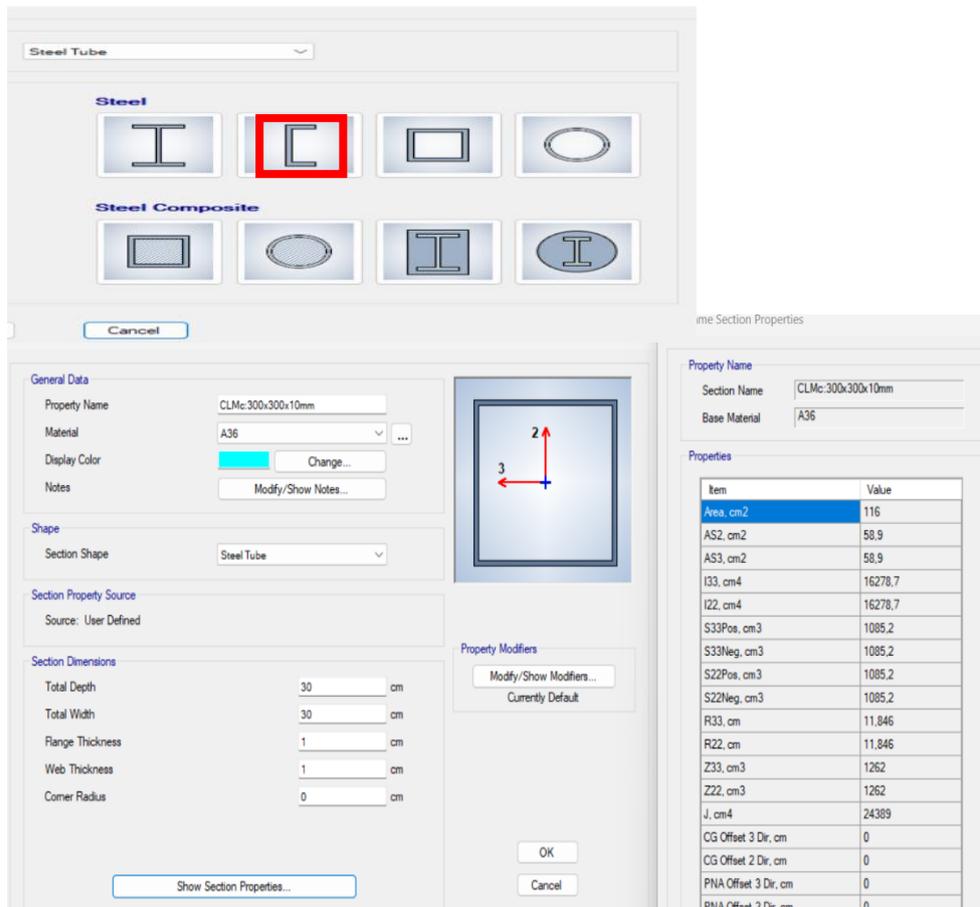
Elaborado por: Zamora, (2024)

## 4.5.3 Definición de secciones

Con base en el prediseño previo de los elementos estructurales, se procede a definir los diversos grupos: “frame” para vigas, columnas y nervios, y “Shell” para losas y escaleras. Estas secciones se constituirán con los materiales previamente ya especificados, como el acero (ver figura 39, 40 y 41).

## Columna metálica central (30x30x1) cm

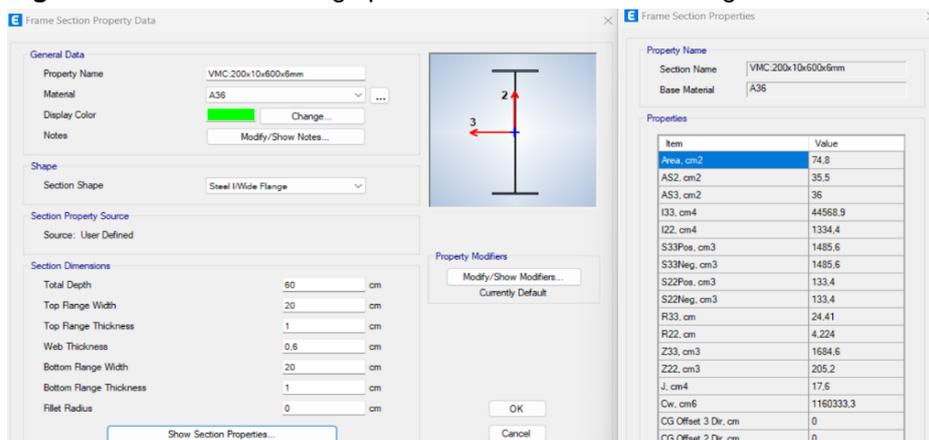
Figura 39. Cuadro de diálogo para definir la sección de columna



Elaborado por: Zamora, (2024)

## Viga metálica central (20x1x60x0,6) cm

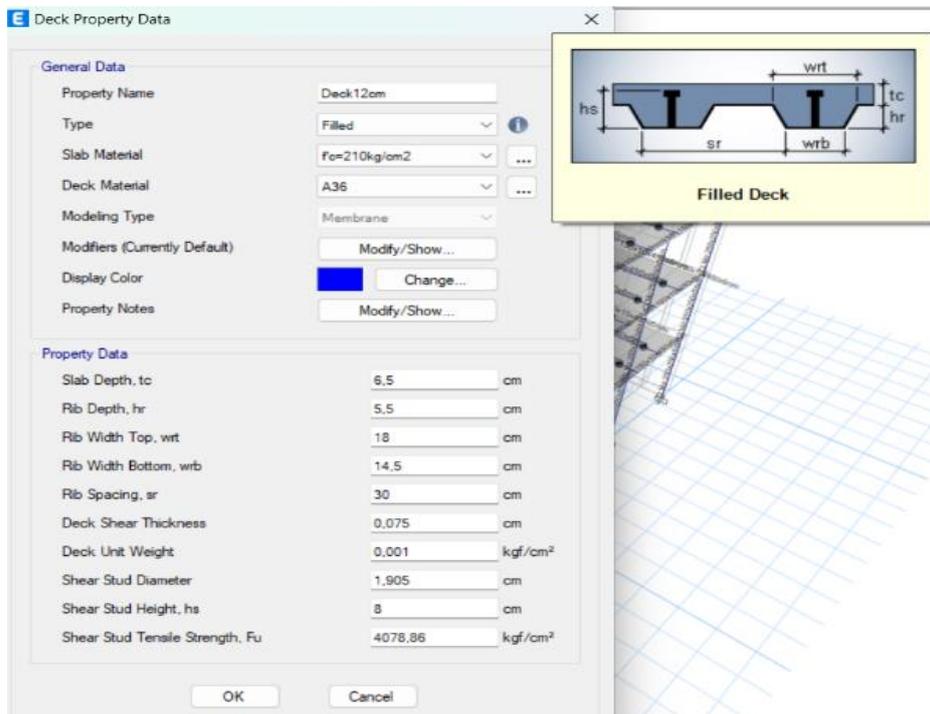
Figura 40. Cuadro de diálogo para definir la sección de la viga



Elaborado por: Zamora, (2024)

## Losa e = 12 cm

Figura 41. Cuadro de diálogo para definir la sección de la losa



### 4.5.4 Definición de cargas

A continuación (ver figura 42), especificaremos las cargas evaluadas, que se distribuirán a cada nivel, como son la DEAD (carga muerta), CA (carga acabados), LIVE (carga viva) y cargas sísmicas en las direcciones SEX, SEY, SDX, SDY.

Figura 42. Cuadro de diálogo para definir los tipos de cargas

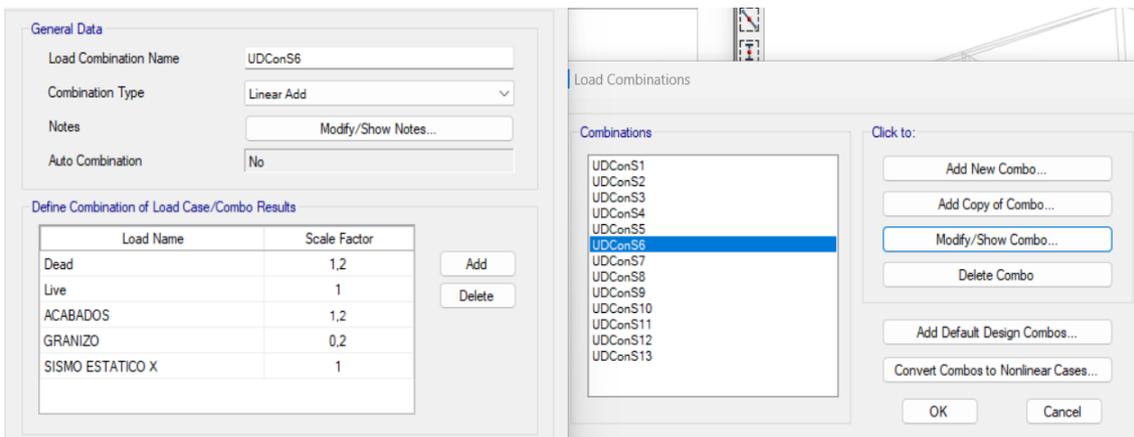
Load Case Name	Load Case Type
Dead	Linear Static
Live	Linear Static
Acabados	Linear Static
Viva Cubierta	Linear Static
Granizo	Linear Static
SEX	Linear Static
SEY	Linear Static
SDX	Response Spectrum
SDY	Response Spectrum

Elaborado por: Zamora, (2024)

## Combinación de cargas

Identificaremos las combinaciones de carga establecidas por los códigos ACI 318-08 y NEC, e introduciremos estas combinaciones en el programa. Conforme a las especificaciones del código ACI 318-08, (ver figura 43) la resistencia necesaria se presenta en las siguientes combinaciones de carga:

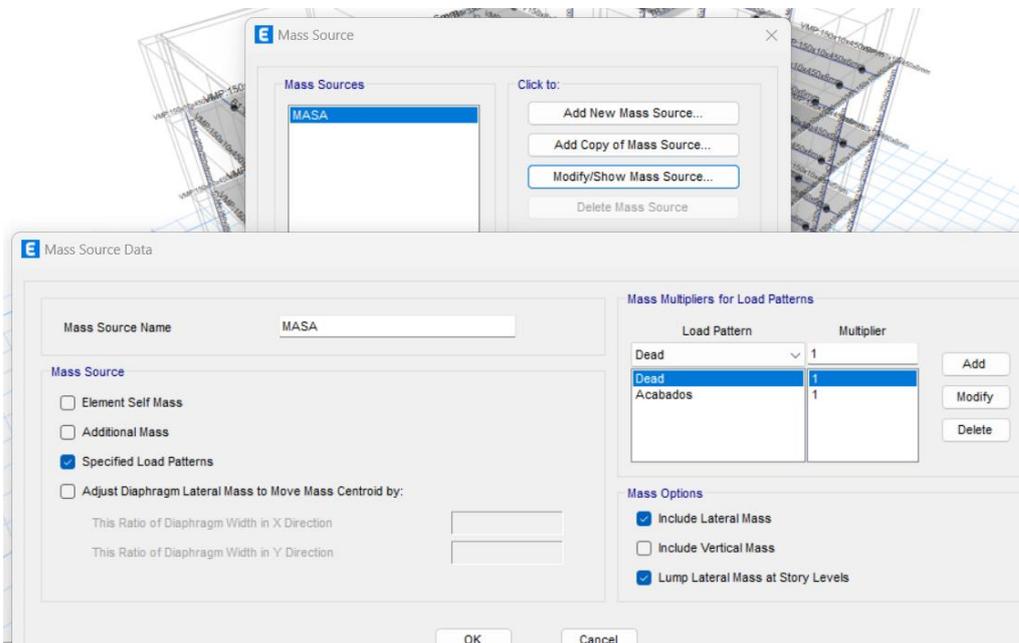
**Figura 43.** Cuadro de diálogo para la combinación de cargas



Elaborado por: Zamora, (2024)

## Definición de la masa de la estructura

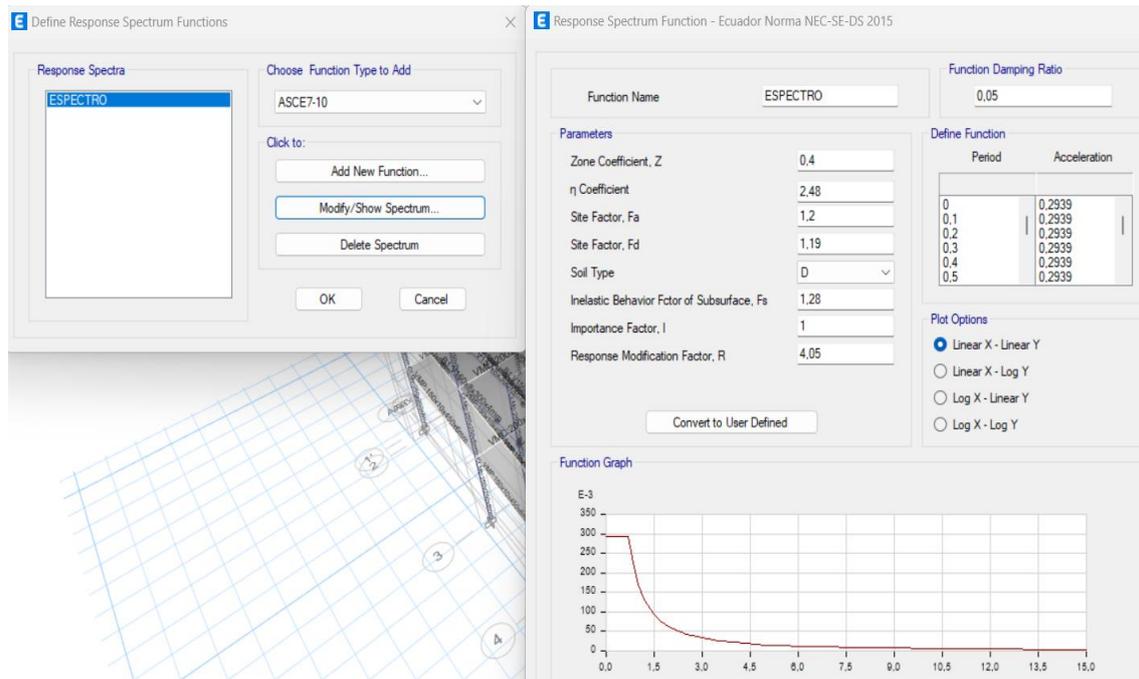
**Figura 44.** Cuadro de diálogo para definir la masa estructural



Elaborado por: Zamora, (2024)

## 4.5.5 Espectros de diseño

Figura 45. Cuadro de diálogo para el espectro de diseño



Elaborado por: Zamora, (2024)

## 4.6 Diseño de hormigón

Para el desarrollo de este sub capítulo se llevó a cabo un análisis exhaustivo de los agregados gruesos y finos, así como el cemento predominante de nuestra región, el cemento Holcim tipo HE, con una densidad de 399 Kg/m<sup>3</sup> y una relación de agua/cemento de 0,45. Este estudio se realizó con el fin de determinar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales locales apropiados para la elaboración de un hormigón con una resistencia a la compresión de 240 kg/cm<sup>2</sup>.

### 4.6.1 Selección de fibras de acero

La fibra de acero empleada en la investigación es la fibra DRAMIX RC-65/60-BN, tiene una dimensión de 60 mm y un diámetro de 0,9 mm, (ver figuras 46 y 47) estas son capaces de soportar tensiones significativas sin deformarse

ni romperse, debido a sus ganchos en cada extremo mejora su anclaje dentro del hormigón.

**Figura 46.** Propiedades de fibra de acero Dramix

FIBRAS DE ACERO DRAMIX RC-65/60-BN	
Material:	Acero trefilado en frío
Forma:	Rectas con extremos en gancho
Presentación:	Encoladas
Densidad:	7,85 gr/cm <sup>3</sup>
Longitud:	60 mm
Diámetro:	0,90 mm
Rendimiento:	65
Resistencia a la Tracción:	1160 N/mm <sup>2</sup>
Módulo de Young:	210000 N/mm <sup>2</sup>
Norma:	ASTM A820

**Elaborado por:** Zamora, (2024)

**Figura 47.** Empaque de fibra de acero Dramix



**Elaborado por:** Zamora, (2024)

#### 4.6.2 Relación Agua / Cemento (W/C)

El detalle de la tabla 6 muestra la relación agua/cemento, determina de acuerdo con la resistencia a compresión esperada del hormigón a los 28 días, según la tabla que se presenta a continuación:

**Tabla 6.** Resistencia del hormigón basada en relación W/C

<b>RESISTENCIA PROBABLE A LOS 28 DIAS</b>	<b>RELACION W/C</b>
450	0,37
420	0,4
400	0,42
350	0,47
320	0,51
300	0,52
280	0,53
250	0,56
240	0,57
210	0,58
180	0,62

**Fuente:** Garzón, (2010)

#### **4.6.3 Densidad específica**

Las densidades específicas de los materiales utilizados en la fabricación de las probetas, como el cemento, arena y la grava, la tabla 7 de resumen se presenta a continuación:

**Tabla 7.** Cuadro de resumen de densidad específica

<b>MATERIALES</b>	<b>DENSIDAD ESPECIFICA</b>	
CEMENTO	3,15	g/cm <sup>3</sup>
ARENA	2,6	g/cm <sup>3</sup>
GRAVA	2,6	g/cm <sup>3</sup>

**Elaborado por:** Zamora, (2024)

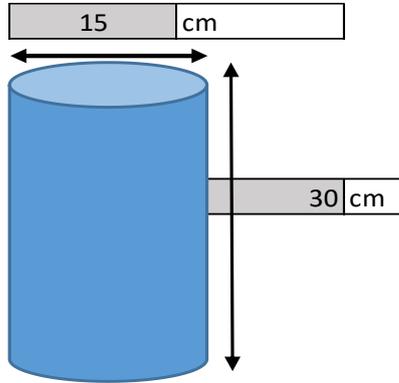
#### **4.6.4 Dosificación de hormigón para probetas de muestra**

En la figura 48, se muestra que se realizaron 12 probetas de hormigón con dimensiones de 15cm\*30cm, los ensayos a la compresión se realizaron a los 7 y 28 días, donde para obtener las dosificaciones correspondientes se

clasificaron 6 cilindros con fibra de acero y los otros 6 cilindros sin fibras como se detalla en la tabla 8, 9 y 10.

### Dimensiones de probetas

Figura 48. Dimensión de probetas



Elaborado por: Zamora, (2024)

$N = 12$  probetas (Número de probetas)

$V_t = \pi r^2 h N$  (volumen total de cilindro para 12 probetas)

$V_t = 0,032 \text{ m}^3$

### Cantidad de cemento (C)

$$C = \frac{V_t * 1}{0,1309}$$

Tabla 8. Resumen de Cemento

m3 DE CEMENTO		
C=	0,24	SACOS
<b>C=</b>	<b>1,00</b>	<b>SACOS</b>
<b>C=</b>	<b>0,0159</b>	<b>m3</b>

Elaborado por: Zamora, (2024)

### Cantidad de arena (A)

$$A = \frac{Vt*2}{0,1309}$$

**Tabla 9.** Resumen de Arena

m3 DE ARENA		
A=	0,49	SACOS
A=	1,00	SACOS
A=	0,0192	m3

Elaborado por: Zamora, (2024)

### Cantidad de Grava (G)

$$G = \frac{Vt*2,5}{0,1309}$$

**Tabla 10.** Resumen de Grava

m3 DE GRAVA		
G=	0,61	SACOS
G=	1,00	SACOS
G=	0,0192	m3

Elaborado por: Zamora, (2024)

#### 4.6.5 Porcentaje de fibra de acero en el Hormigón.

El cálculo del porcentaje de fibra de acero en la mezcla se realiza en función del volumen total de hormigón. De acuerdo con el informe del Instituto Americano del Concreto (ACI 544-1R 17), las concentraciones típicas de fibra de acero en el hormigón reforzado con fibras varían entre 0,25% y el 1,5% del volumen de hormigón. Es fundamental destacar que la adición de fibras influye en la trabajabilidad del hormigón, las especificaciones ideales del fabricante para

su producto DRAMIX RC-65/60-BN, sugiere un contenido mínimo de fibra debe ser del 0,2% del volumen de hormigón, por esta razón, el valor de 0,25% fue seleccionado como punto de partida.



**Tabla 12.** Resistencia a la compresión del hormigón con fibra de acero

<b>INFORME DE ENSAYOS DE COMPRESION DE CILINDROS <math>f'c = 240\text{kg kg/cm}^2</math></b>														
<b>%FIBRA DE ACERO = 0,25%</b>							<b>SECTOR: Guayaquil</b>							
<b>REALIZADO POR: Jean Carlos Zamora</b>							<b>NORMA : INEN 1573-ASTM C39</b>							
<b>FECHA: 11/8/2023</b>			<b>LABORATORIO DE ENSAYOS: LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y CONSTRUCCION. L.E.M.C.O</b>											
ESPEC. N°	ELEMENTO ESTRUCTURAL	ASENTA MIENTO (cm)	FECHA DE ELABORAC.		FECHA DE ENSAYO		EDAD AL ENSAYO DIAS	ALTURA (cm)	Ø (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO DE COMPRESION SIMPLE			
			MES DIA	HORA	MES DIA	HORA					CARGA DE ROTURA(kN)	CARGA UNT (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )	ESPECIF (kg/cm <sup>2</sup> )
	<b>MUESTRA No.2</b>													
1		14,0	11-ago	8:30	23-ago	14:25	12	30	15	176,71	447,08	258,063	233,37	<b>168</b>
2			11-ago		14-sep	11:00	34	30	15	176,71	457,16	263,881		
3			11-ago		14-sep	11:05	34	30	15	176,71	461,15	266,185	<b>272,68</b>	<b>240</b>
4		14,0	11-ago	8:30	23-ago	14:30	12	30	15	176,71	361,51	208,670		
5			11-ago		14-sep	11:10	34	30	15	176,71	498,9	287,975		
6														

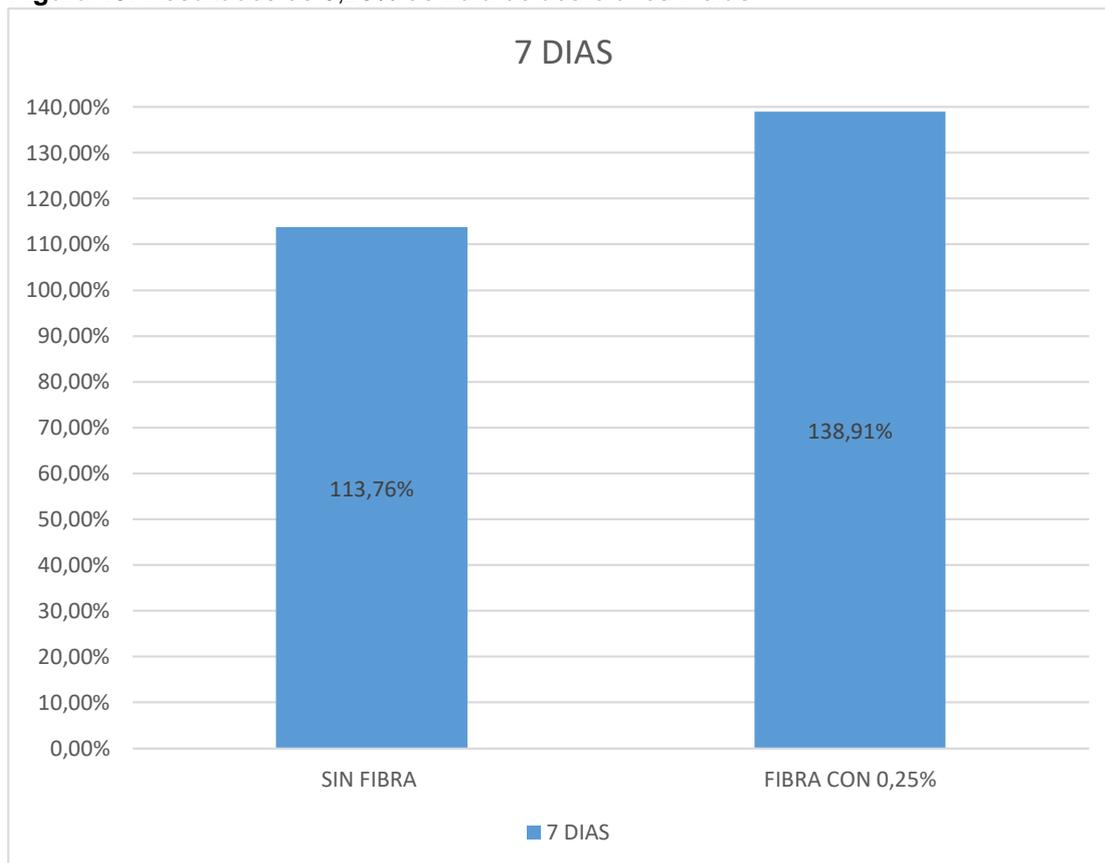
**Elaborado por:** Zamora, (2024)

#### 4.6.5.2 Planteamiento del porcentaje Optimo de fibra de acero

De los experimentos realizados se evidencia que, para el estado evaluado (compresión), el resultado obtenido de fibras de acero incorporadas al hormigón mejora sus propiedades finales (ver tabla 11 y 12). Por lo tanto, es importante tener en cuenta que a medida que aumenta la cantidad de fibra de acero en el hormigón, la consistencia y trabajabilidad disminuyen lo que afecta la calidad del concreto.

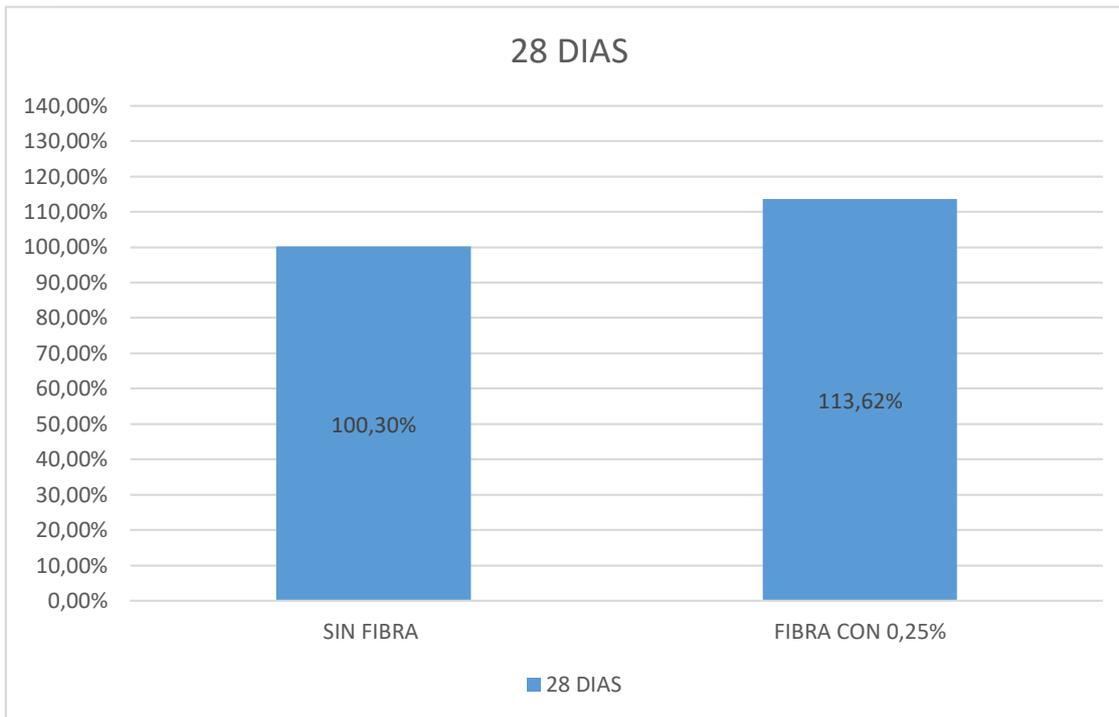
Basado en estas observaciones y con el objetivo de establecer un porcentaje óptimo de fibras de acero que mejora las propiedades mecánicas y la trabajabilidad del hormigón, se ha decidido utilizar una concentración de fibras del 0,25%.

**Figura 49.** Resultados de 0,25% de fibra de acero a los 7 días



Elaborado por: Zamora, (2024)

**Figura 50.** Resultados de 0,25% de fibra de acero a los 28 días



Elaborado por: Zamora, (2024)

### Interpretación del Grafico

Tras llevar a cabo los ensayos de compresión en cilindros con una resistencia específica de  $f'c = 240\text{kg/cm}^2$ , (ver detalle de la figura 49 y 50) se observó que el hormigón reforzado con una concentración del 0,25% de fibra de acero presentando un incremento significativo en la resistencia a la compresión, registrando aproximadamente un valor de 13,62% más a los 28 días, en comparación con el hormigón tradicional sin fibras, se notó que estas no exhibieron una falla explosiva (ver figura 51), comportamiento que si se observó en el hormigón tradicional.

Este resultado resalta las ventajas del uso de fibras de acero en mejorar la resistencia y la ductilidad del hormigón.

**Figura 51.** Ensayo a la compresión en cilindros de hormigón con fibras

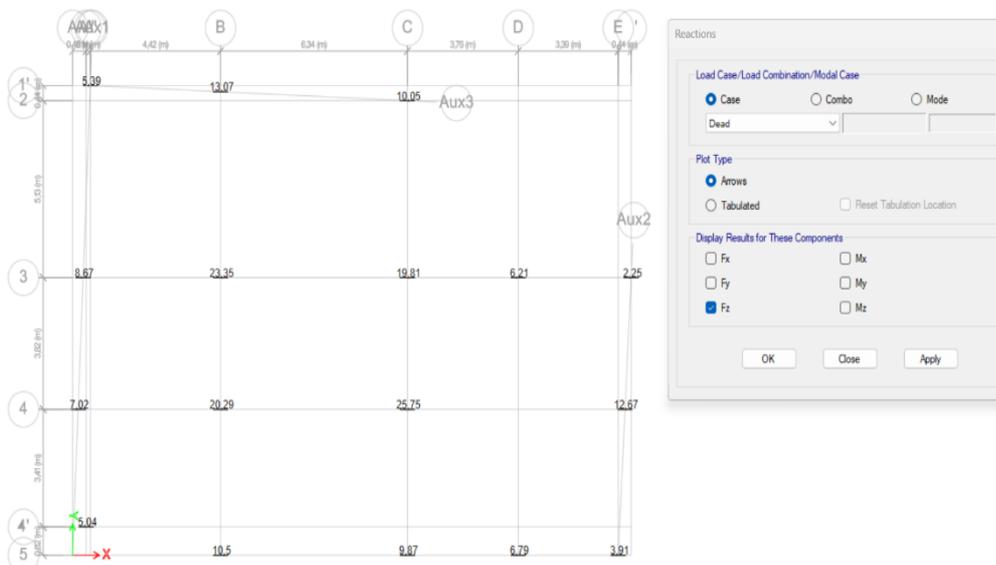


Elaborado por: Zamora, (2024)

#### 4.6.6 Predimensionamiento de cimientos

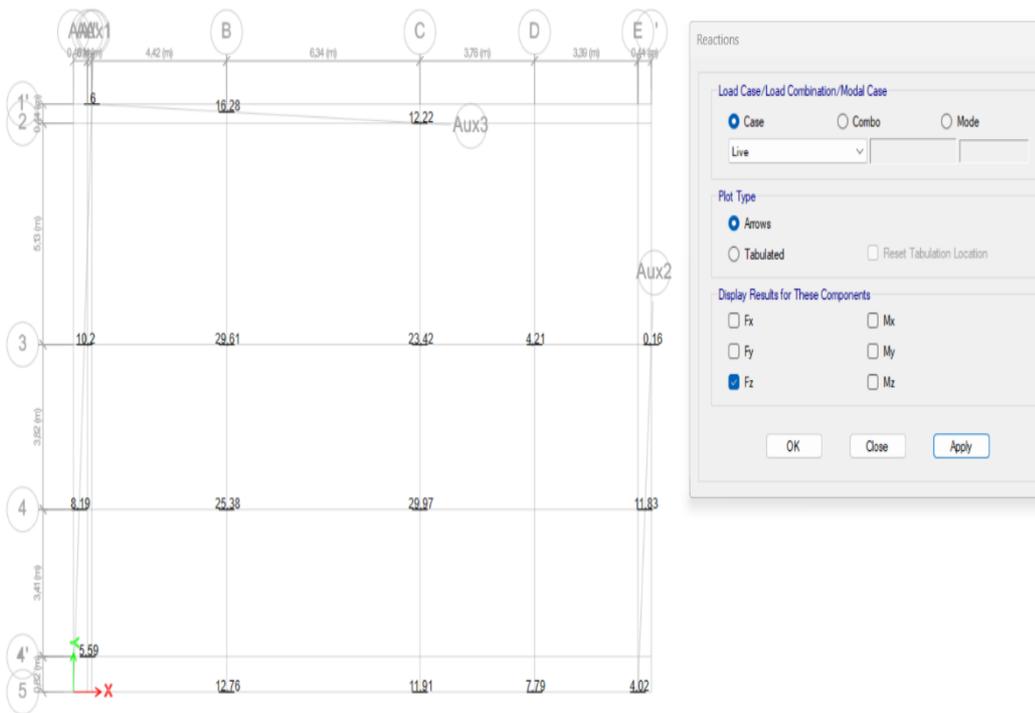
Después de determinar los valores de la capacidad portante para los distintos perfiles de suelo, procedemos a realizar un predimensionamiento de las diversas cimentaciones, adecuándolas a cada perfil específico. Este proceso se basa en el análisis estructural llevado a cabo anteriormente, a partir de las cargas de servicios que serán transferidas a la cimentación. Con esta información podemos diseñar de manera más precisa las cimentaciones, asegurando que soporten adecuadamente las cargas previstas y que se adapten a las características del suelo en cada caso (ver figura 52 y 53).

**Figura 52.** Ubicación de cargas Muertas transmitidas a la cimentación



Elaborado por: Zamora, (2024)

**Figura 53.** Ubicación de cargas Vivas transmitidas a la cimentación



Elaborado por: Zamora, (2024)

#### 4.6.6.1 Predimensionamiento de zapatas aisladas

En este caso, se llevará a cabo el Predimensionamiento de las secciones de los plintos. Para esto, se realizará un análisis en el punto de máxima transmisión de cargas, implementando un proceso interactivo entre la carga de servicio final y la capacidad portante del suelo (ver tabla 13 al 19).

**Tabla 13.** Datos arquitectónicos

DATOS ARQUITECTONICOS		
L1	<b>4,79</b>	m
L2	<b>6,37</b>	m
L3	<b>5,39</b>	m
L4	<b>3,82</b>	m

Elaborado por: Zamora, (2024)

**Tabla 14.** Resumen de cargas de servicio

<b>RESUMEN DE CARGAS DE SERVICIO</b>		
Area Tributaria	25,70	m2
Carga Muerta (Prediseño)	54,60	T
Carga Muerta (ETABS)	<b>42,81</b>	T
<b>CARGA MUERTA SERVICIO</b>	<b>54,60</b>	<b>T</b>
Carga Viva (Prediseño)	29,55	T
Carga Viva (ETABS)	<b>29,61</b>	T
<b>CARGA VIVA SERVICIO</b>	<b>29,61</b>	<b>T</b>
M carga muerta sentido hp (prediseño)	2,46	T*m
M carga muerta sentido hp (ETABS)	<b>0,20</b>	T*m
<b>M CARGA MUERTA SENTIDO hp SERVICIO</b>	<b>2,46</b>	<b>T*m</b>
M carga viva sentido hp (prediseño)	1,33	T*m
M carga viva sentido hp (ETABS)	<b>0,13</b>	T*m
<b>M CARGA VIVA SENTIDO hp SERVICIO</b>	<b>1,33</b>	<b>T*m</b>
M carga muerta sentido bp (prediseño)	2,46	T*m
M carga muerta sentido bp (ETABS)	<b>0,36</b>	T*m
<b>M CARGA MUERTA SENTIDO bp SERVICIO</b>	<b>2,46</b>	<b>T*m</b>
M carga viva sentido bp (prediseño)	1,33	T*m
M carga viva sentido bp (ETABS)	<b>0,26</b>	T*m
<b>M CARGA VIVA SENTIDO bp SERVICIO</b>	<b>1,33</b>	<b>T*m</b>

Elaborado por: Zamora, (2024)

**Tabla 15.** Diseño a cortante

<b>DISEÑO A CORTANTE</b>		
Volado Lv	1,90	m
q3 hp	6,34	T/m2
q3 bp	6,34	T/m2
Esfv hp	42,85	T/m2
Esfv bp	42,85	T/m2
<b>Esfv maximo</b>	<b>42,85</b>	<b>T/m2</b>
<b>Esfv Admisible Hormigon</b>	<b>61,66</b>	<b>T/m2</b>

Elaborado por: Zamora, (2024)

**Tabla 16.** Diseño por punzonamiento

<b>DISEÑO POR PUNZONAMIENTO</b>		
bo	2,80	m
Espf	156,90	T/m2
Esf Adm1	181,26	T/m2
Esf Adm2	168,31	T/m2
Esf Adm Final	168,31	T/m2

Elaborado por: Zamora, (2024)

**Tabla 17.** Diseño por aplastamiento

<b>DISEÑO APLASTAMIENTO</b>		
Esf Aplastamiento	6,25	T/m2
Esf Admisible	1326,00	T/m2

Elaborado por: Zamora, (2024)

**Tabla 18.** Diseño por flexión

<b>DISEÑO POR FLEXION</b>		
q4hp	6,29	T/m <sup>2</sup>
q4bp	6,29	T/m <sup>2</sup>
Mhp	11,78	T*m
Mbp	11,78	T*m
Mu max	11,78	T*m
dmin	0,18	m

Elaborado por: Zamora, (2024)

**Tabla 19.** Resumen de dimensiones finales de zapata aislada

<b>DIMENSIONES FINALES ZAPATA AISLADA</b>		
<b>Lado A Final</b>	<b>4,25</b>	<b>m</b>
<b>Lado B Final</b>	<b>4,25</b>	<b>m</b>
<b>Espesor Zapata (h)</b>	<b>0,30</b>	<b>m</b>

Elaborado por: Zamora, (2024)

Para determinar si cumple cada uno de los diseños, (ver tabla 20 y 21) se realiza los siguientes chequeos:

**Tabla 20.** Cuadro de los tipos de chequeo

<b>CHEQUEOS PARA LA ZAPATA</b>	
<b>CORTANTE</b>	Si el esfuerzo máximo es menor que el esfuerzo del hormigón cumple, si no cumple se aumenta la resistencia del hormigón o el d sugerido.
<b>PUNZONAMIENTO</b>	Si el esfuerzo por punzonamiento es menor que esfuerzo admisible final cumple, y si no cumple se debe de aumentar el espesor de la zapata.
<b>APLASTAMIENTO</b>	Si el esfuerzo de aplastamiento es menor que el esfuerzo admisible de hormigo entonces cumple.
<b>FLEXION</b>	Si mi d min es menor que el valor de d sugerido, entonces cumple.

Elaborado por: Zamora, (2024)

**Tabla 21.** Resumen de chequeo para zapata aislada

<b>CHEQUEOS PARA LA ZAPATA</b>	
<b>CORTANTE</b>	<b>CUMPLE</b>
<b>PUNZONAMIENTO</b>	<b>CUMPLE</b>
<b>APLASTAMIENTO</b>	<b>CUMPLE</b>
<b>FLEXION</b>	<b>CUMPLE</b>

Elaborado por: Zamora, (2024)

#### 4.6.6.2 Predimensionamiento de zapatas corridas

Una viga de cimentación se caracteriza por ser una sección en forma de T invertida, con una zapata en la parte inferior y una viga en la parte superior. Para prediseñar este tipo de cimentación, se debe analizar el plano arquitectónico para determinar en qué eje se encuentra el mayor número de tramos. En ese contexto, la viga de cimentación se diseñará teniendo en cuenta el eje “B” y lo que vamos a utilizar es el método elástico como se muestra en la tabla 22 y 23.

**Tabla 22.** Resumen de datos generales

<b>METODO ELASTICO</b>		
BASE DE LA ZAPATA DE LA VIGA CIMENTACION (Bc)	160	cm
ESPESOR ZAPATA VIGA CIMENTACION (hc)	60	cm
BASE DEL ALMA (Ba)	35	cm
ALTURA DEL ALMA (ha)	45	cm
COEFICIENTE DE BALASTO	0,6	kg/cm3

Elaborado por: Zamora, (2024)

**Tabla 23.** Cuadro de rigidez

<b>TRAMO</b>	<b>LONG. TRAMO (cm)</b>	<b># TRAMOS</b>	<b>Área Influencia (cm2)</b>	<b>Rigidez (kinf)</b>
1	423	7,05	9600	5760,00
2	382	6,06	10080	6048,00
3	539	8,04	10720	6432,00

Elaborado por: Zamora, (2024)

En la tabla 24, me indica que para el cálculo del coeficiente de balasto se utiliza el método de Boiler, en el cual este coeficiente se determina en función del esfuerzo del suelo.

**Tabla 24.** Cuadro de esfuerzo

<b>Esfuerzo</b>	Coef. Balasto *	0,43	kg/cm <sup>2</sup>
<b>Calculado</b>	Asentamiento Máximo	4,32	T/m <sup>2</sup>
Esfuerzo máximo del Suelo (sacado del estudio de suelos)		5,00	T/m <sup>2</sup>
<b>CUMPLE</b>			

**Elaborado por:** Zamora, (2024)

#### 4.6.6.3 Predimensionamiento de losa de cimentación

El criterio del diseño de la losa de cimentación es similar a la zapata corrida, prácticamente esta se compone en una losa maciza y pedestales. Para realizar este prediseño, es necesario contar con los estados de cargas.

**Tabla 25.** Cuadro de resumen del estado de cargas

<b>ESTADO DE CARGAS</b>		
Peso específico Hormigón	2400	kg/m <sup>3</sup>
Espesor Asumido Losa Cimentación	0,60	m
Peso Propio Losa Cimentación	1440,00	kg/m <sup>2</sup>
Cargas Permanentes	5388,62	kg/m <sup>2</sup>
Carga Total	6828,62	kg/m <sup>2</sup>
L1	4,42	m
L2	6,34	m
Ancho cooperante de análisis	5,38	m
Carga Repartida	36737,97	kg/m
	36,74	T/m
Resistencia Suelo	5,00	T/m <sup>2</sup>

**Elaborado por:** Zamora, (2024)

**Tabla 26.** Resumen de desplazamiento

TABLE: Joint Displacements								
Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	Text	cm	cm	cm	Radians	Radians	Radians
3	DEAD	LinStatic	0	0	-0,654248	0,000766	0	0
4	DEAD	LinStatic	0	0	-0,615909	-0,000237	0	0
5	DEAD	LinStatic	0	0	-0,612556	0,000429	0	0
6	DEAD	LinStatic	0	0	-0,803004	-0,001841	0	0
7	DEAD	LinStatic	0	0	-0,607211	0,000678	0	0
8	DEAD	LinStatic	0	0	-0,571094	0,000453	0	0
9	DEAD	LinStatic	0	0	-0,551894	0,000164	0	0
10	DEAD	LinStatic	0	0	-0,551306	-0,000119	0	0
11	DEAD	LinStatic	0	0	-0,566883	-0,000327	0	0
12	DEAD	LinStatic	0	0	-0,592037	-0,00039	0	0
13	DEAD	LinStatic	0	0	-0,620987	-0,000042	0	0
14	DEAD	LinStatic	0	0	-0,620296	0,000001698	0	0
15	DEAD	LinStatic	0	0	-0,620823	-0,000026	0	0
16	DEAD	LinStatic	0	0	-0,623756	-0,000023	0	0
17	DEAD	LinStatic	0	0	-0,624483	0,000098	0	0
18	DEAD	LinStatic	0	0	-0,560558	0,00075	0	0
19	DEAD	LinStatic	0	0	-0,500843	0,000691	0	0
20	DEAD	LinStatic	0	0	-0,457465	0,000364	0	0
21	DEAD	LinStatic	0	0	-0,446623	-0,000132	0	0
22	DEAD	LinStatic	0	0	-0,477415	-0,000703	0	0
23	DEAD	LinStatic	0	0	-0,552041	-0,001254	0	0
24	DEAD	LinStatic	0	0	-0,665247	-0,001676	0	0

Elaborado por: Zamora, (2024)

De los resultados que se muestran (ver tabla 26), se obtuvo el asentamiento diferencial más crítico, esto se debe a que su estimación es más compleja y está

influenciada tanto por las características del suelo como por las particularidades de la estructura, se especifica un asentamiento total admisible de -0,80cm.

**Tabla 27.** Resumen de capacidad de carga de la cimentación

Esfuerzo Calculado	Coef. Balasto *	0,48	kg/cm <sup>2</sup>
	Asentamiento Máximo	4,82	T/m <sup>2</sup>
Esfuerzo máximo del Suelo Según estudio de suelos (sacado del estudio de suelos)		5,00	T/m <sup>2</sup>
<b>CUMPLE</b>			

**Elaborado por:** Zamora, (2024)

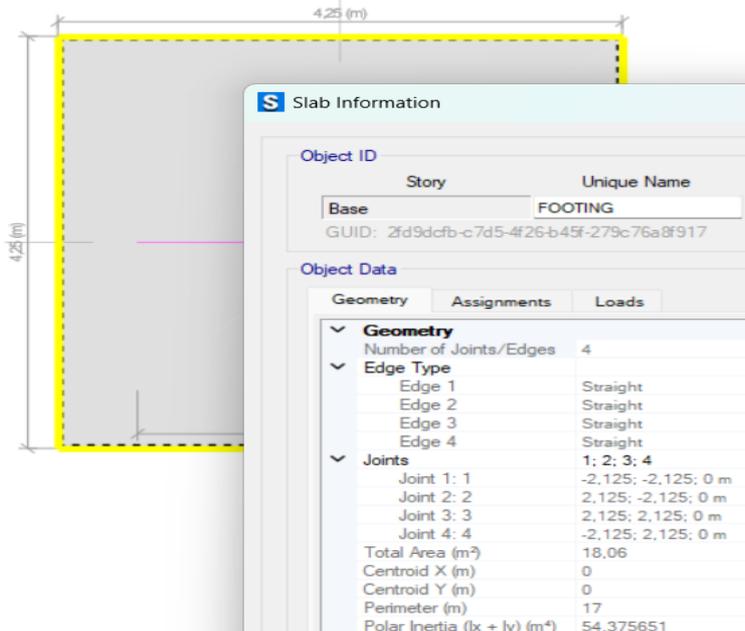
De los resultados que se muestran en la tabla 27, se obtuvo una capacidad de carga por cada metro cuadrado, que el máximo asentamiento (ver tabla 26) por el coeficiente de balasto, como el producto es menor que la carga portante del suelo entonces cumple el prediseño de la losa de cimentación como se muestra en el cuadro de resumen (ver tabla 27).

#### **4.6.7 Modelación de cimientos superficial**

##### **4.6.7.1 Modelación de zapatas aisladas**

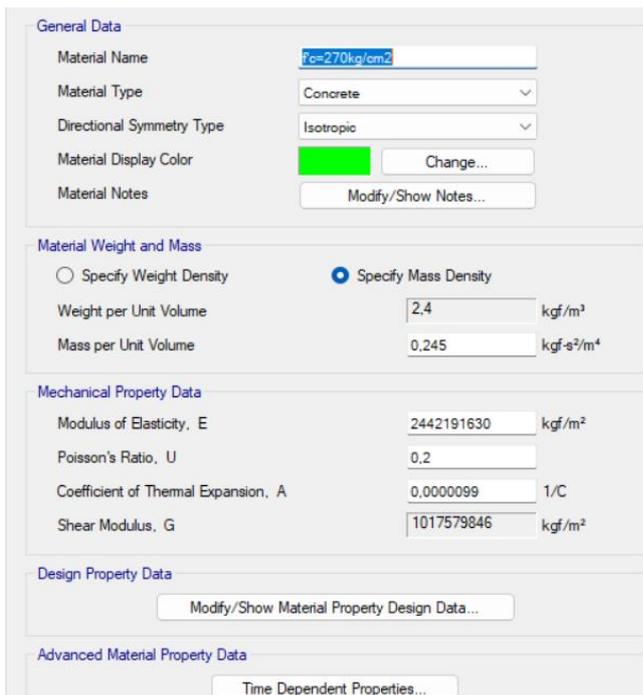
El cimiento aislado se diseñó siguiendo el predimensionamiento previamente calculado y presentado en la tabla 19, este diseño especifica un espesor de 30cm, y una resistencia de hormigón de 270 kg/cm<sup>2</sup>. Las características del diseño y su implementación se detallan en las figuras 54 y 55, donde se pueden observar las dimensiones y los materiales empleados para asegurar la estabilidad y resistencia del cimiento.

**Figura 54.** Zapata aislada – Vista en 2D



Elaborado por: Zamora, (2024)

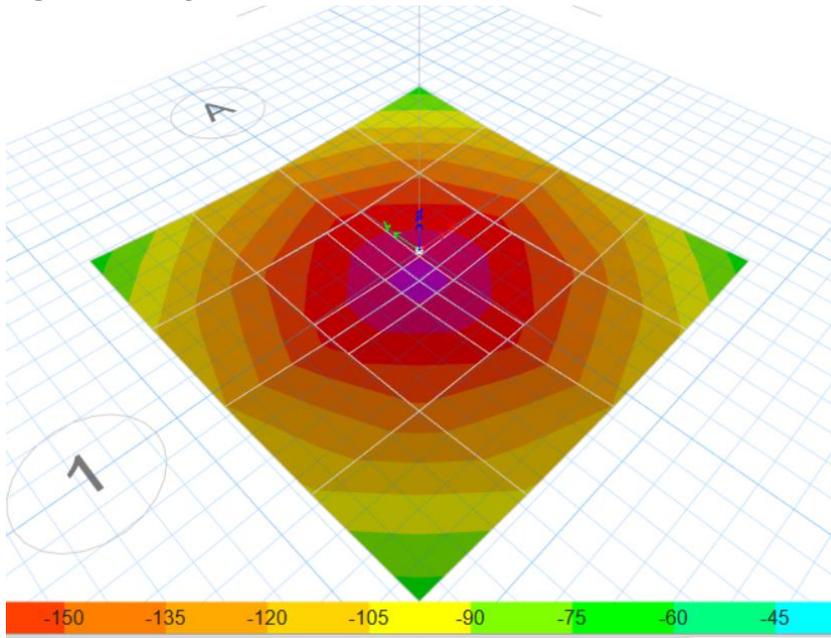
**Figura 55.** Cuadro de dialogo de definición de materiales



Elaborado por: Zamora, (2024)

La figura 56, muestra que el plinto aislado presenta un asentamiento máximo 1,08cm, lo cual es inferior al límite de 2,54cm, Por lo tanto, se confirma se verifica que cumple con los requisitos de asentamiento.

**Figura 56.** Diagrama de asentamiento

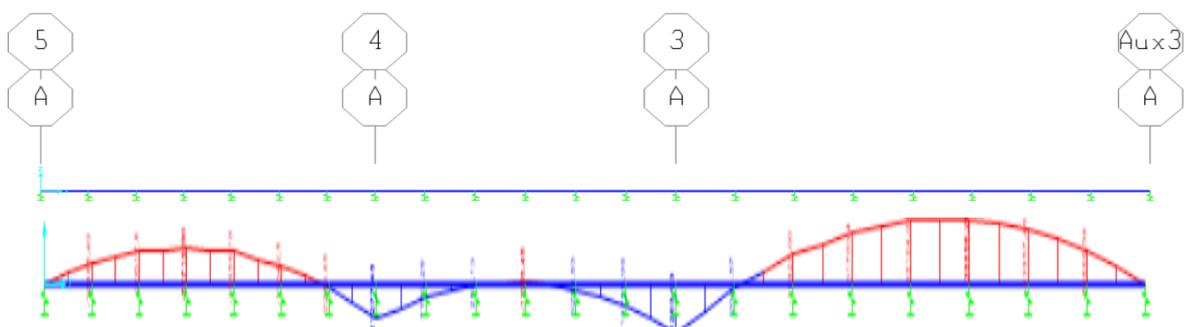


Elaborado por: Zamora, (2024)

#### 4.6.7.2 Modelación de cimiento corrido

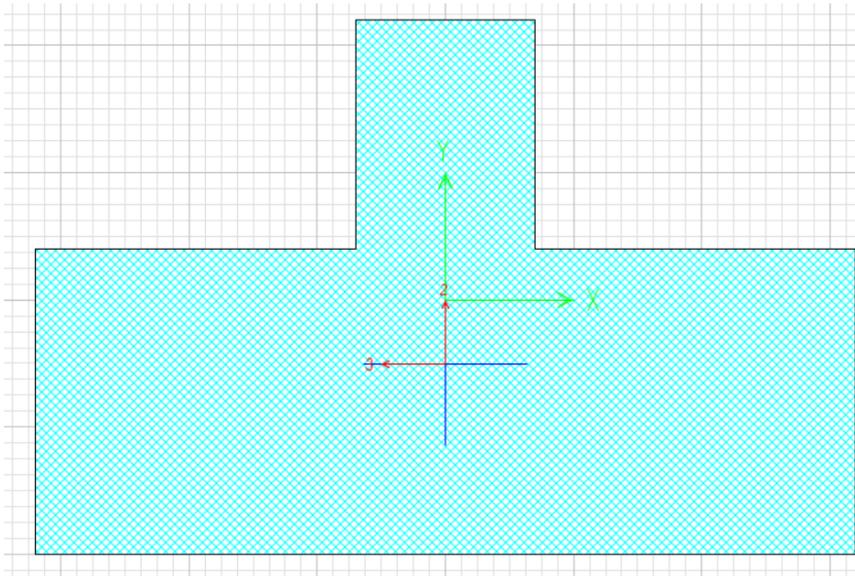
El cimiento corrido se diseñó siguiendo el predimensionamiento previamente calculado y presentado en la tabla 22, este diseño especifica un espesor de 60cm de zapata y una altura de alma 45cm, y una resistencia de hormigón de 270 kg/cm<sup>2</sup>. Las características del diseño y su implementación se detallan en las figuras 57, 58 y 59, donde se pueden observar las dimensiones y los diagramas de fuerza y momentos.

**Figura 57.** Diagrama de momento de flexión positivo y negativo



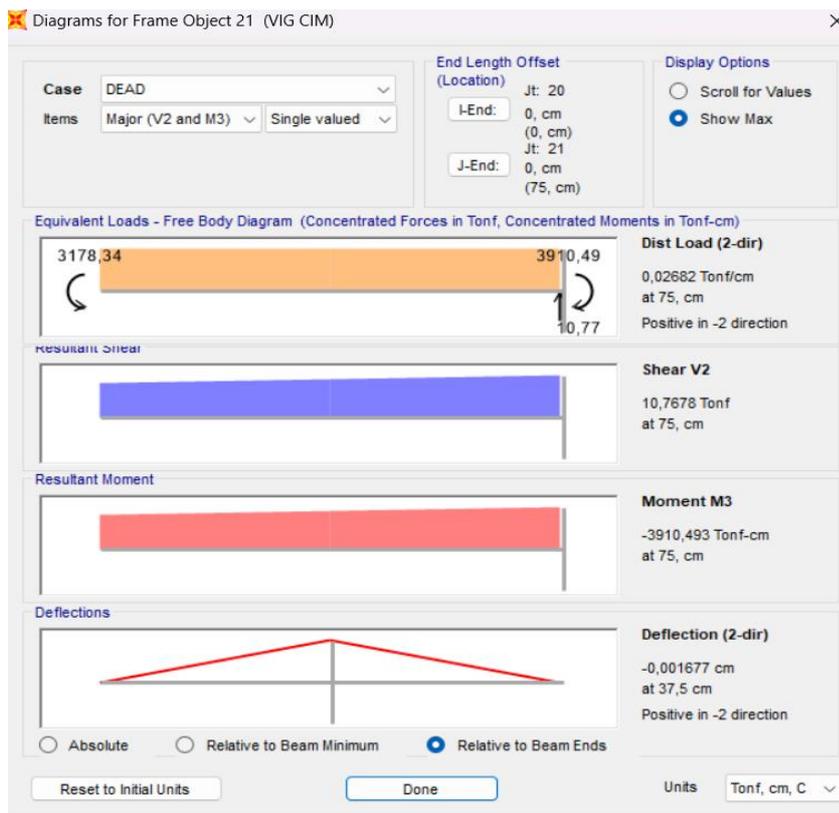
Elaborado por: Zamora, (2024)

**Figura 58.** Cimiento corrido – Vista en Corte



Elaborado por: Zamora, (2024)

**Figura 59.** Diagrama de cargas y momentos

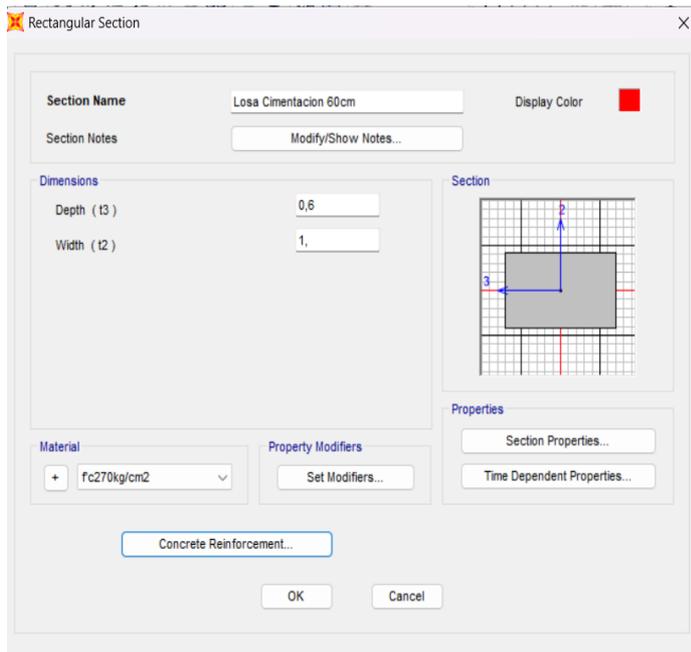


Elaborado por: Zamora, (2024)

### 4.6.7.3 Modelación de Losa de cimentación

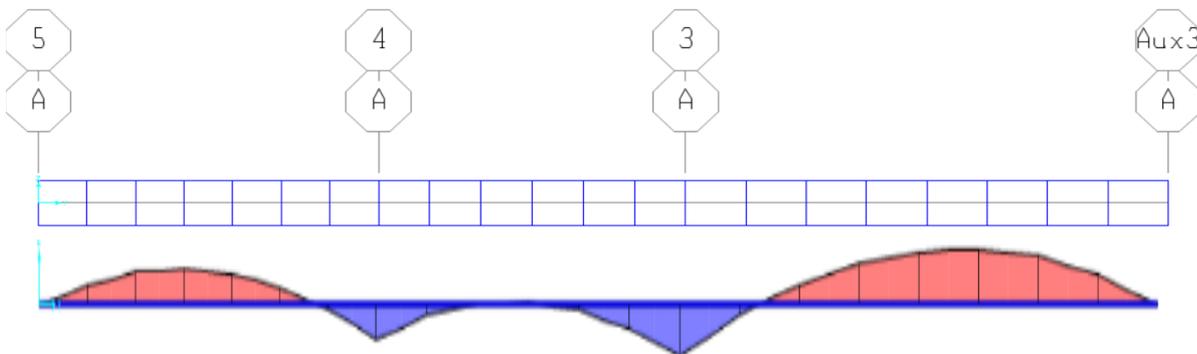
La losa de cimentación se diseñó basándose en el predimensionamiento previamente calculado y presentado en la tabla 25, este diseño especifica un espesor de 60cm para la zapata. Las características detalladas del diseño y su implementación se encuentran ilustradas en las figuras 60 y 61, donde se pueden observar claramente las dimensiones y los diagramas de momentos correspondiente.

**Figura 60.** Cuadro de dialogo de sección de losa de cimentación



Elaborado por: Zamora, (2024)

**Figura 61.** Diagrama de momentos



Elaborado por: Zamora, (2024)

## CONCLUSIONES

- El subestrato compresible se prevé que experimente asentamiento por consolidación primaria de aproximadamente 100,0 cm en un lapso de 70 años, como consecuencia del aumento de esfuerzos inducido por la construcción del relleno, equivalente a una carga de alrededor de 5,0 Ton/m<sup>2</sup>.
- Se analizaron las propiedades mecánicas del concreto estructural al añadir fibras de acero para mejorar su resistencia a la compresión. Se incorporó el 0,25% de fibras de acero a la mezcla, con periodos de curado de 7 y 28 días.
- Las tres opciones de cimentación superficiales diseñadas satisfacen los requisitos tanto en términos de capacidad de corte como de asentamiento, sin embargo, la más confiable es la viga de cimentación, que presenta una capacidad de carga de 10,77 T/m<sup>2</sup>, con un asentamiento de 0,72cm.
- El estudio de los resultados obtenidos al comparar el desempeño mecánico del hormigón ordinario con el hormigón reforzado con fibras indicó que, en los ensayos de compresión, los cilindros de hormigón fibroreforzado presentaron una falla significativamente más dúctil y menos explosiva. Esto evidencia que los filamentos de acero incorporados actúan como refuerzos que consolidan la matriz en las zonas de fisura, mejorando el desempeño del material frente a las microfisuración. Estos hallazgos confirman la hipótesis de que las fibras de acero aumentan la resistencia y ductilidad del hormigón reforzado.

## RECOMENDACIONES

- Se sugiere realizar una mejora significativa del suelo de cimentación mediante la implementación de precargas de gran altura, con el objetivo de minimizar los asentamientos que puedan ocurrir después de la construcción.
- Para la preparación del concreto, se aconseja comenzar mezclando el cemento con la fibra de acero. Posteriormente, se deben incorporar los agregados a la mezcla. Es fundamental que el agua se añada de forma gradual y en pequeñas cantidades, asegurando una distribución homogénea y un control preciso de la consistencia del concreto durante todo el proceso de mezcla.
- Dado que las tres propuestas de cimentación superficial aseguran un soporte adecuado para la estructura, se deberá seleccionar la opción que mejor se adapte al proceso constructivo, así como a las restricciones de tiempo y presupuesto. Esta decisión se debe basar en una evaluación detallada de la viabilidad técnica, los plazos de ejecución y los costos asociados a cada alternativa.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

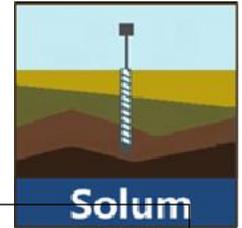
- Arevalo, A. (2017). Falla por corte general. *Analisis de los mecanimos de falla de una zapata cimentada*, 10. Obtenido de <https://repositorio.escuelaing.edu.co/flip/index.jsp?pdf=/bitstream/handle/001/1662/Ar%c3%a9valo%20Mart%c3%adnez%2c%20Ana%20Mar%c3%ada-2017.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Becosan. (2020). Concreto reforzado. Obtenido de <https://www.becosan.com/es/concreto-reforzado/>
- Brincomania. (2022). Hormigón, características y usos. Obtenido de <https://www.hogarmania.com/bricolaje/taller/materiales/hormigon-caracteristicas-usos-26838.html>
- Cevallos, K., & Suntaxi, T. (2024). Modelos dinámicos para edificaciones de hormigón armado, evaluando interacción suelo-estructura. Obtenido de <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/7229>
- Chalco, P., & Olivos, C. (2019). Estudio geotecnico para el diseño de cimentaciones superficiales en suelo arenoso en el proyecto condominio Oasis. 83. Obtenido de <file:///C:/Users/LEGION/OneDrive/Documentos/TESIS%20ING.%20CIVIL/estudio%20de%20dise%C3%B1o%20de%20cimentacion.pdf>
- Cobos, L. (2021). Comparativo de las propiedades mecanicas entre el concreto con fibras de PET reciclado y el concreto con fibras de acero. 58.
- Construction, A. I. (2016). Especificacion para construcciones de acero. Obtenido de [https://www.canacero.org.mx/aceroenmexico/descargas/especificacion\\_para\\_construcciones\\_de\\_acero-aisc\\_360-16.pdf](https://www.canacero.org.mx/aceroenmexico/descargas/especificacion_para_construcciones_de_acero-aisc_360-16.pdf)
- contreras, W., & Salcedo, C. (2022). Diseño sismico y estructural de vivienda incorporando residuos de acero San Juan de lurigancho. 66. Obtenido de [file:///C:/Users/LEGION/OneDrive/Documentos/TESIS%20ING.%20CIVIL/Contreras\\_HWJ-Salcedo\\_HCM-SD.pdf](file:///C:/Users/LEGION/OneDrive/Documentos/TESIS%20ING.%20CIVIL/Contreras_HWJ-Salcedo_HCM-SD.pdf)
- Crespo. (2004). Definicion de suelo. 18-19. Obtenido de <https://books.google.com.mx/books?id=Db2SQbBHVPQC&pg=PA18&dq=definicion+de+suelos+varios+autores&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwitt-ukh9jKAhVMxCYKHeKoDTAQ6AEIGjAA#v=onepage&q=delgada%20capa&f=false>
- Cruz, Y., & Guevara, J. (2020). Analisis comparativo de propiedades de concreto hidraulico, para diseños de pavimento rigido incorporando fibras sinteticas y de acero. 86-87. Obtenido de [file:///C:/Users/LEGION/Downloads/PROYECTO%20CIENTIFICO%202023/Cruz\\_VY-Guevara\\_CJC-SD-fibra%20sintetica.pdf](file:///C:/Users/LEGION/Downloads/PROYECTO%20CIENTIFICO%202023/Cruz_VY-Guevara_CJC-SD-fibra%20sintetica.pdf)

- inforcivil.com. (s.f.). Diseño Sísmico y Pandeo de Columnas: Conceptos Fundamentales. Obtenido de <https://inforcivil.com/analisis-estructural/padeo-de-columnas/>
- Julca, J., & Olivos, R. (2021). Diseño de concreto estructural  $f_c=210\text{kg/cm}^2$  incorporando fibras de acero, para incrementar su resistencia. 35-36. Obtenido de [file:///C:/Users/LEGION/OneDrive/Documentos/TESIS%20ING.%20CIVIL/Julca\\_LJE\\_Olivos\\_RRA-SD.pdf](file:///C:/Users/LEGION/OneDrive/Documentos/TESIS%20ING.%20CIVIL/Julca_LJE_Olivos_RRA-SD.pdf)
- Lasso, I. (2020). Diseño arquitectónico con fachada bioclimática y estructura sismorresistente de hospital neumológico del cantón Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/3777>
- Lesnik, G. (2021). Tipos de cimentaciones superficiales. Obtenido de <https://construccionenseco.net/cimientos/tipos-de-cimentaciones-superficiales/>
- Maceda, R., & Samillan, J. (2022). Incorporación de fibras de acero en el concreto estructural  $f_c=210\text{kg/cm}^2$  para incrementar su resistencia mecánica. 39. Obtenido de [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/82091/Maceda\\_LR\\_F-Samillan\\_GJM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/82091/Maceda_LR_F-Samillan_GJM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Medina, G., & Ramos, M. (2021). Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del concreto adicionando dosificaciones de viruta de acero tratada con criba vibratoria. 157-158. Obtenido de <file:///C:/Users/LEGION/OneDrive/Documentos/TESIS%20ING.%20CIVIL/Medina%20L%20C%20A%20zaro%20Grisley%20Javier%20-%20Ramos%20Arana%20M%20C%20A%20ximo%20Percy.pdf>
- NEC. (2014). Cargas no sísmicas. Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/1.-NEC-SE-CG-Cargas-No-Sismicas.pdf>
- Ñaupas, D., & Sosa, D. (2019). Comportamiento mecánico del concreto reforzados con fibra de acero en el análisis estructural de placas en el proyecto de ampliación del centro médico san conrado en los olivos. 107. Obtenido de <https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/5288/%c3%b1aupas-sosa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ortiz, E. (2020). Análisis comparativo entre un diseño de hormigón convencional y otro con fibras de polopropileno empleando agregados de la cantera basáltica Picoaza. 49. Obtenido de <file:///C:/Users/LEGION/Downloads/PROYECTO%20CIENTIFICO%202023/ArtculoORTIZ-fibra%20sintetica.pdf>
- Pardo, M. (2020). Falla por punzonamiento. Obtenido de <https://marcelopardo.com/verificacion-a-cortante-zapata-concentrica/>

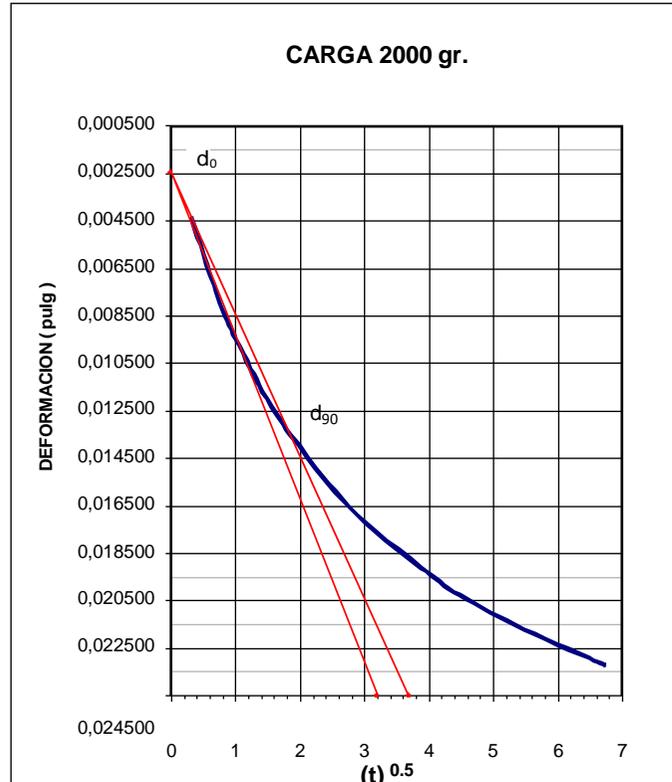
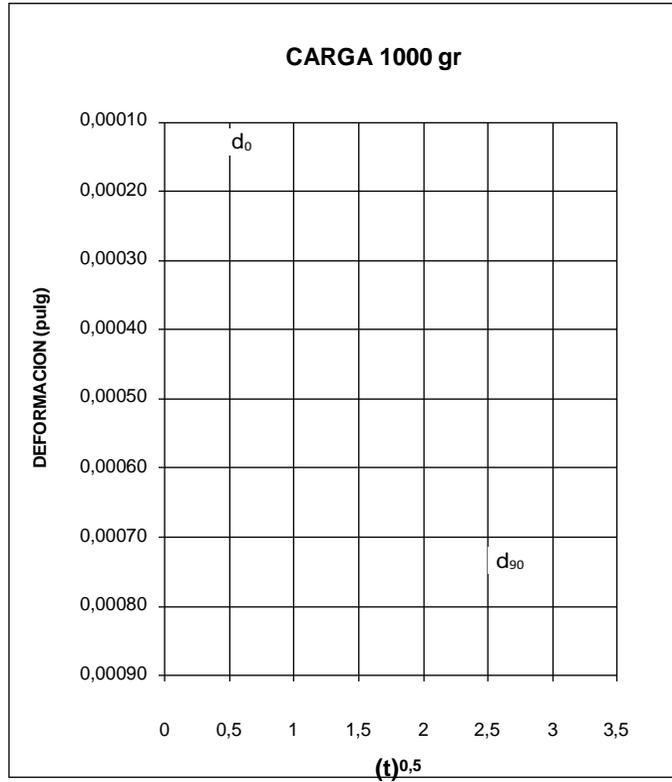
- Ramirez, C., & vargas, N. (2023). Análisis comparativo de costos entre una vivienda prefabricada de acero con fibrocemento y una vivienda convencional. Obtenido de <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/6159>
- Reyes, S., & Villigua, C. (2019). Desarrollo de concreto utilizando escoria de acero para vigas. 68-69.
- Robayo, M. (2022). Hormigón con fibra de acero y caucho reciclado para mitigación ambiental en el sector de la construcción de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/5289>
- Silva, L. (2014). Comportamiento del hormigon reforzado con fibras de acero y su influencia en sus propiedades mecanicas. 133-134. Obtenido de <file:///C:/Users/LEGION/OneDrive/Documentos/TESIS%20ING.%20CIVIL/Tesis%20828%20-%20Silva%20Tipantasig%20Len%C3%ADn%20Gabriel%20ECUADOR.pdf>
- Vargas, C., & Vargas, R. (2022). Diseño de cimentacion para la estabilidad estructural de viviendas unifamiliares sobre suelos arenosos.
- Vazquez, L. (2004). Falla por aplastamiento. 41-42. Obtenido de [https://www.academia.edu/44094075/DISE%C3%91O\\_DE\\_ESTRUCTURAS\\_DE\\_CIMENTACION\\_DE\\_ACUERDO\\_A\\_NSR\\_10\\_Garza](https://www.academia.edu/44094075/DISE%C3%91O_DE_ESTRUCTURAS_DE_CIMENTACION_DE_ACUERDO_A_NSR_10_Garza)
- Yepes, V. (2019). Concepto y clasificacion de las cimentaciones. Obtenido de <https://victoryepes.blogs.upv.es/2019/01/09/concepto-y-clasificacion-de-las-cimentaciones/>
- Yepes, V. (2020). Clasificación de las cimentaciones en función de la profundidad de apoyo Existen distintos tipos de cimentaciones superficiales. Obtenido de [https://www.researchgate.net/figure/Figura-3-Clasificacion-de-las-cimentaciones-en-funcion-de-la-profundidad-de-apoyo\\_fig1\\_344171969](https://www.researchgate.net/figure/Figura-3-Clasificacion-de-las-cimentaciones-en-funcion-de-la-profundidad-de-apoyo_fig1_344171969)

## **ANEXOS**

## **Anexo 1: Ensayos de consolidación**



**CURVAS DEFORMACION - TIEMPO**



$d_0$ " = 0,0000	$2Ht_0$ " = 1,0000
$d_{90}$ " = 0,0000	$2Ht_{100}$ " = 1,0000
$d_{100}$ " = 0,0000	$H_{dprom}$ cm. = 1,270
$t_{90}$ seg = 0,00	$C_v$ cm <sup>2</sup> /dia = #jDIV/0!
$(t_{90})^2$ seg = 0	

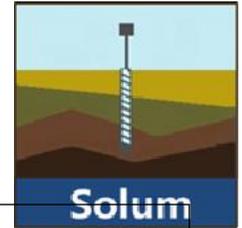
$d_0$ " = 0,0025	$2Ht_0$ " = 0,9975
$d_{90}$ " = 0,0138	$2Ht_{100}$ " = 0,9825
$d_{100}$ " = 0,0150	$H_{dprom}$ cm. = 1,257
$t_{90}$ seg = 1,90	$C_v$ cm <sup>2</sup> /dia = 535
$(t_{90})^2$ seg = 216,6	

PROYECTO: Subestación

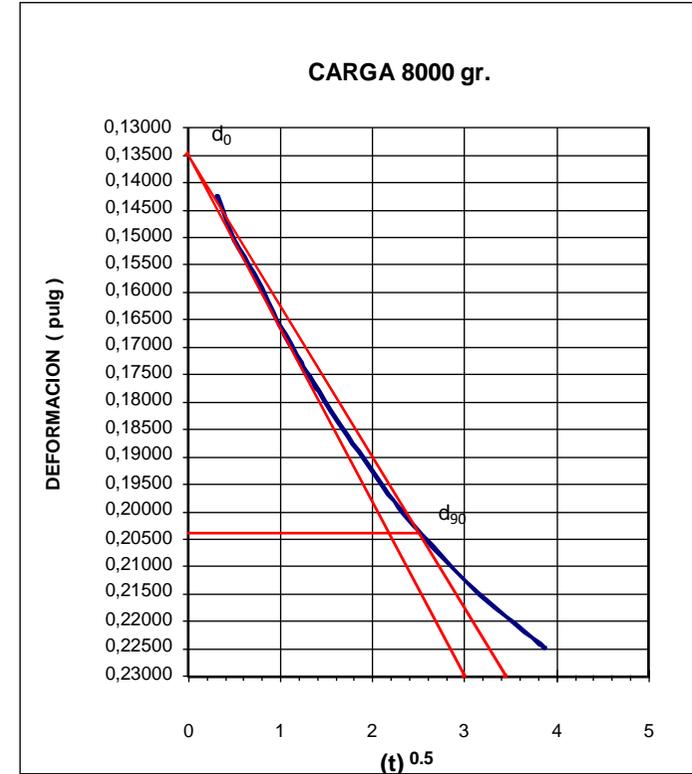
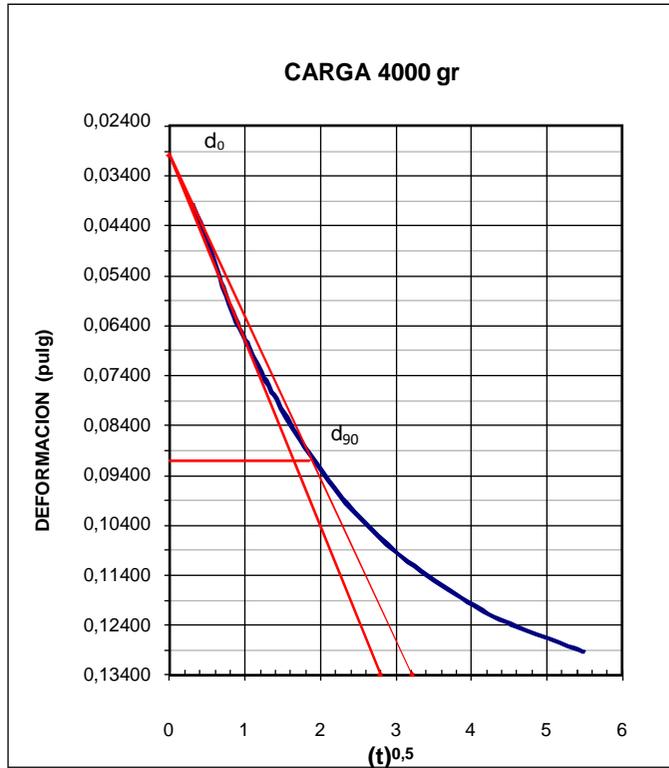
PERFORACION: P-01

MUESTRA: 6

PROFUNDIDAD: 4,55-5,00 m



**CURVAS DEFORMACION - TIEMPO**



do " = 0,0300	2Ht <sub>0</sub> " = 0,9700
d <sub>90</sub> " = 0,0910	2Ht <sub>100</sub> " = 0,8722
d <sub>100</sub> " = 0,0978	H <sub>dprom</sub> cm. = 1,170
t <sub>90</sub> seg = 1,85	Cv cm <sup>2</sup> /dia = 488
$\frac{2}{(t_{90})}$ seg = 205,35	

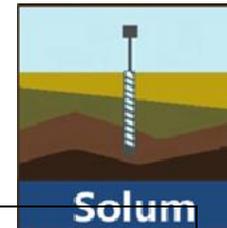
do " = 0,1350	2Ht <sub>0</sub> " = 0,8650
d <sub>90</sub> " = 0,2040	2Ht <sub>100</sub> " = 0,6533
d <sub>100</sub> " = 0,2117	H <sub>dprom</sub> cm. = 0,964
t <sub>90</sub> seg = 2,50	Cv cm <sup>2</sup> /dia = 182
$\frac{2}{(t_{90})}$ seg = 375	

PROYECTO: Subestación

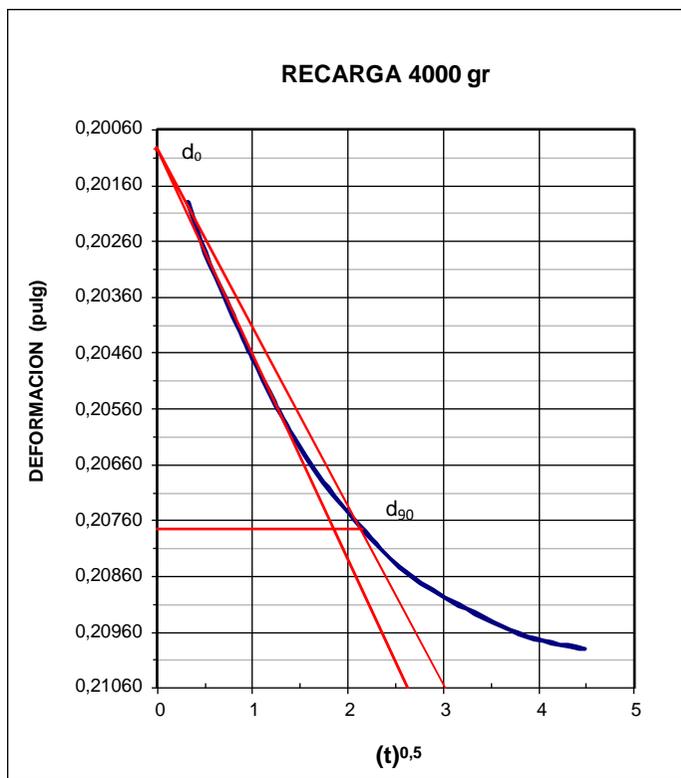
PERFORACION: P-01

MUESTRA: 6

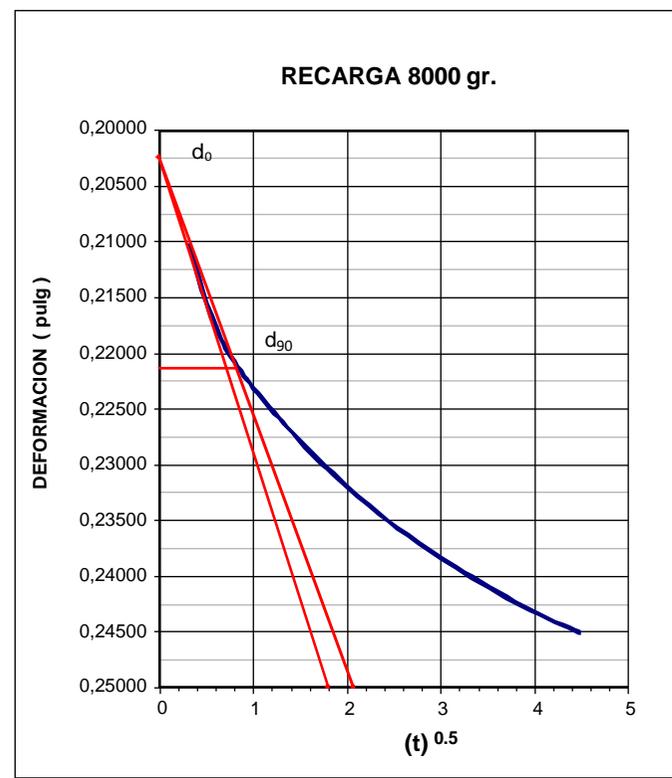
PROFUNDIDAD: 4,55-5,00 m



**CURVAS DEFORMACION - TIEMPO**

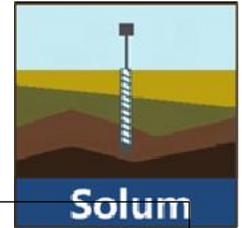


$d_0$ " = 0,2010	$2Ht_0$ " = 0,7991
$d_{90}$ " = 0,2078	$2Ht_{100}$ " = 0,5905
$d_{100}$ " = 0,2085	$H_{dprom}$ cm. = 0,8824
$t_{90}$ seg = 2,15	$C_v$ cm <sup>2</sup> /dia = 206
$(t_{90})^2$ seg = 277,35	

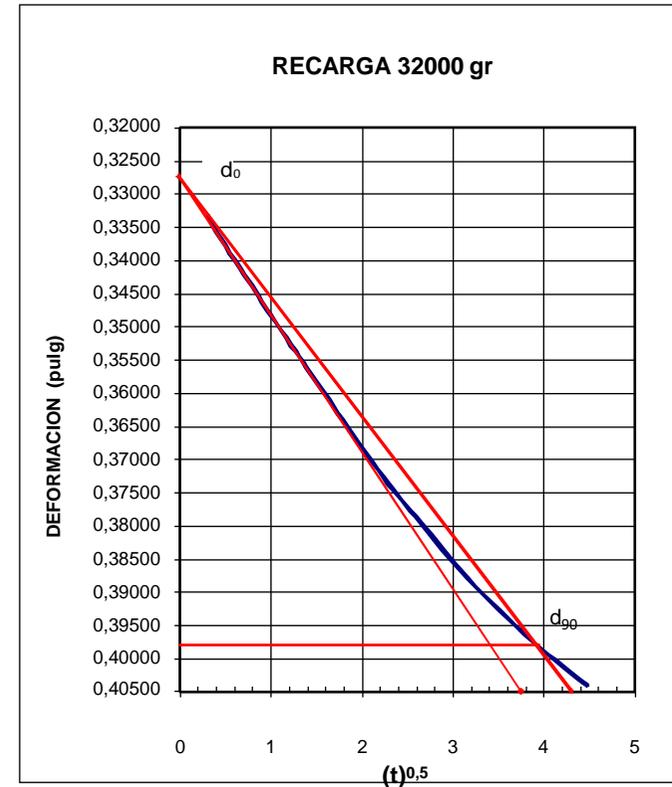
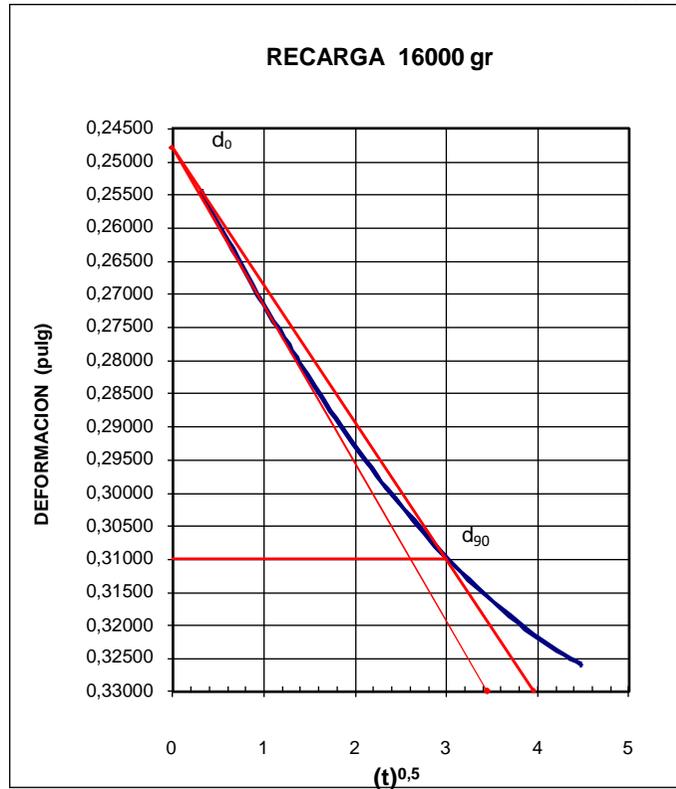


$d_0$ " = 0,2025	$2Ht_0$ " = 0,7975
$d_{90}$ " = 0,2213	$2Ht_{100}$ " = 0,5741
$d_{100}$ " = 0,2234	$H_{dprom}$ cm. = 0,871
$t_{90}$ seg = 0,80	$C_v$ cm <sup>2</sup> /dia = 1447
$(t_{90})^2$ seg = 38,4	

PROYECTO: Subestación	PERFORACION: P-01	MUESTRA: 6	PROFUNDIDAD: 4,55-5,00 m
-----------------------	-------------------	------------	--------------------------



**CURVAS DEFORMACION - TIEMPO**



$d_0$ " = 0,2480	$2Ht_0$ " = 0,752
$d_{90}$ " = 0,3100	$2Ht_{100}$ " = 0,43511
$d_{100}$ " = 0,3169	$H_{dprom}$ cm. = 0,754
$t_{90}$ seg = 3,00	$C_v$ cm <sup>2</sup> /dia = 77
$\frac{2}{(t_{90})}$ seg = 540,0	

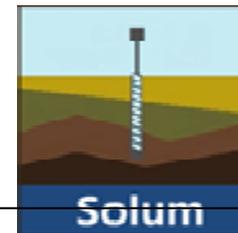
$d_0$ " = 0,3275	$2Ht_0$ " = 0,6725
$d_{90}$ " = 0,3980	$2Ht_{100}$ " = 0,26667
$d_{100}$ " = 0,4058	$H_{dprom}$ cm. = 0,596
$t_{90}$ seg = 3,95	$C_v$ cm <sup>2</sup> /dia = 28
$\frac{2}{(t_{90})}$ seg = 936,15	

PROYECTO: Subestación

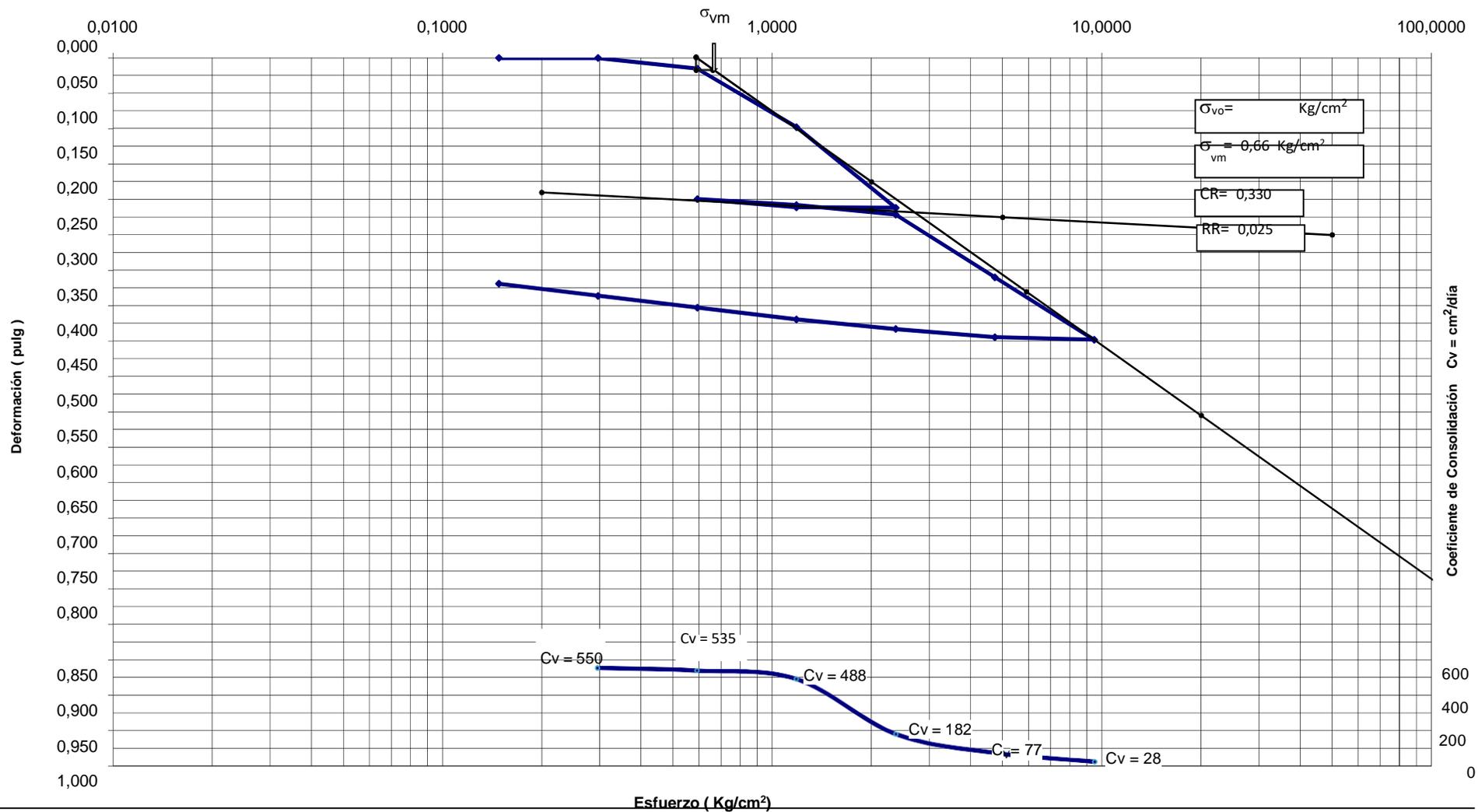
PERFORACION: P-01

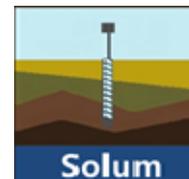
MUESTRA: 6

PROFUNDIDAD: 4,55-5,00 m



**CURVA ESFUERZO-DEFORMACION**  
 Proyecto: Subestación  
 Localización: Durán  
 Perforación: P-01 Muestra # 6 Profundidad: 4,55-5,00 m





**GRAVEDAD ESPECIFICA DE SOLIDOS  
ASTM D 854**

**Proyecto:** Sub estación Durán Boliche  
**Localización:** Vía Durán Boliche  
**Perforación** P-01  
**Muestra:** 6  
**Profundidad:** 4,55-5,00 m  
**Solicitado por:** Consorcio Isolux-Edemco  
**Fecha:** 15/11/2016

**Descripción del material:** Arcilla gris oscura con capas de arena fina y residuos de M.O

**W %** 89,5  
**LL %:** 100  
**LP % :** 29  
**IP %:** 71

**DATOS DEL ENSAYO**

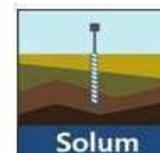
<b>W<sub>b</sub></b>	Peso del frasco volumétrico vacío y seco	=	115,60	gr
<b>W<sub>bw</sub></b>	Peso del frasco + agua destilada	=	322,10	gr
<b>W<sub>s</sub></b>	Peso de la muestra seca	=	36,00	gr
<b>W<sub>bws</sub></b>	Peso del frasco + agua + muestra seca	=	344,30	gr
<b>T</b>	Temperatura C°	=	27°	
<b>K</b>	Factor de corrección por temperatura	=	0,9965	

$$G_s = \frac{K * W_s}{W_{L...} + W_{-} - W_{L...}} = 2,60$$

**Laboratorista:**

**Verificado por:**  
Ing. Teresa Armas F

**Observaciones:**



**RESULTADOS DE ENSAYO DE CONSOLIDACION**

**PROYECTO:** Sub estación Durán Boliche  
**LOCALIZACION:** Vía Durán Boliche **SOLICITADO POR:** Consorcio Isolux-Edemco  
**PERFORACION:** P-01  
**MUESTRA:** 6  
**PROFUNDIDAD:** 4,55-5,00 m **FECHA:** 15/11/2016

<b>Gravedad Específica</b>	Gs	2,60 gr/cm <sup>3</sup>	<b>Wi</b>	81,19 %
<b>Peso húmedo inicial</b>	Whi	113,28 gr.		
<b>Peso húmedo final</b>	Whf	86,76 gr.		
<b>Peso seco</b>	Ws	62,52 gr.		
<b>Peso de agua inicial</b>	Wwi	50,76 gr.		
<b>Peso de agua final</b>	Wwf	24,24 gr.		
<b>Volumen de agua</b>	Vw	50,76 cm <sup>3</sup>	<b>Wf</b>	38,77 %

<b>Volumen de sólidos</b>	Vs= Ws/G	<u>62,52</u> 2,60	24,05 cm <sup>3</sup>
<b>Volumen total</b>	Vt		77,25 cm <sup>3</sup>
<b>Volumen de poros</b>	Vp		53,20 cm <sup>3</sup>

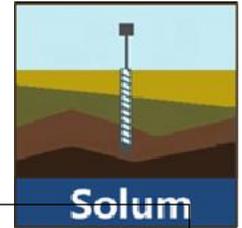
<b>Relación de vacíos</b>	eo	<u>53,204</u> 24,050	2,21
---------------------------	----	-------------------------	------

<b>Saturación inicial</b>	S	<u>50,760</u> 53,204	95 %
---------------------------	---	-------------------------	------

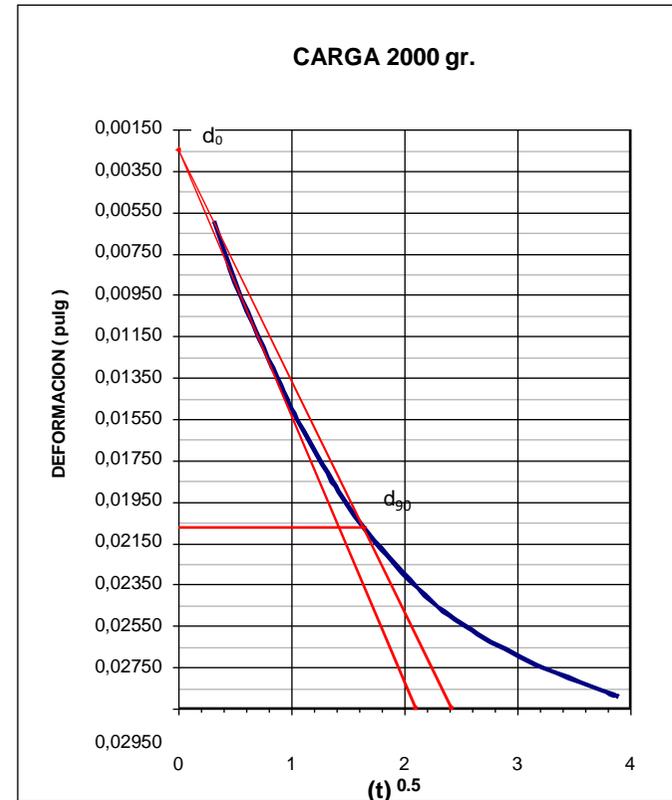
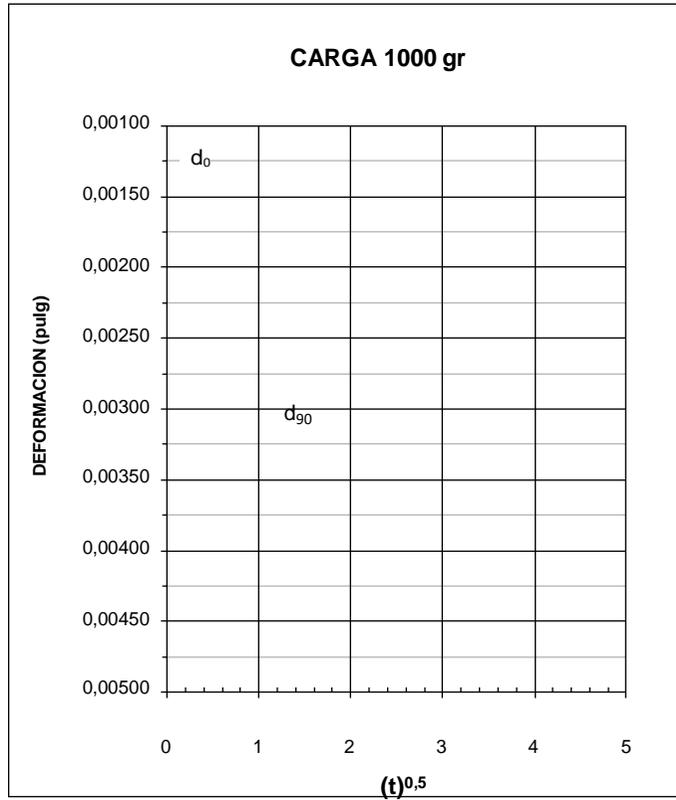
<b>Altura de sólidos</b>	Hs	<u>24,050</u> 30,415	0,79 cm.	0,31 pulg.
<b>Altura de poros</b>	Hp	<u>53,204</u> 30,415	<u>1,75</u> cm. 2,54 cm.	<u>0,69</u> pulg. 1,00 pulg.

C A R G A					
Ciclo	Carga	Esfuerzo	Lect.	H/Hs	Relación vacíos
	Kg.	Kg/cm <sup>2</sup>	pulg.	pulg/pulg	e=e <sub>v</sub> - H/Hs
1	0,50	0,148	0,0000	0,0000	2,212
1	1,00	0,296	0,0000	0,0000	2,212
1	2,00	0,592	0,0150	0,0482	2,164
1	4,00	1,184	0,0978	0,3141	1,898
1	8,00	2,367	0,2117	0,6799	1,532
2	4,00	1,184	0,2078	0,6673	1,545
2	8,00	2,367	0,2213	0,7109	1,501
2	16,00	4,734	0,3100	0,9958	1,216
2	32,00	9,469	0,3980	1,2785	0,934

D E S C A R G A					
Ciclo	carga	Esfuerzo	Lect.	H/Hs	Relación vacíos
	Kg.	Kg/cm <sup>2</sup>	pulg.	pulg/pulg	e=e <sub>v</sub> - H/Hs
1	4,00	1,184	0,2110	0,6778	1,534
1	2,00	0,592	0,1994	0,6405	1,572
2	16,00	4,734	0,3945	1,2672	0,945
2	8,00	2,367	0,3830	1,2303	0,982
2	4,00	1,184	0,3693	1,1861	1,026
2	2,00	0,592	0,3527	1,1329	1,079
2	1,00	0,296	0,3361	1,0796	1,133
2	0,50	0,148	0,3190	1,0247	1,188



**CURVAS DEFORMACION - TIEMPO**



$d_0$ " = 0,0000	$2Ht_0$ " = 1,0000
$d_{90}$ " = 0,0000	$2Ht_{100}$ " = 1,0000
$d_{100}$ " = 0,0000	$H_{dprom}$ cm. = 1,270
$t_{90}$ seg = 0,00	$Cv$ cm <sup>2</sup> /dia = #jDIV/0!
$(t_{90})^2$ seg = 0	

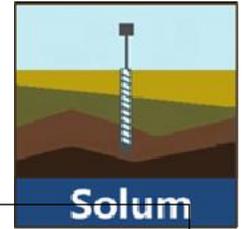
$d_0$ " = 0,0025	$2Ht_0$ " = 0,9975
$d_{90}$ " = 0,0207	$2Ht_{100}$ " = 0,9748
$d_{100}$ " = 0,0227	$H_{dprom}$ cm. = 1,252
$t_{90}$ seg = 1,65	$Cv$ cm <sup>2</sup> /dia = 704
$(t_{90})^2$ seg = 163,35	

PROYECTO: Subestación

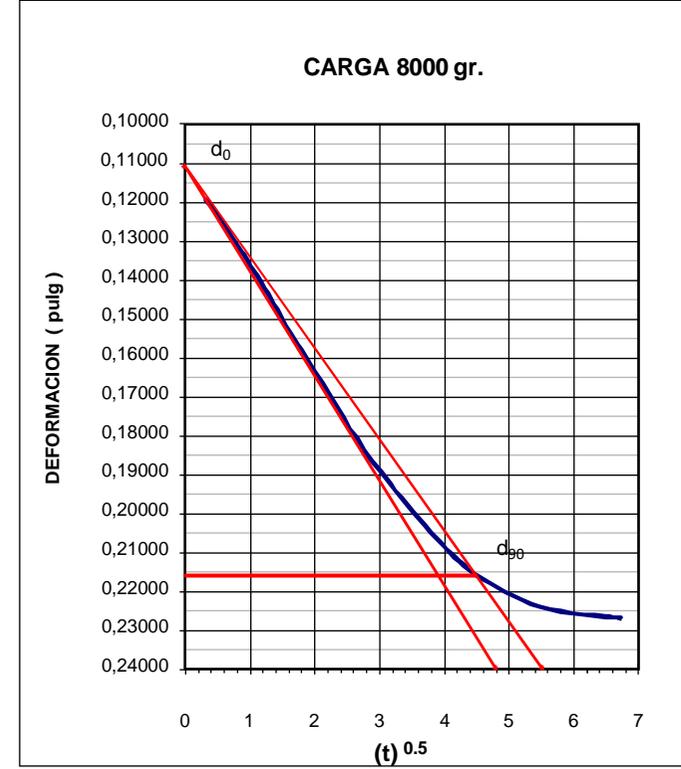
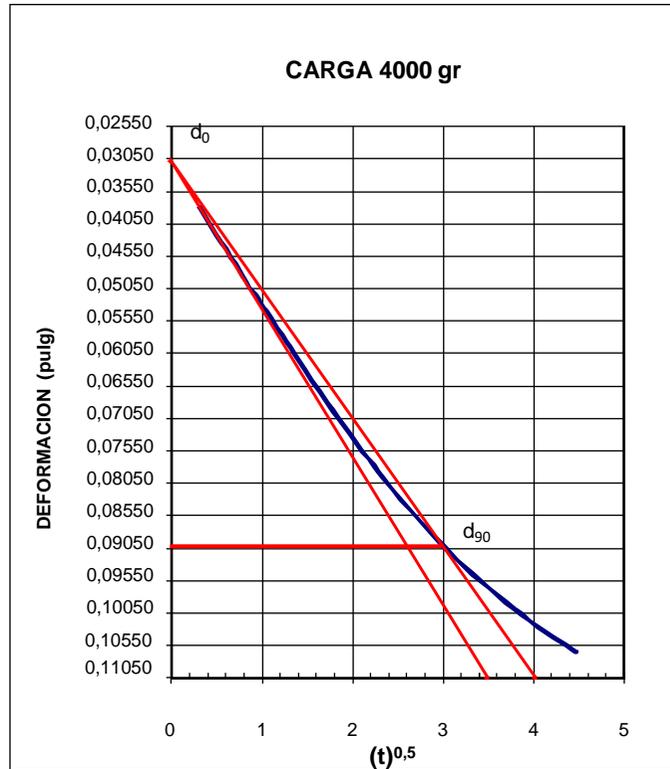
PERFORACION: P-01

MUESTRA: 9

PROFUNDIDAD: 7,55-8,00 m



**CURVAS DEFORMACION - TIEMPO**



$d_0$ " = 0,0309	$2Ht_0$ " = 0,9691
$d_{90}$ " = 0,0902	$2Ht_{100}$ " = 0,8723
$d_{100}$ " = 0,0968	$H_{dprom}$ cm. = 1,169
$t_{90}$ seg = 2,98	$C_v$ cm <sup>2</sup> /dia = 188
$\frac{2}{(t_{90})}$ seg = 532,82	

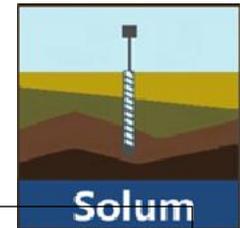
$d_0$ " = 0,1110	$2Ht_0$ " = 0,8890
$d_{90}$ " = 0,2160	$2Ht_{100}$ " = 0,6613
$d_{100}$ " = 0,2277	$H_{dprom}$ cm. = 0,984
$t_{90}$ seg = 4,50	$C_v$ cm <sup>2</sup> /dia = 58
$\frac{2}{(t_{90})}$ seg = 1215	

PROYECTO: Subestación

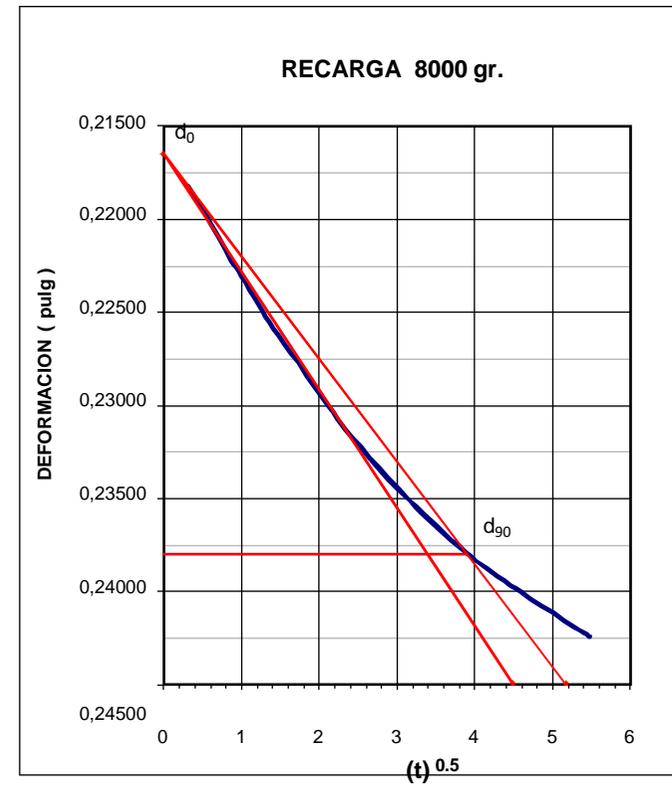
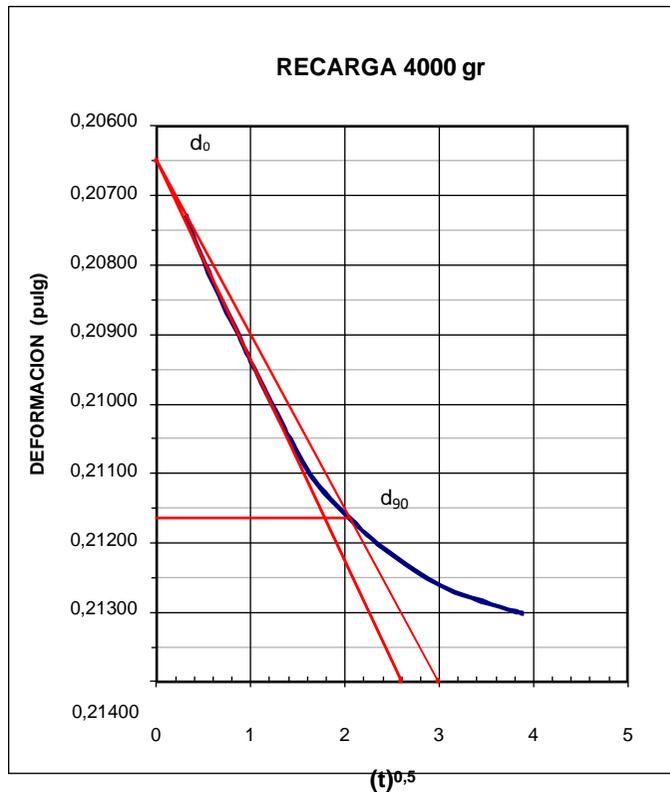
PERFORACION: P-01

MUESTRA: 9

PROFUNDIDAD: 7,55-8,00 m



**CURVAS DEFORMACION - TIEMPO**



$d_0$ " = 0,2065	$2Ht_0$ " = 0,7935
$d_{90}$ " = 0,2117	$2Ht_{100}$ " = 0,5813
$d_{100}$ " = 0,2122	$H_{dprom}$ cm. = 0,8730
$t_{90}$ seg = 2,05	$C_v$ cm <sup>2</sup> /dia = 221
$\frac{2}{(t_{90})}$ seg = 252,15	

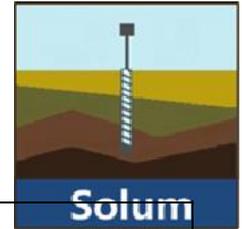
$d_0$ " = 0,2165	$2Ht_0$ " = 0,7835
$d_{90}$ " = 0,2380	$2Ht_{100}$ " = 0,5431
$d_{100}$ " = 0,2404	$H_{dprom}$ cm. = 0,842
$t_{90}$ seg = 3,90	$C_v$ cm <sup>2</sup> /dia = 57
$\frac{2}{(t_{90})}$ seg = 12,6	

PROYECTO: Subestación

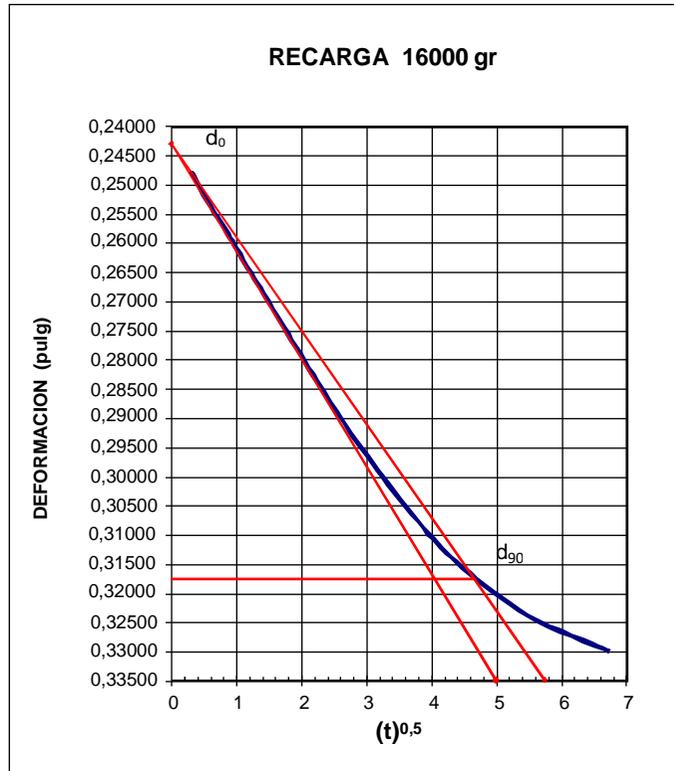
PERFORACION: P-01

MUESTRA: 9

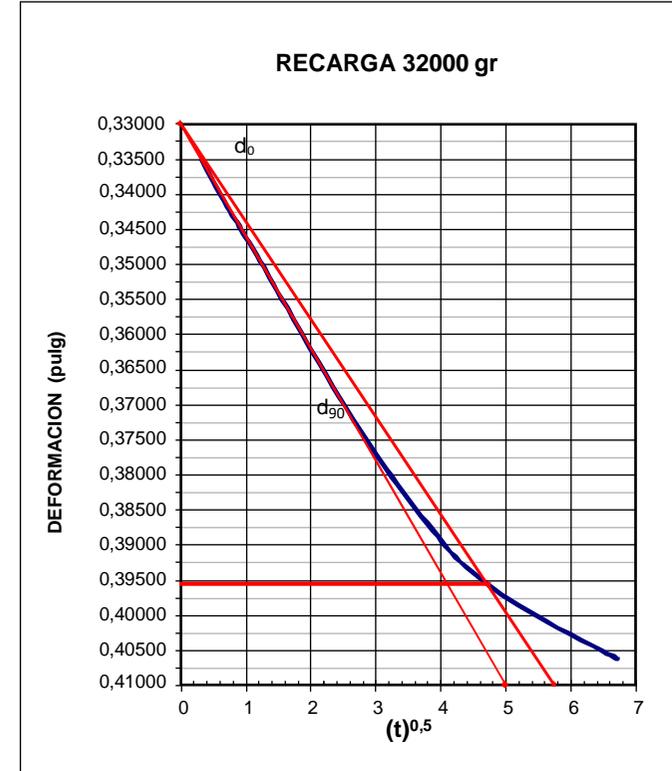
PROFUNDIDAD: 7,55-8,00 m



**CURVAS DEFORMACION - TIEMPO**

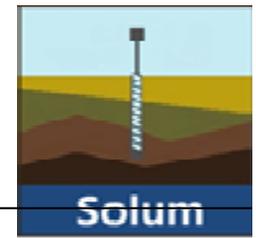


$d_0$ " = 0,2430	$2Ht_0$ " = 0,757
$d_{90}$ " = 0,3175	$2Ht_{100}$ " = 0,43122
$d_{100}$ " = 0,3258	$H_{dprom}$ cm. = 0,755
$t_{90}$ seg = 4,65	$Cv$ cm <sup>2</sup> /dia = 32
$(t_{90})^2$ seg = 1297,4	

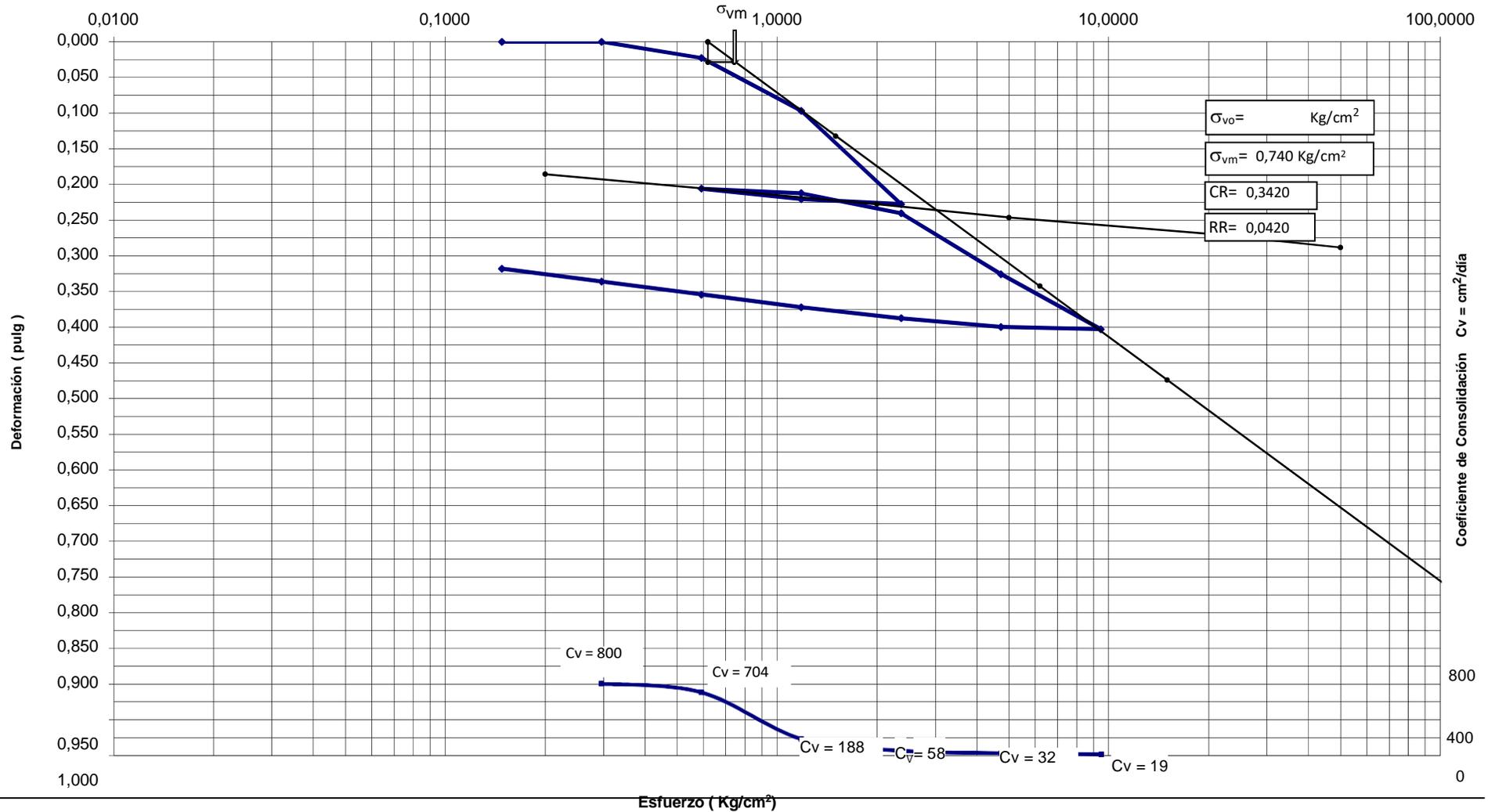


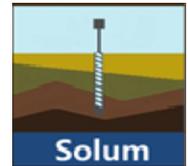
$d_0$ " = 0,3300	$2Ht_0$ " = 0,67
$d_{90}$ " = 0,3955	$2Ht_{100}$ " = 0,26722
$d_{100}$ " = 0,4028	$H_{dprom}$ cm. = 0,595
$t_{90}$ seg = 4,75	$Cv$ cm <sup>2</sup> /dia = 19
$(t_{90})^2$ seg = 1353,75	

PROYECTO: Subestación	PERFORACION: P-01	MUESTRA: 9	PROFUNDIDAD: 7,55-8,00 m
-----------------------	-------------------	------------	--------------------------



**CURVA ESFUERZO-DEFORMACION**  
 Proyecto: Subestación  
 Localización: Durán  
 Perforación: P-01 Muestra # 9 Profundidad: 7,55-8,00 m





**GRAVEDAD ESPECIFICA DE SOLIDOS**

**ASTM D 854**

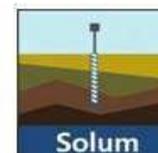
<b>Proyecto:</b>	Sub estación Durán BolicheVía
<b>Localización:</b>	Durán Boliche
<b>Perforación</b>	
<b>Muestra:</b>	P-01
<b>Profundidad:</b>	7,55-8,00 m
<b>Solicitado por:</b>	Consortio Isolux-Edemco
<b>Fecha:</b>	15/11/2016

<b>Descripción del material:</b>	Arcilla gris verdosa oscura con residuos de M.O
<b>W %</b>	120,2
<b>LL %:</b>	107
<b>LP %:</b>	27
<b>IP %:</b>	79
<b>IL :</b>	1,2
<b># 200:</b>	97
<b>SUCS:</b>	CH

**DATOS DEL ENSAYO**

<b>W<sub>b</sub></b>	Peso del frasco volumétrico vacío y seco	=	115,60	gr
<b>W<sub>bw</sub></b>	Peso del frasco + agua destilada	=	320,60	gr
<b>W<sub>s</sub></b>	Peso de la muestra seca	=	37,40	gr
<b>W<sub>bws</sub></b>	Peso del frasco + agua + muestra seca	=	343,90	gr
<b>T</b>	Temperatura C <sup>o</sup>	=	24 <sup>o</sup>	
<b>K</b>	Factor de corrección por temperatura	=	0,9991	
$G_s = \frac{K * W_s}{W_{bw} + W_s - W_{bws}} = 2,65$				

<b>Laboratorista:</b>	<b>Verificado por:</b> Ing. Teresa Armas F	<b>Observaciones:</b>
-----------------------	---	-----------------------



**RESULTADOS DE ENSAYO DE CONSOLIDACION**

**PROYECTO:** Sub estación Durán Boliche  
**LOCALIZACION:** Vía Durán Boliche **SOLICITADO POR:** Consorcio Isolux-Edemco  
**PERFORACION:** P-01  
**MUESTRA:** 9  
**PROFUNDIDAD:** 7,55-8,00 m **FECHA:** 15/11/2016

Gravedad Específica	Gs	2,65 gr/cm <sup>3</sup>	Wi	100,29 %
Peso húmedo inicial	Whi	111,28 gr.		
Peso húmedo final	Whf	85,57 gr.		
Peso seco	Ws	55,56 gr.		
Peso de agua inicial	Wwi	55,72 gr.		
Peso de agua final	Wwf	30,01 gr.		
Volumen de agua	Vw	55,72 cm <sup>3</sup>	Wf	54,01 %

Volumen de sólidos	Vs= Ws/G	<u>55,56</u> 2,65	20,97 cm <sup>3</sup>
Volumen total	Vt		77,25 cm <sup>3</sup>
Volumen de poros	Vp		56,29 cm <sup>3</sup>

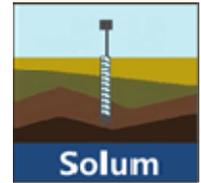
Relación de vacíos	eo	<u>56,289</u> 20,965	2,68
--------------------	----	-------------------------	------

Saturación inicial	S	<u>55,720</u> 56,289	99 %
--------------------	---	-------------------------	------

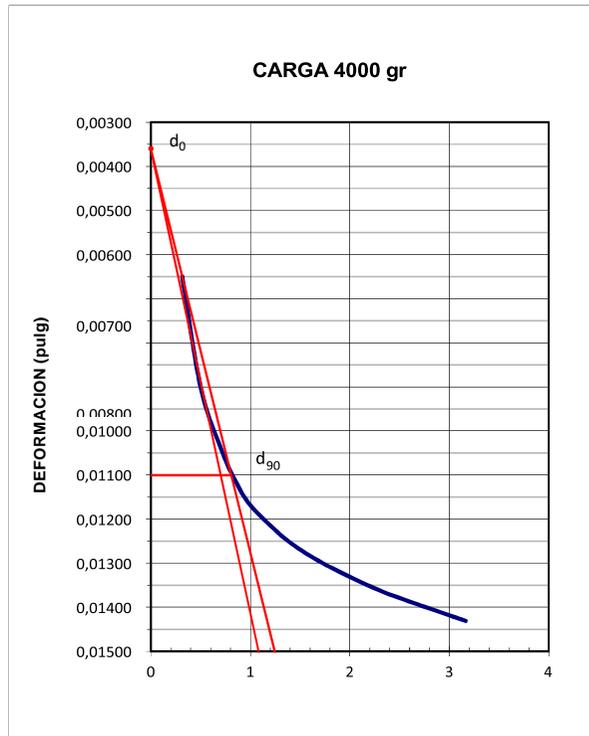
Altura de sólidos	Hs	<u>20,965</u> 30,415	0,69 cm.	0,27 pulg.
Altura de poros	Hp	<u>56,289</u> 30,415	<u>1,85</u> cm. 2,54 cm.	<u>0,73</u> pulg. 1,00 pulg.

CARGA					
Ciclo	Carga	Esfuerzo	Lect.	H/Hs	Relación vacíos
	Kg.	Kg/cm <sup>2</sup>	pulg.	pulg/pulg	e=e <sub>o</sub> - H/Hs
1	0,50	0,148	0,0000	0,0000	2,685
1	1,00	0,296	0,0000	0,0000	2,685
1	2,00	0,592	0,0227	0,0837	2,601
1	4,00	1,184	0,0968	0,3567	2,328
1	8,00	2,367	0,2277	0,8389	1,846
2	4,00	1,184	0,2122	0,7820	1,903
2	8,00	2,367	0,2404	0,8858	1,799
2	16,00	4,734	0,3258	1,2004	1,484
2	32,00	9,469	0,4028	1,4842	1,201

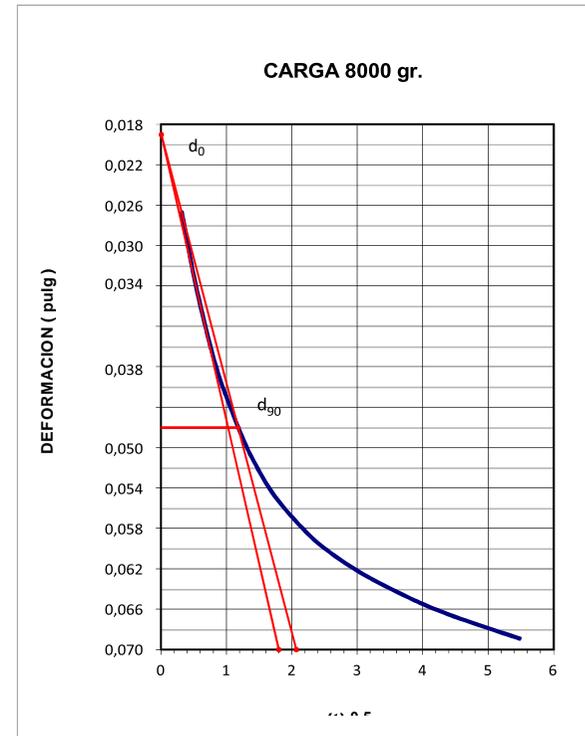
DESCARGA					
Ciclo	carga	Esfuerzo	Lect.	H/Hs	Relación vacíos
	Kg.	Kg/cm <sup>2</sup>	pulg.	pulg/pulg	e=e <sub>o</sub> - H/Hs
1	4,00	1,184	0,2205	0,8123	1,873
1	2,00	0,592	0,2058	0,7584	1,926
2	16,00	4,734	0,3996	1,4725	1,212
2	8,00	2,367	0,3874	1,4275	1,257
2	4,00	1,184	0,3721	1,3711	1,314
2	2,00	0,592	0,3546	1,3065	1,378
2	1,00	0,296	0,3360	1,2382	1,447
2	0,50	0,148	0,3180	1,1718	1,513



CURVAS DEFORMACION - TIEMPO



$d_0$ " = 0,0036	$2Ht_0$ " = 0,9964
$d_{90}$ " = 0,0110	$2Ht_{100}$ " = 0,9846
$d_{100}$ " = 0,0118	$H_{dprom}$ cm. = 1,258
$t_{90}$ seg = 0,80	$Cv$ cm <sup>2</sup> /dia = 3019
$(t_{90})^2$ seg = 38,40	



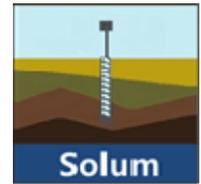
$d_0$ " = 0,0190	$2Ht_0$ " = 0,9810
$d_{90}$ " = 0,0480	$2Ht_{100}$ " = 0,9298
$d_{100}$ " = 0,0512	$H_{dprom}$ cm. = 1,213
$t_{90}$ seg = 1,20	$Cv$ cm <sup>2</sup> /dia = 1248
$(t_{90})^2$ seg = 86,4	

PROYECTO: Subestación

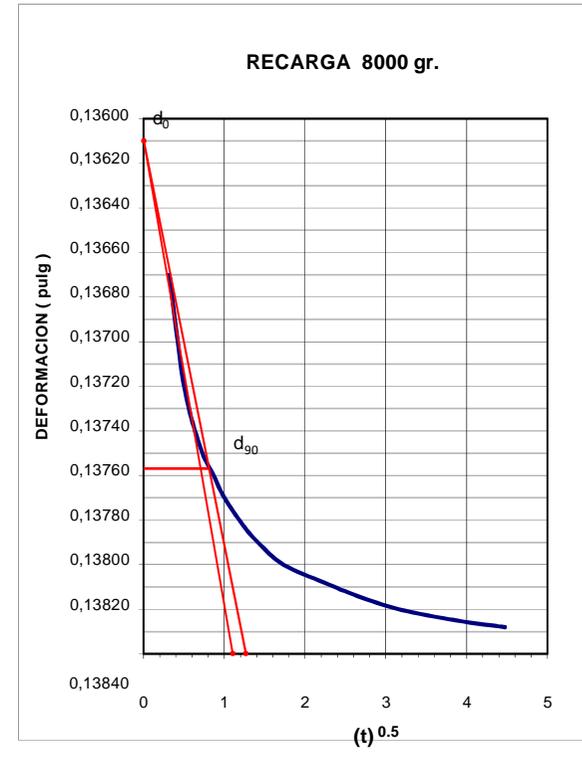
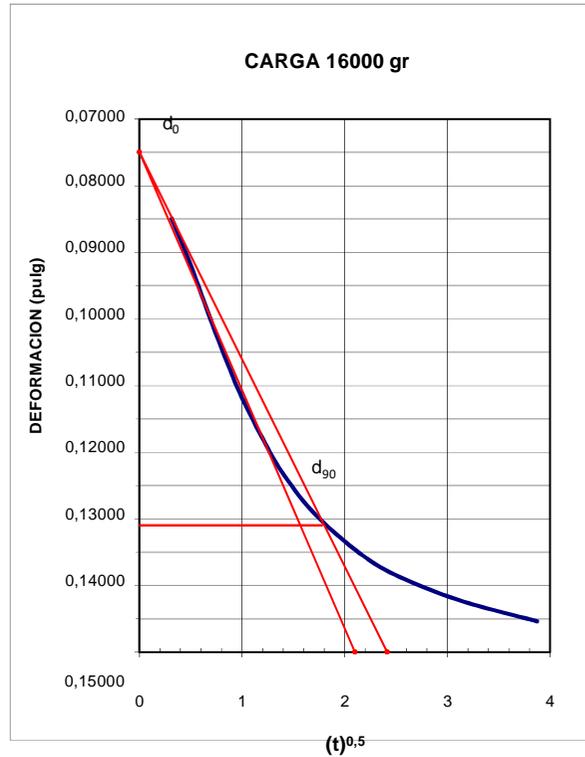
PERFORACION: P-01

MUESTRA: 13

PROFUNDIDAD: 11,55-12,00 m



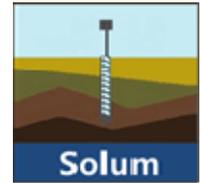
CURVAS DEFORMACION - TIEMPO



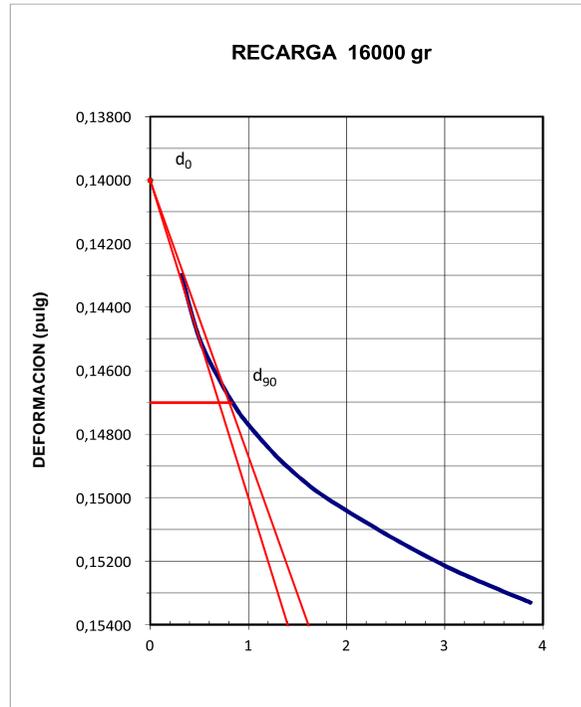
$d_0$ " = 0,0750	$2Ht_0$ " = 0,9250
$d_{90}$ " = 0,1310	$2Ht_{100}$ " = 0,7878
$d_{100}$ " = 0,1372	$H_{d_{prom}}$ cm. = 1,0876
$t_{90}$ seg = 1,78	$C_v$ cm <sup>2</sup> /dia = 458
$(t_{90})^2$ seg = 189,0375	

$d_0$ " = 0,1361	$2Ht_0$ " = 0,8639
$d_{90}$ " = 0,1376	$2Ht_{100}$ " = 0,7262
$d_{100}$ " = 0,1377	$H_{d_{prom}}$ cm. = 1,010
$t_{90}$ seg = 0,80	$C_v$ cm <sup>2</sup> /dia = 1945
$(t_{90})^2$ seg = 38,4	

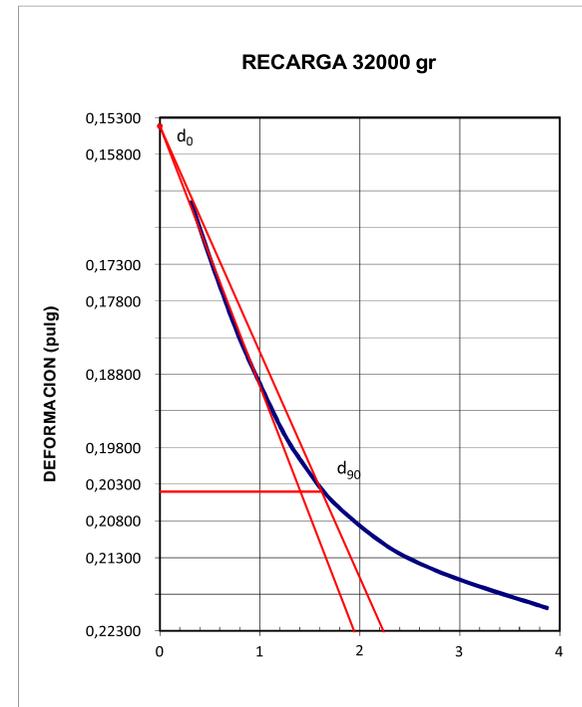
PROYECTO: Subestación	PERFORACION: P-01	MUESTRA: 13	PROFUNDIDAD: 11,55-12,00 m
-----------------------	-------------------	-------------	----------------------------



CURVAS DEFORMACION - TIEMPO

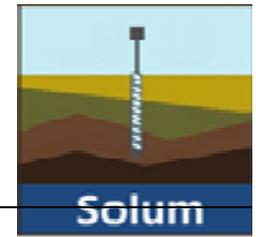


$d_0$ " = 0,1400	$2Ht_0$ " = 0,86
$d_{90}$ " = 0,1470	$2Ht_{100}$ " = 0,71222
$d_{100}$ " = 0,1478	$H_{d_{prom}}$ cm. = 0,998
$t_{90}$ seg = 0,83	$C_v$ cm <sup>2</sup> /dia = 1767
$(t_{90})^2$ seg = 41,3	

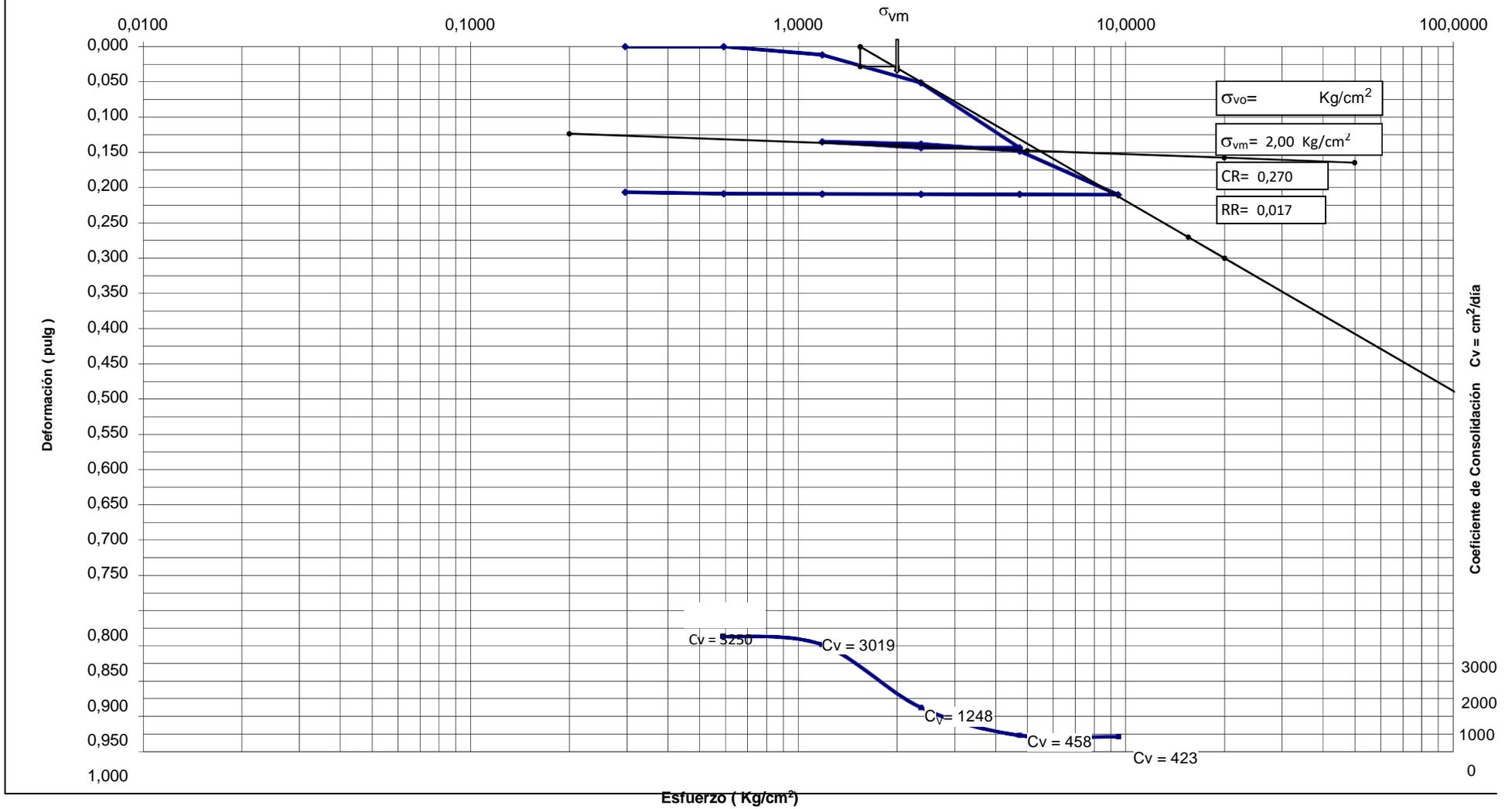


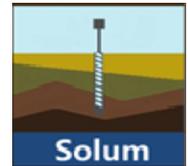
$d_0$ " = 0,1541	$2Ht_0$ " = 0,8459
$d_{90}$ " = 0,2040	$2Ht_{100}$ " = 0,63636
$d_{100}$ " = 0,2095	$H_{d_{prom}}$ cm. = 0,941
$t_{90}$ seg = 1,60	$C_v$ cm <sup>2</sup> /dia = 423
$(t_{90})^2$ seg = 153,6	

PROYECTO: Subestación	PERFORACION: P-01	MUESTRA: 13	PROFUNDIDAD: 11,55-12,00 m
-----------------------	-------------------	-------------	----------------------------



**CURVA ESFUERZO-DEFORMACION**  
 Proyecto: Subestación  
 Localización: Durán  
 Perforación: P-01 Muestra # 13 Profundidad: 11,55-12,00 m





**GRAVEDAD ESPECIFICA DE SOLIDOS**

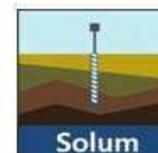
<b>Proyecto:</b>	Sub estación Durán BolicheVía
<b>Localización:</b>	Durán Boliche
<b>Perforación</b>	
<b>Muestra:</b>	P-01
<b>Profundidad:</b>	13
<b>Solicitado por:</b>	
<b>Fecha:</b>	11,55-12,00 m

<b>Descripción del material:</b>	Arcilla gris oscura con capitas de arena muy fina		
<b>W %</b>	71,2		
<b>LL %:</b>	59		
<b>LP % :</b>	25		
<b>IP %:</b>	34		
<b>IL :</b>	1,4		
<b># 200:</b>	91		
<b>SUCS:</b>	CH		

**DATOS DEL ENSAYO**

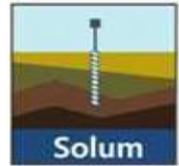
<b>W<sub>b</sub></b>	Peso del frasco volumétrico vacío y seco	=	115,60	gr
<b>W<sub>bw</sub></b>	Peso del frasco + agua destilada	=	320,35	gr
<b>W<sub>s</sub></b>	Peso de la muestra seca	=	37,40	gr
<b>W<sub>bws</sub></b>	Peso del frasco + agua + muestra seca	=	343,90	gr
<b>T</b>	Temperatura C°	=	24°	
<b>K</b>	Factor de corrección por temperatura	=	0,9991	
$G_s = \frac{K * W_s}{W_{bw} + W_s - W_{bws}} = 2,70$				

<b>Laboratorista:</b>	<b>Verificado por:</b> Ing. Teresa Armas F	<b>Observaciones:</b>
-----------------------	---	-----------------------

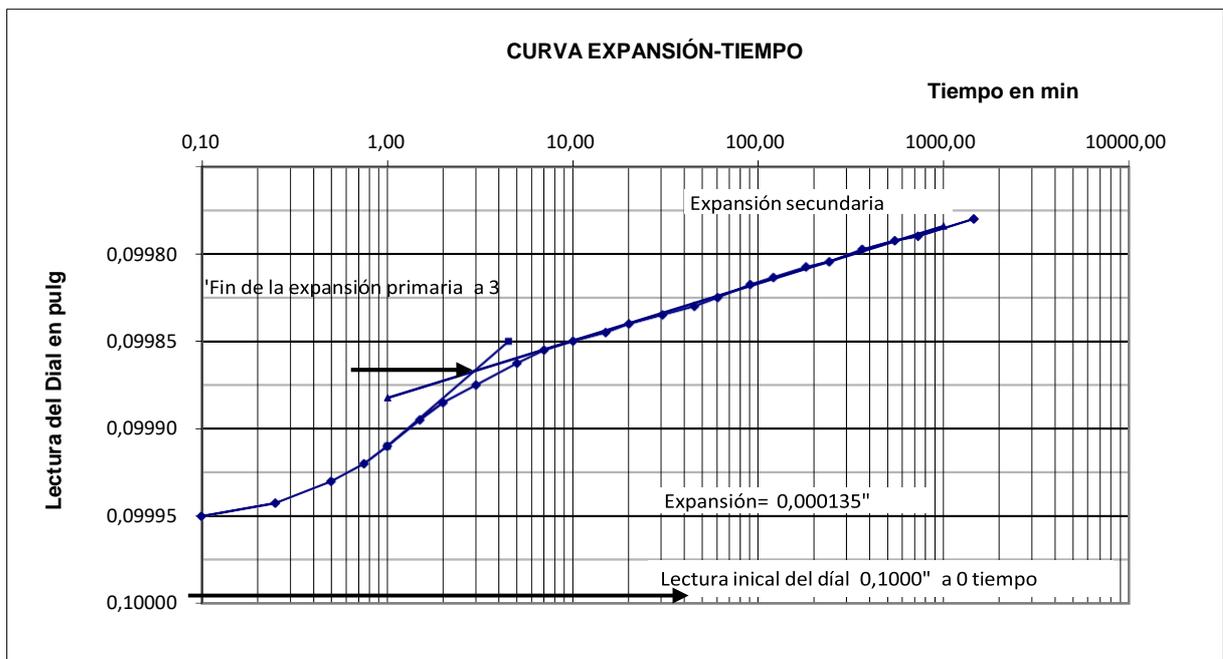
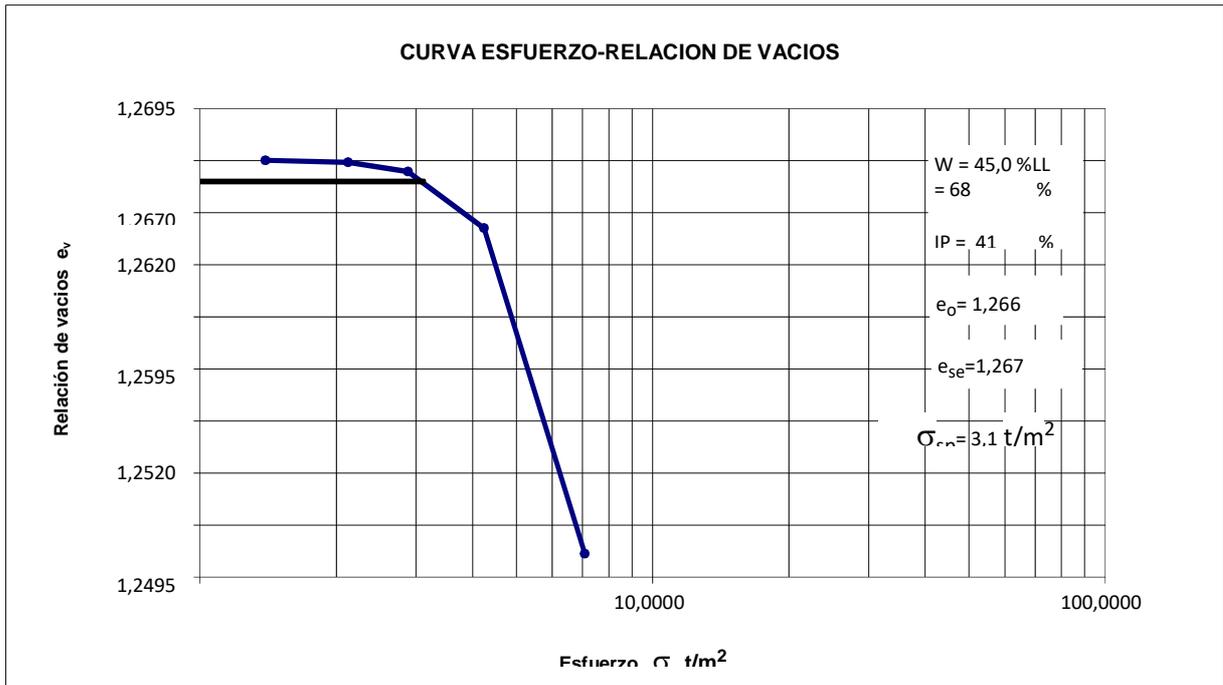


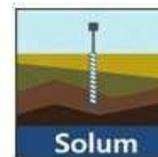
RESULTADOS DE ENSAYO DE CONSOLIDACION																																																																													
PROYECTO:		Sub estación Durán Boliche																																																																											
LOCALIZACION:		Vía Durán Boliche		SOLICITADO POR: Consorcio Isolux-Edemco																																																																									
PERFORACION:		P-01																																																																											
MUESTRA:		13																																																																											
PROFUNDIDAD:		11,55-12,00		FECHA: 15/11/2016																																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Gravedad Específica</td> <td style="width: 10%;">Gs</td> <td style="width: 20%;">2,70 gr/cm<sup>3</sup></td> <td style="width: 10%;">Wi</td> <td style="width: 30%;">58,08 %</td> </tr> <tr> <td>Peso húmedo inicial</td> <td>Whi</td> <td>127,62 gr.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso húmedo final</td> <td>Whf</td> <td>120,58 gr.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso seco</td> <td>Ws</td> <td>80,73 gr.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de agua inicial</td> <td>Wwi</td> <td>46,89 gr.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de agua final</td> <td>Wwf</td> <td>39,85 gr.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Volumen de agua</td> <td>Vw</td> <td>46,89 cm<sup>3</sup></td> <td>Wf</td> <td>49,36 %</td> </tr> </table>						Gravedad Específica	Gs	2,70 gr/cm <sup>3</sup>	Wi	58,08 %	Peso húmedo inicial	Whi	127,62 gr.			Peso húmedo final	Whf	120,58 gr.			Peso seco	Ws	80,73 gr.			Peso de agua inicial	Wwi	46,89 gr.			Peso de agua final	Wwf	39,85 gr.			Volumen de agua	Vw	46,89 cm <sup>3</sup>	Wf	49,36 %																																					
Gravedad Específica	Gs	2,70 gr/cm <sup>3</sup>	Wi	58,08 %																																																																									
Peso húmedo inicial	Whi	127,62 gr.																																																																											
Peso húmedo final	Whf	120,58 gr.																																																																											
Peso seco	Ws	80,73 gr.																																																																											
Peso de agua inicial	Wwi	46,89 gr.																																																																											
Peso de agua final	Wwf	39,85 gr.																																																																											
Volumen de agua	Vw	46,89 cm <sup>3</sup>	Wf	49,36 %																																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">Volumen de sólidos</td> <td style="width: 10%;">Vs= Ws/G</td> <td style="width: 10%; text-align: center;"><u>80,73</u> 2,70</td> <td style="width: 60%;">29,92 cm<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Volumen total</td> <td>Vt</td> <td></td> <td>77,25 cm<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Volumen de poros</td> <td>Vp</td> <td></td> <td>47,33 cm<sup>3</sup></td> </tr> </table>						Volumen de sólidos	Vs= Ws/G	<u>80,73</u> 2,70	29,92 cm <sup>3</sup>	Volumen total	Vt		77,25 cm <sup>3</sup>	Volumen de poros	Vp		47,33 cm <sup>3</sup>																																																												
Volumen de sólidos	Vs= Ws/G	<u>80,73</u> 2,70	29,92 cm <sup>3</sup>																																																																										
Volumen total	Vt		77,25 cm <sup>3</sup>																																																																										
Volumen de poros	Vp		47,33 cm <sup>3</sup>																																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">Relación de vacíos</td> <td style="width: 10%;">eo</td> <td style="width: 10%; text-align: center;"><u>47,331</u> 29,923</td> <td style="width: 60%;">1,58</td> </tr> </table>						Relación de vacíos	eo	<u>47,331</u> 29,923	1,58																																																																				
Relación de vacíos	eo	<u>47,331</u> 29,923	1,58																																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">Saturación inicial</td> <td style="width: 10%;">S</td> <td style="width: 10%; text-align: center;"><u>46,890</u> 47,331</td> <td style="width: 60%;">99 %</td> </tr> </table>						Saturación inicial	S	<u>46,890</u> 47,331	99 %																																																																				
Saturación inicial	S	<u>46,890</u> 47,331	99 %																																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">Altura de sólidos</td> <td style="width: 10%;">Hs</td> <td style="width: 10%; text-align: center;"><u>29,923</u> 30,415</td> <td style="width: 20%;">0,98 cm.</td> <td style="width: 40%;">0,39 pulg.</td> </tr> <tr> <td>Altura de poros</td> <td>Hp</td> <td style="text-align: center;"><u>47,331</u> 30,415</td> <td style="text-align: center;"><u>1,56</u> cm. 2,54 cm.</td> <td style="text-align: center;"><u>0,61</u> pulg. 1,00 pulg.</td> </tr> </table>						Altura de sólidos	Hs	<u>29,923</u> 30,415	0,98 cm.	0,39 pulg.	Altura de poros	Hp	<u>47,331</u> 30,415	<u>1,56</u> cm. 2,54 cm.	<u>0,61</u> pulg. 1,00 pulg.																																																														
Altura de sólidos	Hs	<u>29,923</u> 30,415	0,98 cm.	0,39 pulg.																																																																									
Altura de poros	Hp	<u>47,331</u> 30,415	<u>1,56</u> cm. 2,54 cm.	<u>0,61</u> pulg. 1,00 pulg.																																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="6">C A R G A</th> </tr> <tr> <th>Ciclo</th> <th>Carga</th> <th>Esfuerzo</th> <th>Lect.</th> <th>H/Hs</th> <th>Relación vacíos</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Kg.</th> <th>Kg/cm<sup>2</sup></th> <th>pulg.</th> <th>pulg/pulg</th> <th>e=e<sub>v</sub>- H/Hs</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0,50</td><td>0,148</td><td>0,0000</td><td>0,0000</td><td>1,582</td></tr> <tr><td>1</td><td>1,00</td><td>0,296</td><td>0,0000</td><td>0,0000</td><td>1,582</td></tr> <tr><td>1</td><td>2,00</td><td>0,592</td><td>0,0000</td><td>0,0000</td><td>1,582</td></tr> <tr><td>1</td><td>4,00</td><td>1,184</td><td>0,0118</td><td>0,0305</td><td>1,551</td></tr> <tr><td>1</td><td>8,00</td><td>2,367</td><td>0,0512</td><td>0,1322</td><td>1,450</td></tr> <tr><td>1</td><td>16,00</td><td>4,734</td><td>0,1430</td><td>0,3692</td><td>1,213</td></tr> <tr><td>2</td><td>8,00</td><td>2,367</td><td>0,1377</td><td>0,3556</td><td>1,226</td></tr> <tr><td>2</td><td>16,00</td><td>4,734</td><td>0,1478</td><td>0,3815</td><td>1,200</td></tr> <tr><td>2</td><td>32,00</td><td>9,469</td><td>0,2095</td><td>0,5410</td><td>1,041</td></tr> </tbody> </table>						C A R G A						Ciclo	Carga	Esfuerzo	Lect.	H/Hs	Relación vacíos		Kg.	Kg/cm <sup>2</sup>	pulg.	pulg/pulg	e=e <sub>v</sub> - H/Hs	1	0,50	0,148	0,0000	0,0000	1,582	1	1,00	0,296	0,0000	0,0000	1,582	1	2,00	0,592	0,0000	0,0000	1,582	1	4,00	1,184	0,0118	0,0305	1,551	1	8,00	2,367	0,0512	0,1322	1,450	1	16,00	4,734	0,1430	0,3692	1,213	2	8,00	2,367	0,1377	0,3556	1,226	2	16,00	4,734	0,1478	0,3815	1,200	2	32,00	9,469	0,2095	0,5410	1,041
C A R G A																																																																													
Ciclo	Carga	Esfuerzo	Lect.	H/Hs	Relación vacíos																																																																								
	Kg.	Kg/cm <sup>2</sup>	pulg.	pulg/pulg	e=e <sub>v</sub> - H/Hs																																																																								
1	0,50	0,148	0,0000	0,0000	1,582																																																																								
1	1,00	0,296	0,0000	0,0000	1,582																																																																								
1	2,00	0,592	0,0000	0,0000	1,582																																																																								
1	4,00	1,184	0,0118	0,0305	1,551																																																																								
1	8,00	2,367	0,0512	0,1322	1,450																																																																								
1	16,00	4,734	0,1430	0,3692	1,213																																																																								
2	8,00	2,367	0,1377	0,3556	1,226																																																																								
2	16,00	4,734	0,1478	0,3815	1,200																																																																								
2	32,00	9,469	0,2095	0,5410	1,041																																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="6">D E S C A R G A</th> </tr> <tr> <th>Ciclo</th> <th>carga</th> <th>Esfuerzo</th> <th>Lect.</th> <th>H/Hs</th> <th>Relación vacíos</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Kg.</th> <th>Kg/cm<sup>2</sup></th> <th>pulg.</th> <th>pulg/pulg</th> <th>e=e<sub>v</sub>- H/Hs</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>8,00</td><td>2,367</td><td>0,1431</td><td>0,3694</td><td>1,212</td></tr> <tr><td>1</td><td>4,00</td><td>1,184</td><td>0,1345</td><td>0,3472</td><td>1,235</td></tr> <tr><td>2</td><td>16,00</td><td>4,734</td><td>0,2090</td><td>0,5396</td><td>1,042</td></tr> <tr><td>2</td><td>8,00</td><td>2,367</td><td>0,2089</td><td>0,5393</td><td>1,042</td></tr> <tr><td>2</td><td>4,00</td><td>1,184</td><td>0,2085</td><td>0,5383</td><td>1,043</td></tr> <tr><td>2</td><td>2,00</td><td>0,592</td><td>0,2080</td><td>0,5370</td><td>1,045</td></tr> <tr><td>2</td><td>1,00</td><td>0,296</td><td>0,2060</td><td>0,5318</td><td>1,050</td></tr> </tbody> </table>						D E S C A R G A						Ciclo	carga	Esfuerzo	Lect.	H/Hs	Relación vacíos		Kg.	Kg/cm <sup>2</sup>	pulg.	pulg/pulg	e=e <sub>v</sub> - H/Hs	1	8,00	2,367	0,1431	0,3694	1,212	1	4,00	1,184	0,1345	0,3472	1,235	2	16,00	4,734	0,2090	0,5396	1,042	2	8,00	2,367	0,2089	0,5393	1,042	2	4,00	1,184	0,2085	0,5383	1,043	2	2,00	0,592	0,2080	0,5370	1,045	2	1,00	0,296	0,2060	0,5318	1,050												
D E S C A R G A																																																																													
Ciclo	carga	Esfuerzo	Lect.	H/Hs	Relación vacíos																																																																								
	Kg.	Kg/cm <sup>2</sup>	pulg.	pulg/pulg	e=e <sub>v</sub> - H/Hs																																																																								
1	8,00	2,367	0,1431	0,3694	1,212																																																																								
1	4,00	1,184	0,1345	0,3472	1,235																																																																								
2	16,00	4,734	0,2090	0,5396	1,042																																																																								
2	8,00	2,367	0,2089	0,5393	1,042																																																																								
2	4,00	1,184	0,2085	0,5383	1,043																																																																								
2	2,00	0,592	0,2080	0,5370	1,045																																																																								
2	1,00	0,296	0,2060	0,5318	1,050																																																																								

## **Anexo 2: Ensayos de expansión**



**Proyecto:** Subestación  
**Localización:** Km 12 Vía Durán Boliche  
**Perforación:** P - 01  
**Muestra:** 2  
**Profundidad:** 0,55-1,00 m





### GRAVEDAD ESPECIFICA DE SOLIDOS

#### ASTM D 854

<b>Proyecto:</b>	Subestación
<b>Localización:</b>	Km 12 Vía Durán Boliche
<b>Perforación</b>	P - 01
<b>Muestra:</b>	2
<b>Profundidad:</b>	0,55-1,00 m
<b>Solicitado por:</b>	Consortio Isolux-Edemco
<b>Fecha:</b>	24/2/2016

#### Descripción del material:

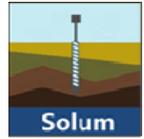
W %	45,0
LL %:	68
IP %:	41
# 200:	99
SUCS:	CH

### DATOS DEL ENSAYO

<b>W<sub>b</sub></b>	Peso del frasco volumétrico vacío y seco	=	115,60	gr
<b>W<sub>bw</sub></b>	Peso del frasco + agua destilada	=	322,10	gr
<b>W<sub>s</sub></b>	Peso de la muestra seca	=	35,5	gr
<b>W<sub>bws</sub></b>	Peso del frasco + agua + muestra seca	=	344,30	gr
<b>T</b>	Temperatura Co	=	27°	
<b>K</b>	Factor de corrección por temperatura	=	0,9965	

$$G_s = \frac{K * W_s}{W_{bw} + W_s - W_{bws}} = 2,66$$

<b>Laboratorista:</b> Luis Laínez	<b>Verificado por:</b> Ing. Teresa Armas F	<b>Observaciones:</b>
--------------------------------------	---	-----------------------



**RESULTADOS DE ENSAYO DE EXPANSION  
NORMA ASTM D 4546-90**

Proyecto: Subestación  
Localización: Km 12 Vía Durán Boliche  
Perforación: P - 01  
Muestra: 2  
Profundidad: 0,55-1,00 m

Fecha: 30-11-16

Gravedad Específica	G	2,66 gr/cm <sup>3</sup>	Wi	42,43 %
Peso húmedo inicial	W <sub>hi</sub>	67,24 gr.		
Peso húmedo final	W <sub>hf</sub>	71,13 gr.		
Peso seco	W <sub>s</sub>	47,21 gr.		
Peso de agua inicial	W <sub>wi</sub>	20,03 gr.		
Peso de agua final	W <sub>wf</sub>	23,92 gr.		
Volumen de agua	V <sub>w</sub>	20,03 cm <sup>3</sup>	Wf	50,67 %

	47,21		
Volumen de sólidos	Vs= Ws/G=	17,75 cm <sup>3</sup>	
	2,66		
Volumen total	V	40,22 cm <sup>3</sup>	
Volumen de poros	Vv	22,47 cm <sup>3</sup>	
	22,471		
Relación de vacíos		1,266	
	17,749		
	20,030		
Saturación inicial		89,14 %	
	22,471		
	17,749		
Altura de sólidos		0,56 cm.	0,22 pulg.
	31,669		
	22,471	0,71 cm.	0,28 pulg.
Altura de poros		1,27 cm.	0,50 pulg.
	31,669		

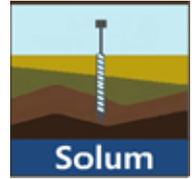
**CARGA**

Ciclo	carga Kg.	Esfuerzo Kg/cm <sup>2</sup>	Lect. pulg.	Volumen total pulg <sup>3</sup>	Relación vacíos e=Vv/Vs
			0,1000		
1	0,49	0,1393	0,0998	2,4555	1,2670
1	0,75	0,2122	0,0998	2,4554	1,2669
1	1,01	0,2879	0,0999	2,4549	1,2665
1	1,49	0,4234	0,1005	2,4519	1,2637
1	2,49	0,7076	0,1040	2,4350	1,2481

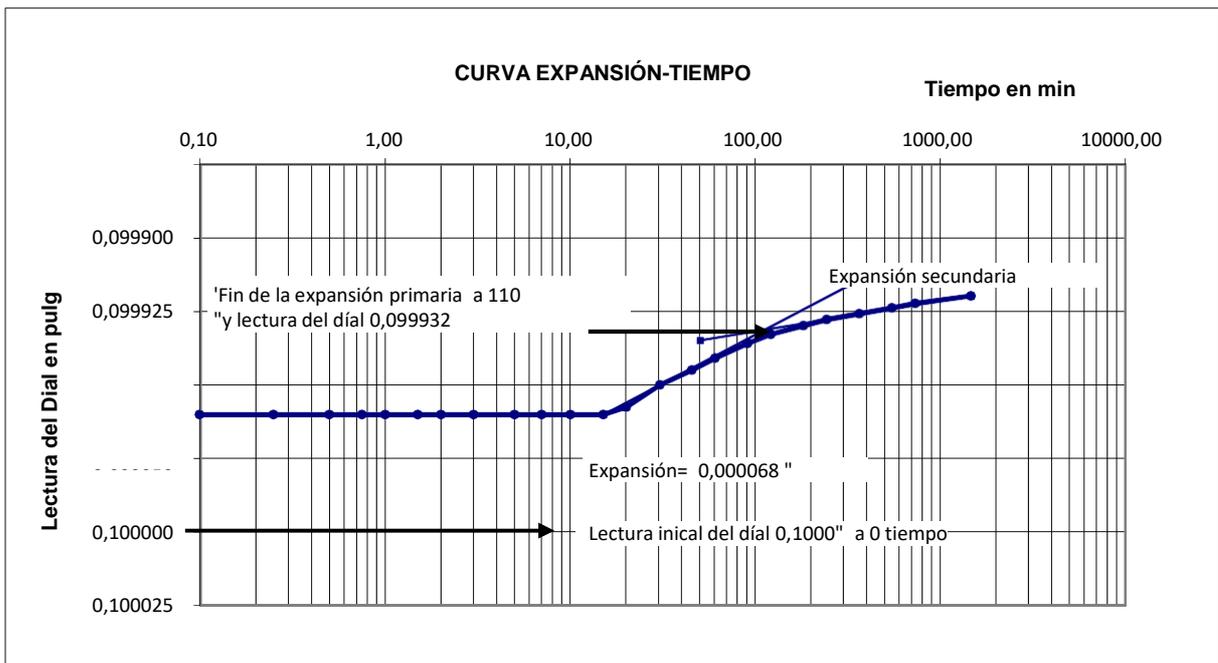
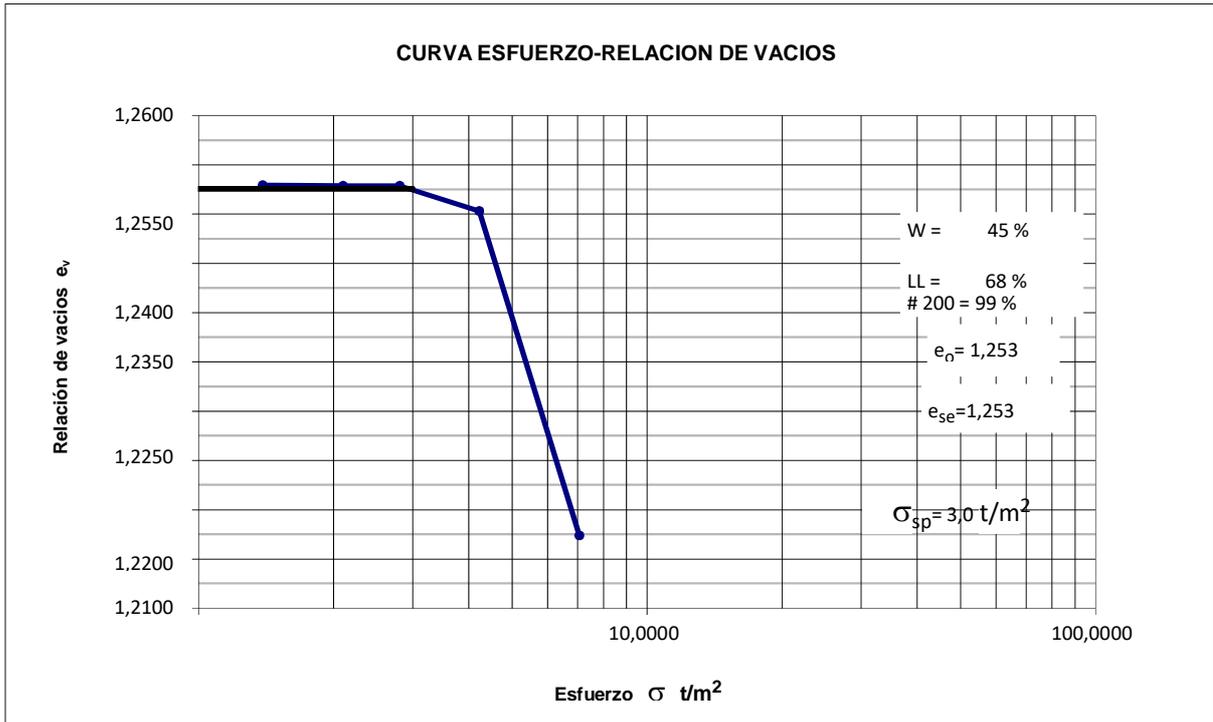
**DESCARGA**

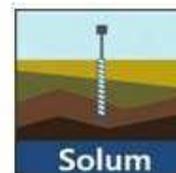
Ciclo	carga Kg.	Esfuerzo Kg/cm <sup>2</sup>	Lect. pulg.	Volumen total pulg <sup>3</sup>	Relación vacíos e=Vv/Vs
1	2,49	0,7076	0,1040	2,4350	1,2481
1	1,49	0,4234	0,1027	2,4411	1,2538
1	1,01	0,2879	0,0999	2,4549	1,2665
1	0,75	0,2122	0,0998	2,4554	1,2669

LECTURA FINAL DE EXPANSION A LAS 24 HORA 0,0998  
% DE EXPANSION: 0,04



**Proyecto:** Subestación  
**Localización:** Km 12 Vía Durán Boliche  
**Perforación:** P - 01  
**Muestra:** 2  
**Profundidad:** 0,55-1,00 m





### GRAVEDAD ESPECIFICA DE SOLIDOS

<b>Proyecto:</b>	Subestación
<b>Localización:</b>	Km 12 Vía Durán Boliche
<b>Perforación</b>	P - 01
<b>Muestra:</b>	2
<b>Profundidad:</b>	0,55-1,00 m
<b>Solicitado por:</b>	Consortio Isolux-Edemco
<b>Fecha:</b>	24/2/2016

#### Descripción del material:

<b>W %</b>	45,0
<b>LL %:</b>	68
<b>IP %:</b>	41
<b># 200:</b>	99
<b>SUCS:</b>	CH

### DATOS DEL ENSAYO

<b>W<sub>b</sub></b>	Peso del frasco volumétrico vacío y seco	=	115,60	gr
<b>W<sub>bw</sub></b>	Peso del frasco + agua destilada	=	321,70	gr
<b>W<sub>s</sub></b>	Peso de la muestra seca	=	39,6	gr
<b>W<sub>bws</sub></b>	Peso del frasco + agua + muestra seca	=	347,10	gr
<b>T</b>	Temperatura Co	=	27°	
<b>K</b>	Factor de corrección por temperatura	=	0,9965	

$$G_s = \frac{K * W_s}{W_{bw} + W_s - W_{bws}} = 2,78$$

<b>Laboratorista:</b> Luis Láinez	<b>Verificado por:</b> Ing. Teresa Armas F	<b>Observaciones:</b>
--------------------------------------	---	-----------------------



## **Anexo 3: Ensayos triaxiales uu**

## ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL DEFORMACION CONTROLADA

PROYECTO **SUB ESTACION DURAN BOLICHE**

UBICACIÓN **KM 12 VÍA DURÁN-BOLICHE**

FECHA **Diciembre del 2016**

SONDEO: **1** MUESTRA: **6**

PROF: **4,50 - 5,00 M.**

Tipo de Ensayo **UU**

Presión de Cámara: **5,0 lb/plg<sup>2</sup>**

Aparato

Esfuerzo de Consolidación:

Altura Inicial: **9,6 cm**

Altura final: **8,9 cm.**

CARGA		DEFORMACION VERTICAL		1 - E	AREA (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Total	NOTAS
DIAL LC-2 0.002mm	Kg 0,2	DIAL LC-8 0.001"	E = AH / H		CORREGIDA A <sub>o</sub> / (1 - E)	Kg/cm <sup>2</sup>	
5,0	1,00	0,015	0,00397	0,99603	18,168	0,05504	ESQUEMA DE LA ROTURA
5,5	1,10	0,030	0,00794	0,99206	18,240	0,06031	
6,0	1,20	0,045	0,01191	0,98809	18,314	0,06553	
6,5	1,30	0,060	0,01588	0,98413	18,387	0,07070	
7,0	1,40	0,075	0,01984	0,98016	18,462	0,07583	
8,0	1,60	0,090	0,02381	0,97619	18,537	0,08631	
8,5	1,70	0,105	0,02778	0,97222	18,613	0,09134	
9,0	1,80	0,120	0,03175	0,96825	18,689	0,09631	
9,5	1,90	0,135	0,03572	0,96428	18,766	0,10125	
10,5	2,10	0,150	0,03969	0,96031	18,843	0,11144	
11,0	2,20	0,165	0,04366	0,95634	18,922	0,11627	
11,2	2,24	0,180	0,04763	0,95238	19,000	0,11789	
11,5	2,30	0,195	0,05159	0,94841	19,080	0,12055	
12,0	2,40	0,210	0,05556	0,94444	19,160	0,12526	
12,2	2,44	0,225	0,05953	0,94047	19,241	0,12681	
12,5	2,50	0,240	0,06350	0,93650	19,323	0,12938	
12,8	2,56	0,255	0,06747	0,93253	19,405	0,13193	
13,0	2,60	0,270	0,07144	0,92856	19,488	0,13342	
14,0	2,80	0,285	0,07541	0,92459	19,571	0,14307	
16,0	3,20	0,300	0,07938	0,92063	19,656	0,16280	
15,0	3,00	0,315	0,08334	0,91666	19,741	0,15197	
							CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD
							W <sub>+R</sub> = 46,2    W <sub>O</sub> = 29,9
							W <sub>O</sub> = 29,9    W <sub>R</sub> = 15,5
							W <sub>W</sub> = 16,3    W <sub>S</sub> = 14,4
							W = 113,19 %
							PESO UNITARIO
							W <sub>m</sub> = 227,7 gramos
							V = 173,72 cm <sup>3</sup>
							Ψ = W <sub>m</sub> / V
							Ψ = 1,311 Kg/m <sup>3</sup>
							Operador :
							<b>J.B.</b>
							Calculado por :
							<b>ING. FREDY BANEGAS</b>
							Verificado por:
							<b>ING. VICENTE LEÓN T.</b>



## ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL DEFORMACION CONTROLADA

PROYECTO **SUB ESTACION DURAN BOLICHE**

UBICACIÓN **KM 12 VÍA DURÁN-BOLICHE**

FECHA **Diciembre del 2016**

PERFORACIÓN: **1** MUESTRA: **6**

PROF: **4,50 - 5,00 M.**

Tipo de Ensayo **UU**

Presión de Cámara: **20 lb/plg<sup>2</sup>**

Aparato

Esfuerzo de Consolidación:

Altura Inicial: **9,6 cm**

Altura final: **8,8 cm**

CARGA		DEFORMACION VERTICAL		1 - E	AREA (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Total	NOTAS
DIAL LC-2 0.002mm	Kg 0,2	DIAL LC-8 0.001"	E = AH / H		CORREGIDA A <sub>o</sub> / (1 - E)	Kg/cm <sup>2</sup>	
9,8	1,95	0,015	0,00397	0,99603	18,168	0,10733	ESQUEMA DE LA ROTURA
12,0	2,40	0,030	0,00794	0,99206	18,240	0,13158	
15,0	3,00	0,045	0,01191	0,98809	18,314	0,16381	
17,3	3,45	0,060	0,01588	0,98413	18,387	0,18763	
18,8	3,75	0,075	0,01984	0,98016	18,462	0,20312	
20,3	4,05	0,090	0,02381	0,97619	18,537	0,21848	
21,8	4,35	0,105	0,02778	0,97222	18,613	0,23371	
23,3	4,65	0,120	0,03175	0,96825	18,689	0,24881	
24,8	4,95	0,135	0,03572	0,96428	18,766	0,26378	
25,5	5,10	0,150	0,03969	0,96031	18,843	0,27065	
25,7	5,13	0,165	0,04366	0,95634	18,922	0,27112	
25,9	5,18	0,180	0,04763	0,95238	19,000	0,27236	
26,3	5,25	0,195	0,05159	0,94841	19,080	0,27516	
26,4	5,28	0,210	0,05556	0,94444	19,160	0,27557	
26,6	5,33	0,225	0,05953	0,94047	19,241	0,27675	
26,3	5,25	0,240	0,06350	0,93650	19,323	0,27170	
							CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD
							W <sub>+R</sub> = 74,8    W <sub>O</sub> = 42,8
							W <sub>O</sub> = 42,8    W <sub>R</sub> = 15,3
							W <sub>W</sub> = 32,0    W <sub>S</sub> = 27,5
							W = 116,36 %
							PESO UNITARIO
							W <sub>m</sub> = 236,9    gramos
							V = 173,72    cm <sup>3</sup>
							Ψ = W <sub>m</sub> / V
							Ψ = 1,364    Kg/m <sup>3</sup>
							Operator : <b>J.B.</b>
							Calculado por : <b>ING. FREDY BANEGAS</b>
							Verificado por : <b>ING. VICENTE LEÓN T.</b>
							Observaciones :

## ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL DEFORMACION CONTROLADA RESULTADOS DE ENSAYO

PROYECTO **SUB ESTACION DURAN BOLICHE**

UBICACIÓN **KM 12 VÍA DURÁN-BOLICHE**

FECHA **Diciembre del 2016**

PERFORACIÓN: 1

MUESTRA: 6

PROF: **4,50 - 5,00 M.**

Método de Ensayo: \_\_\_\_\_

Tipo de Ensayo: **UU**

Saturación: \_\_\_\_\_

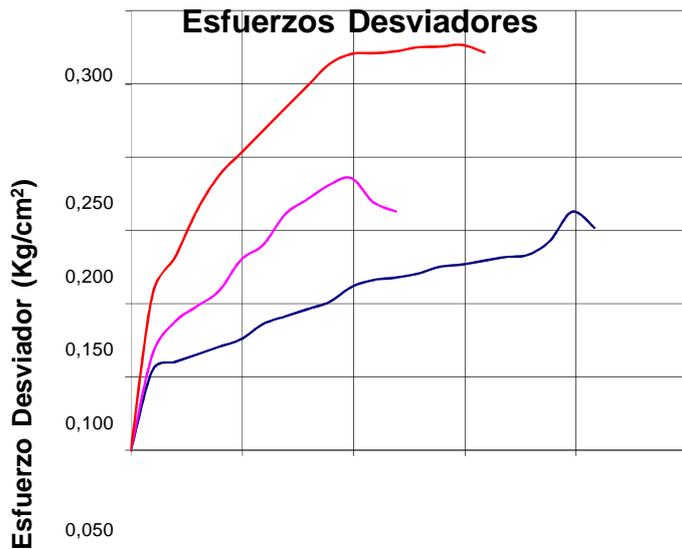
Esfuerzo de Controlado: \_\_\_\_\_ Def. Cont.

Calculado por: \_\_\_\_\_

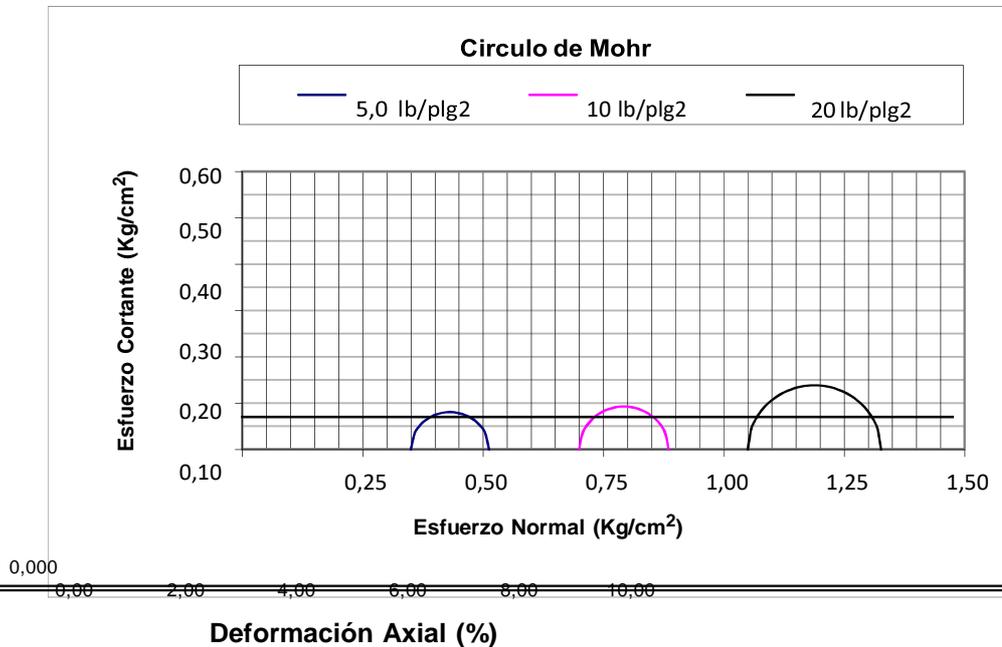
Verificado por: \_\_\_\_\_ Operador:

**Cohesión : ( c ) = 0,090 kg/cm<sup>2</sup>**

**Fricción : ( Ø ) = 0°**



ESFUERZOS		Desviador Max. ( $\sigma_1 - \sigma_3$ )
Principal menor $\sigma_3$		
lb/plg <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
5,00	0,350	0,163
10,00	0,700	0,186
20,00	1,400	0,277
Observaciones:		
ING. MS.c Vicente León Toledo		



## ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL DEFORMACION CONTROLADA

PROYECTO **SUB ESTACION DURAN BOLICHE**

UBICACIÓN **KM 12 VÍA DURÁN-BOLICHE**

FECHA **Diciembre del 2016**

SONDEO: 1 MUESTRA: 9

PROF: **7,55 - 8,00 M.**

Tipo de Ensayo **UU**

Presión de Cámara: **7,0 lb/plg<sup>2</sup>**

Aparato \_\_\_\_\_ Esfuerzo de Consolidación: \_\_\_\_\_

Altura Inicial: **9,6 cm** Altura final: **8,9 cm.**

CARGA DIAL LC-2 0.002mm	Kg 0,2	DEFORMACION VERTICAL		1 - E	AREA (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Total	NOTAS
		DIAL LC-8 0.001"	E = AH / H		CORREGIDA A <sub>o</sub> / (1 - E)	Kg/cm <sup>2</sup>	
3,0	0,60	0,015	0,00397	0,99603	18,168	0,03303	ESQUEMA DE LA ROTURA
5,0	1,00	0,030	0,00794	0,99206	18,240	0,05482	
6,5	1,30	0,045	0,01191	0,98809	18,314	0,07099	
9,0	1,80	0,060	0,01588	0,98413	18,387	0,09789	
11,0	2,20	0,075	0,01984	0,98016	18,462	0,11916	
13,0	2,60	0,090	0,02381	0,97619	18,537	0,14026	
15,0	3,00	0,105	0,02778	0,97222	18,613	0,16118	
16,0	3,20	0,120	0,03175	0,96825	18,689	0,17122	
17,5	3,50	0,135	0,03572	0,96428	18,766	0,18651	
18,5	3,70	0,150	0,03969	0,96031	18,843	0,19635	
19,0	3,80	0,165	0,04366	0,95634	18,922	0,20083	
19,5	3,90	0,180	0,04763	0,95238	19,000	0,20526	
19,8	3,96	0,195	0,05159	0,94841	19,080	0,20755	
19,5	3,90	0,210	0,05556	0,94444	19,160	0,20355	
19,0	3,80	0,225	0,05953	0,94047	19,241	0,19749	
							CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD
							W <sub>+R</sub> = 39,0    W <sub>O</sub> = 22,9
							W <sub>O</sub> = 22,9    W <sub>R</sub> = 7,9
							W <sub>W</sub> = 16,1    W <sub>S</sub> = 15,0
							W = 107,33 %
							PESO UNITARIO
							W <sub>m</sub> = 243,2    gramos
							V = 173,72    cm <sup>3</sup>
							Ψ = W <sub>m</sub> / V
							Ψ = 1,400    Kg/m <sup>3</sup>
							Operador : <b>J.B.</b>
							Calculado por : <b>ING. FREDY BANEGAS</b>
							Verificado por:  <b>ING. VICENTE LEÓN T.</b>

## ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL DEFORMACION CONTROLADA

PROYECTO **SUB ESTACION DURAN BOLICHE**

UBICACIÓN **KM 12 VÍA DURÁN-BOLICHE**

FECHA **Diciembre del 2016**

PERFORACIÓN: 1 MUESTRA: 9

PROF: **7,55 - 8,00 M.**

Tipo de Ensayo **UU**

Presión de Cámara: **14 lb/plg<sup>2</sup>**

Aparato \_\_\_\_\_ Esfuerzo de Consolidación: \_\_\_\_\_

Altura Inicial: **9,6 cm** Altura final: **8,8 cm**

CARGA		DEFORMACION VERTICAL		1 - E	AREA (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo	NOTAS	
DIAL LC-2 0.002mm	Kg 0,2	DIAL LC-8 0.001"	E = AH / H		CORREGIDA A <sub>0</sub> / (1 - E)	Total Kg/cm <sup>2</sup>		
11,0	2,20	0,015	0,00397	0,99603	18,168	0,12109	ESQUEMA DE LA ROTURA	
16,0	3,20	0,030	0,00794	0,99206	18,240	0,17544		
22,0	4,40	0,045	0,01191	0,98809	18,314	0,24026		
28,0	5,60	0,060	0,01588	0,98413	18,387	0,30456		
32,0	6,40	0,075	0,01984	0,98016	18,462	0,34666		
34,0	6,80	0,090	0,02381	0,97619	18,537	0,36683		
34,5	6,90	0,105	0,02778	0,97222	18,613	0,37072		
35,0	7,00	0,120	0,03175	0,96825	18,689	0,37455		
36,0	7,20	0,135	0,03572	0,96428	18,766	0,38368		
35,5	7,10	0,150	0,03969	0,96031	18,843	0,37679		
35,0	7,00	0,165	0,04366	0,95634	18,922	0,36995		
								CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD
								W <sub>+R</sub> = 38,4    W <sub>O</sub> = 23,6
							W <sub>O</sub> = 23,6    W <sub>R</sub> = 10,5	
							W <sub>W</sub> = 14,8    W <sub>S</sub> = 13,1	
							W = 112,98 %	
							PESO UNITARIO	
							W <sub>m</sub> = 244,1 gramos	
							V = 173,72 cm <sup>3</sup>	
							Ψ = W <sub>m</sub> / V	
							Ψ = 1,405 <b>Kg/m<sup>3</sup></b>	
							Operador :	
							<b>J.B.</b>	
							Calculado por :	
							ING. FREDY BANEGAS	
							Verificado por:	

ING. VICENTE LEON T.

Observaciones :

## ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL DEFORMACION CONTROLADA

PROYECTO **SUB ESTACION DURAN BOLICHE**

UBICACIÓN **KM 12 VÍA DURÁN-BOLICHE**

FECHA **Diciembre del 2016**

PERFORACIÓN: 1 MUESTRA: 9 PROF: 7,55 - 8,00 M.

Tipo de Ensayo UU Presión de Cámara: 28 lb/plg<sup>2</sup>

Aparato \_\_\_\_\_ Esfuerzo de Consolidación: \_\_\_\_\_

Altura Inicial: 9,6 cm

Altura final: 8,8 cm

CARGA		DEFORMACION VERTICAL		1 - E	AREA (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Total	NOTAS
DIAL LC-2 0.002mm	Kg 0,2	DIAL LC-8 0.001"	E = AH /H		CORREGIDA A <sub>o</sub> /(1 - E)	Kg/cm <sup>2</sup>	
17,3	3,45	0,015	0,00397	0,99603	18,168	0,18990	ESQUEMA DE LA ROTURA
24,8	4,95	0,030	0,00794	0,99206	18,240	0,27138	
30,0	6,00	0,045	0,01191	0,98809	18,314	0,32763	
34,5	6,90	0,060	0,01588	0,98413	18,387	0,37526	
38,3	7,65	0,075	0,01984	0,98016	18,462	0,41437	
40,5	8,10	0,090	0,02381	0,97619	18,537	0,43696	
42,0	8,40	0,105	0,02778	0,97222	18,613	0,45131	
42,8	8,55	0,120	0,03175	0,96825	18,689	0,45749	
43,1	8,63	0,135	0,03572	0,96428	18,766	0,45961	
43,5	8,70	0,150	0,03969	0,96031	18,843	0,46170	
43,9	8,78	0,165	0,04366	0,95634	18,922	0,46376	
43,5	8,70	0,180	0,04763	0,95238	19,000	0,45788	
							W <sub>+R</sub> = 25,3    W <sub>O</sub> = 18,0
							W <sub>O</sub> = 18,0    W <sub>R</sub> = 11,3
							W <sub>W</sub> = 7,3    W <sub>S</sub> = 6,7
							W = 108,96 %
							PESO UNITARIO
							W <sub>m</sub> = 243,8 gramos
							V = 173,72 cm <sup>3</sup>
							Ψ = W <sub>m</sub> / V
							Ψ = 1,403 Kg/m <sup>3</sup>
							Operador : <b>J.B.</b>
							Calculado por : ING. FREDY BANEGAS
							Verificado por: ING. VICENTE LEÓN T.

Observaciones :

## ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL DEFORMACION CONTROLADA RESULTADOS DE ENSAYO

PROYECTO **SUB ESTACION DURAN BOLICHE**

UBICACIÓN **KM 12 VÍA DURÁN-BOLICHE**

FECHA **Diciembre del 2016**

PERFORACIÓN: 1 MUESTRA: 9 PROF: 7,55 - 8,00 M.

Método de Ensayo: \_\_\_\_\_

Tipo de Ensayo: **UU**

Saturación: \_\_\_\_\_

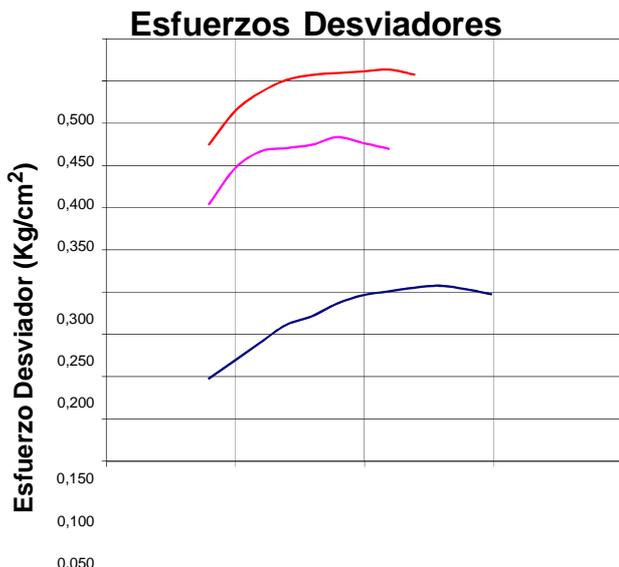
Esfuerzo de Controlado: \_\_\_\_\_ Def. Cont.

Calculado por: \_\_\_\_\_

Verificado por: \_\_\_\_\_ Operador:

Cohesión : ( c ) = **0,19 kg/cm<sup>2</sup>**

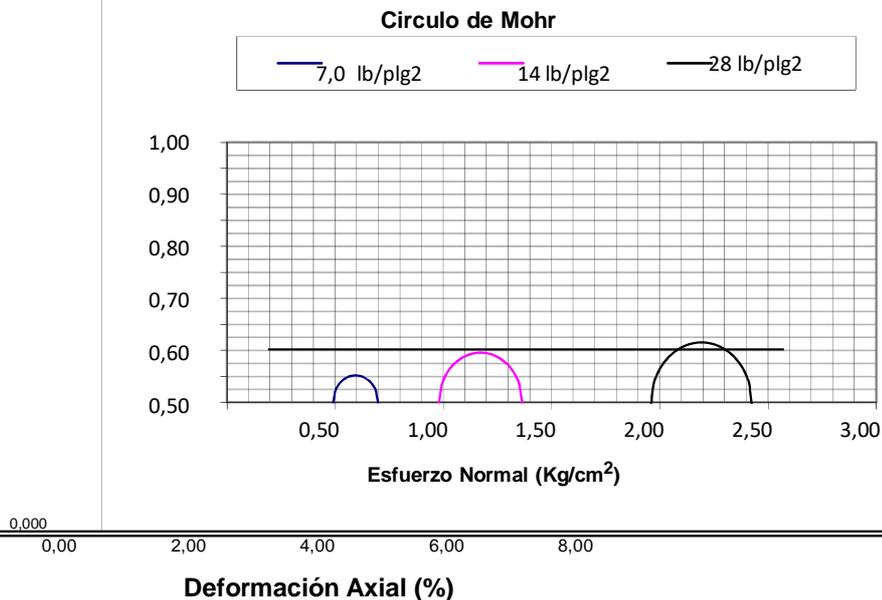
Fricción : ( Ø ) = **0°**



ESFUERZOS		Desviador Max.
Principal menor $\sigma_3$		
		( $\sigma_1 - \sigma_3$ )
lb/plg <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
7,00	0,490	0,208
14,00	0,980	0,384
28,00	1,960	0,464

Observaciones:

ING. MS.c Vicente León Toledo



## ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL DEFORMACION CONTROLADA

PROYECTO **SUB ESTACION DURAN BOLICHE**

UBICACIÓN **KM 12 VÍA DURÁN-BOLICHE**

FECHA **Diciembre del 2016**

SONDEO: **1**

MUESTRA: **16**

PROF: **14,55 - 15,00 M.**

Tipo de Ensayo **UU**

Presión de Cámara: **5,0 lb/plg<sup>2</sup>**

Aparato

Esfuerzo de Consolidación:

Altura Inicial: **9,6 cm**

Altura final: **8,9 cm.**

CARGA		DEFORMACION VERTICAL		1 - E	AREA (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Total	NOTAS		
DIAL LC-2 0.002mm	Kg 0,2	DIAL LC-8 0.001"	E = AH / H		CORREGIDA	Kg/cm <sup>2</sup>			
					A <sub>o</sub> / (1 - E)				
8,1	1,62	0,015	0,00397	0,99603	18,168	0,08917	ESQUEMA DE LA ROTURA		
12,2	2,43	0,030	0,00794	0,99206	18,240	0,13322			
14,9	2,97	0,045	0,01191	0,98809	18,314	0,16217			
18,2	3,65	0,060	0,01588	0,98413	18,387	0,19823			
20,3	4,05	0,075	0,01984	0,98016	18,462	0,21937			
22,3	4,46	0,090	0,02381	0,97619	18,537	0,24033			
25,0	5,00	0,105	0,02778	0,97222	18,613	0,26837			
26,3	5,27	0,120	0,03175	0,96825	18,689	0,28172			
27,0	5,40	0,135	0,03572	0,96428	18,766	0,28776			
29,0	5,81	0,150	0,03969	0,96031	18,843	0,30807			
29,7	5,94	0,165	0,04366	0,95634	18,922	0,31393		CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD	
30,4	6,08	0,180	0,04763	0,95238	19,000	0,31973			W <sub>+R</sub> = 43,1    W <sub>O</sub> = 32,6
31,7	6,35	0,195	0,05159	0,94841	19,080	0,33255			W <sub>O</sub> = 32,6    W <sub>R</sub> = 11,8
32,4	6,48	0,210	0,05556	0,94444	19,160	0,33820			W <sub>W</sub> = 10,5    W <sub>S</sub> = 20,8
33,1	6,62	0,225	0,05953	0,94047	19,241	0,34380		W = 50,48 %	
33,8	6,75	0,240	0,06350	0,93650	19,323	0,34933			
34,4	6,89	0,255	0,06747	0,93253	19,405	0,35481		PESO UNITARIO	
35,1	7,02	0,270	0,07144	0,92856	19,488	0,36023			W <sub>m</sub> = 304,8 gramos
35,8	7,16	0,285	0,07541	0,92459	19,571	0,36558		V = 173,72 cm <sup>3</sup>	
36,5	7,29	0,300	0,07938	0,92063	19,656	0,37088		Ψ = W <sub>m</sub> / V	
37,1	7,43	0,315	0,08334	0,91666	19,741	0,37612	Ψ = 1,755 Kg/m <sup>3</sup>		
37,8	7,56	0,330	0,08731	0,91269	19,827	0,38130			
38,5	7,70	0,345	0,09128	0,90872	19,913	0,38643			
39,2	7,83	0,360	0,09525	0,90475	20,001	0,39149			
39,8	7,97	0,375	0,09922	0,90078	20,089	0,39649	Operador : <b>J.B.</b>		
40,5	8,10	0,390	0,10319	0,89681	20,178	0,40143			
41,2	8,24	0,405	0,10716	0,89284	20,267	0,40632			
41,9	8,37	0,420	0,11113	0,88888	20,358	0,41114			
41,2	8,24	0,435	0,11509	0,88491	20,449	0,40271	Calculado por : <b>F.B.B.</b>		
							Verificado por: <b>ING. VICENTE LEÓN T.</b>		



## ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL DEFORMACION CONTROLADA

PROYECTO **SUB ESTACION DURAN BOLICHE**

UBICACIÓN **KM 12 VÍA DURÁN-BOLICHE**

FECHA **Diciembre del 2016**

PERFORACIÓN: **1** MUESTRA: **16**

PROF: **14,55 - 15,00 M.**

Tipo de Ensayo **UU**

Presión de Cámara: **20 lb/plg<sup>2</sup>**

Aparato

Esfuerzo de Consolidación:

Altura Inicial: **9,6 cm**

Altura final: **8,8 cm**

CARGA		DEFORMACION VERTICAL		1 - E	AREA (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Total	NOTAS
DIAL LC-2 0.002mm	Kg 0,2	DIAL LC-8 0.001"	E = AH / H		CORREGIDA A <sub>o</sub> / (1 - E)	Kg/cm <sup>2</sup>	
11,2	2,24	0,015	0,00397	0,99603	18,168	0,12330	ESQUEMA DE LA ROTURA
15,2	3,04	0,030	0,00794	0,99206	18,240	0,16666	
18,4	3,68	0,045	0,01191	0,98809	18,314	0,20094	
21,6	4,32	0,060	0,01588	0,98413	18,387	0,23494	
26,4	5,28	0,075	0,01984	0,98016	18,462	0,28599	
30,4	6,08	0,090	0,02381	0,97619	18,537	0,32799	
33,6	6,72	0,105	0,02778	0,97222	18,613	0,36104	
36,8	7,36	0,120	0,03175	0,96825	18,689	0,39382	
38,4	7,68	0,135	0,03572	0,96428	18,766	0,40925	
41,6	8,32	0,150	0,03969	0,96031	18,843	0,44153	
44,0	8,80	0,165	0,04366	0,95634	18,922	0,46508	
45,6	9,12	0,180	0,04763	0,95238	19,000	0,47999	
47,2	9,44	0,195	0,05159	0,94841	19,080	0,49476	
49,6	9,92	0,210	0,05556	0,94444	19,160	0,51774	
51,2	10,24	0,225	0,05953	0,94047	19,241	0,53220	
52,0	10,40	0,240	0,06350	0,93650	19,323	0,53823	
52,8	10,56	0,255	0,06747	0,93253	19,405	0,54420	
54,4	10,88	0,270	0,07144	0,92856	19,488	0,55830	
55,2	11,04	0,285	0,07541	0,92459	19,571	0,56409	
56,0	11,20	0,300	0,07938	0,92063	19,656	0,56981	
56,8	11,36	0,315	0,08334	0,91666	19,741	0,57546	
58,4	11,68	0,330	0,08731	0,91269	19,827	0,58910	
59,2	11,84	0,345	0,09128	0,90872	19,913	0,59458	
60,0	12,00	0,360	0,09525	0,90475	20,001	0,59998	
60,8	12,16	0,375	0,09922	0,90078	20,089	0,60531	
62,4	12,48	0,390	0,10319	0,89681	20,178	0,61851	
63,2	12,64	0,405	0,10716	0,89284	20,267	0,62366	
64,0	12,80	0,420	0,11113	0,88888	20,358	0,62875	
64,4	12,88	0,435	0,11509	0,88491	20,449	0,62986	
64,8	12,96	0,450	0,11906	0,88094	20,541	0,63093	
65,6	13,12	0,465	0,12303	0,87697	20,634	0,63584	
66,0	13,20	0,480	0,12700	0,87300	20,728	0,63682	
66,2	13,25	0,495	0,13097	0,86903	20,823	0,63623	
66,4	13,28	0,510	0,13494	0,86506	20,918	0,63485	
66,8	13,36	0,525	0,13891	0,86109	21,015	0,63575	
67,2	13,44	0,540	0,14288	0,85713	21,112	0,63661	
68,0	13,60	0,555	0,14684	0,85316	21,210	0,64120	
68,8	13,76	0,570	0,15081	0,84919	21,309	0,64573	
68,0	13,60	0,585	0,15478	0,84522	21,409	0,63524	

CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD  
 $W_{+R} = 31,5$      $W_O = 26,5$   
 $W_O = 26,5$      $W_R = 15,67$   
 $W_W = 5,0$      $W_S = 10,8$

$W = 46,17$  %

PESO UNITARIO  
 $W_m = 312,1$  gramos  
 $V = 173,72$  cm<sup>3</sup>  
 $\Psi = W_m / V$

$\Psi = 1,797$  Kg/m<sup>3</sup>

Operador : **J.B.**

Calculado por :  
**ING. FREDY BANEGAS**

Verificado por:  
**ING. VICENTE LEÓN T.**

Observaciones :

## ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL DEFORMACION CONTROLADA RESULTADOS DE ENSAYO

PROYECTO **SUB ESTACION DURAN BOLICHE**

UBICACIÓN **KM 12 VÍA DURÁN-BOLICHE**

FECHA **Diciembre del 2016**

PERFORACIÓN: 1 MUESTRA: **16** PROF: **14,55 - 15,00 M.**

Método de Ensayo: \_\_\_\_\_

Tipo de Ensayo: **UU**

Saturación: \_\_\_\_\_

Esfuerzo de Controlado: \_\_\_\_\_

Def. Cont. \_\_\_\_\_

Calculado por: \_\_\_\_\_

Verificado por: \_\_\_\_\_

Operador: \_\_\_\_\_

**Cohesión : ( c ) = 0,28 kg/cm<sup>2</sup>**

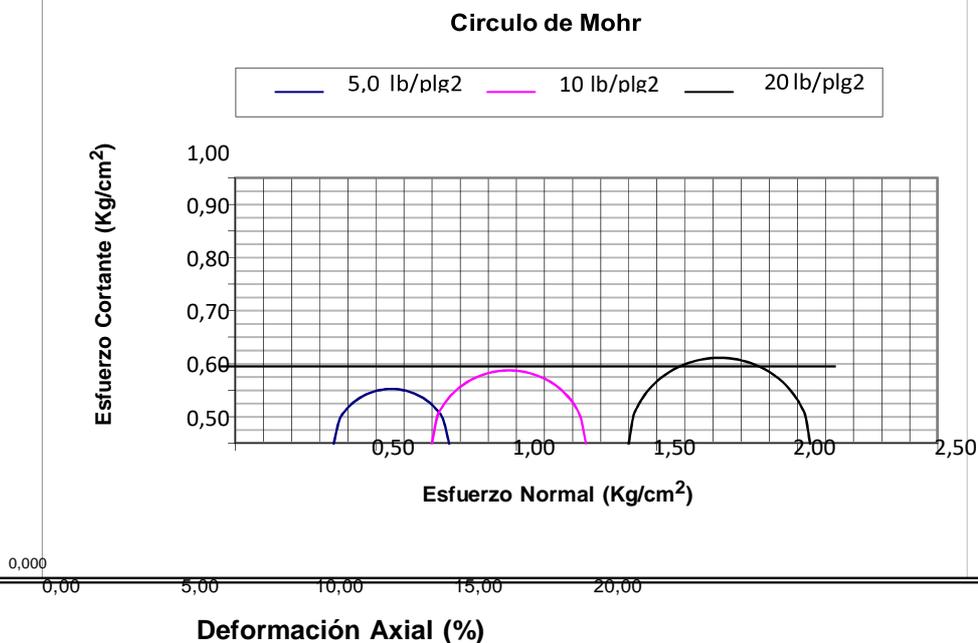
**Fricción : ( Ø ) = 0°**



ESFUERZOS		
Principal menor $\sigma_3$		Desviador Max
$(\sigma_1 - \sigma_3)$		
lb/plg <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
5,00	0,350	0,411
10,00	0,700	0,548
20,00	1,400	0,646

Observaciones:

ING. MS.c Vicente León Toledo



## **Anexo 4: Caculo de la magnitud y velocidad de asentamientos**

**CÁLCULO DE LA MAGNITUD Y VELOCIDAD DE LOS ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN PRIMARIA DEL SUBSTRATO COMPRESIBLE EN LA SUBESTACIÓN DE CELEC EP, UBICADA EN LA VÍA DURÁN BOLICHE DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS.**

**Asentamientos por el relleno entre 0.0m y 16.50m de profundidad:**

**Datos:**

$$\begin{aligned}q_d &= 5.0 \text{ Ton/m}^2 \\CR &= 0.20 \\H &= 16.5 \text{ m} \\N.F. &= 1.2 \text{ m} \\\gamma_{pro} &= 1.5 \text{ Ton/m}^3\end{aligned}$$

$$\sigma'_{vo} = 8.25 (1.5) - 7.05 = 5.325 \text{ Ton/m}^2$$

$$OCR = \sigma'_{vm} / \sigma'_{vo} = 1 \text{ (normalmente consolidado)}$$

$$\sigma'_{vf} = \sigma'_{vo} + q_d = 10.325 \text{ Ton/m}^2$$

$$\rho_c = \Sigma H (CR \log_{10} \sigma'_{vf} / \sigma'_{vo}) \cong 95.0 \text{ cm}$$

**Asentamientos por el relleno entre 16.50m y 35.50m de profundidad:**

**Datos:**

$$\begin{aligned}q_d &= 5.0 \text{ Ton/m}^2 \\RR &= 0.02 \\H &= 19.0 \text{ m} \\N.F. &= 1.2 \text{ m} \\\gamma_{pro} &= 1.5 \text{ Ton/m}^3\end{aligned}$$

$$\sigma'_{vo} = 26.0 (1.5) - 24.8 = 14.2 \text{ Ton/m}^2$$

$$OCR = \sigma'_{vm} / \sigma'_{vo} > 1 \text{ (sobreconsolidado)}$$

$$\sigma'_{vf} = \sigma'_{vo} + q_d = 19.2 \text{ Ton/m}^2$$

$$\rho_c = \Sigma H (RR \log_{10} \sigma'_{vf} / \sigma'_{vo}) \cong 5.0 \text{ cm}$$

### **Velocidad de consolidación primaria entre 0.0m y 35.50m**

#### **Datos:**

$$\begin{aligned} H &= 35.5 \text{ m} \\ H_1 &= 16.5 \text{ m} \\ H_2 &= 19.0 \\ C_{v1} &= 250 \text{ cm}^2/\text{día} \\ C_{v2} &= 825 \text{ cm}^2/\text{día} \end{aligned}$$

$$t_{(95\%)} = T_v H_d^2 / C_v = 1.129 (3550)^2 / 550 = 70 \text{ años}$$

### **Asentamientos de la cimentación del transformador con pilotes entre 25.0m y 45.0m:**

#### **Datos:**

$$\begin{aligned} q_d &= 6.25 \text{ Ton/m}^2 \\ B &= 4.0 \text{ m} \\ L &= 6.0 \text{ m} \\ RR &= 0.02 \\ H &= 20.0 \text{ m} \\ N.F. &= 1.2 \text{ m} \\ \gamma_{pro} &= 1.5 \text{ Ton/m}^3 \end{aligned}$$

$$P = q_d B L = 150.0 \text{ Ton}$$

$$q_{d(0)} = P / (B+h) (L+h) = 6.25 \text{ Ton/m}^2$$

$$q_{d(h/2)} = P / (B+h) (L+h) = 0.70 \text{ Ton/m}^2$$

$$q_{d(h)} = P / (B+h) (L+h) = 0.25 \text{ Ton/m}^2$$

$$q_d = [ q_{d(0)} + 4 q_{d(h/2)} + q_{d(h)} ] / 6 = 1.60 \text{ Ton/m}^2$$

$$\sigma'_{vo} = 35.0 (1.5) - 33.8 = 18.7 \text{ Ton/m}^2$$

$$OCR = \sigma'_{vm} / \sigma'_{vo} > 1 \text{ (sobreconsolidado)}$$

$$\sigma'_{vf} = \sigma'_{vo} + q_d = 20.3 \text{ Ton/m}^2$$

$$\rho_c = \Sigma H (RR \log_{10} \sigma'_{vf} / \sigma'_{vo}) \cong 1.5 \text{ cm}$$

### **Velocidad de consolidación primaria entre 33.50m y 45.0m**

2

#### **Datos:**

$$H_1 = 10.5 \text{ m}$$

$$H_2 = 9.5 \text{ m}$$

$$C_{v1} = 825 \text{ cm}^2/\text{día}$$

$$C_{v2} = 3800 \text{ cm}^2/\text{día}$$

$$t_{(95\%)} = T_v H_d^2 / C_v = 1.129 (2000)^2 / 2200 = 5 \frac{1}{2} \text{ años}$$

## **Anexo 5: Capacidad de carga cimentación profunda**

**Capacidad de Carga de Pilotes de Hormigón Hincados por Suelo**

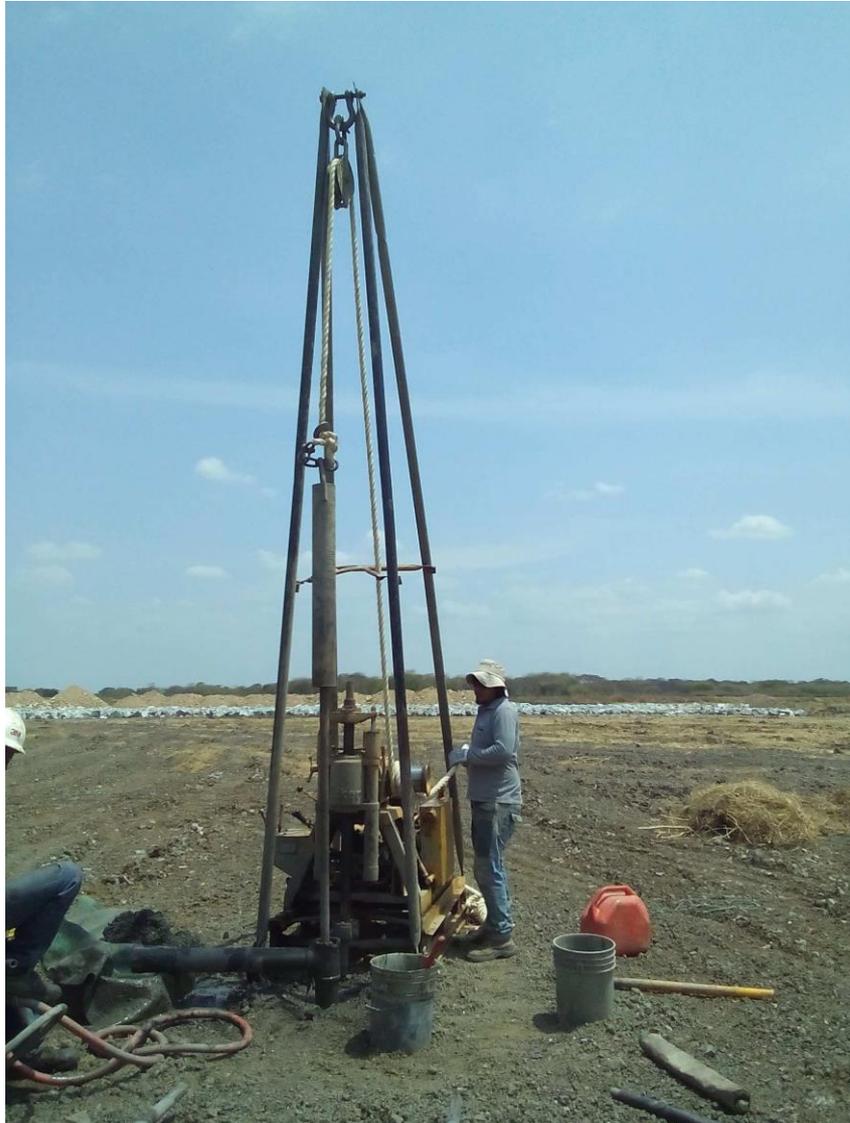
<b>Proyecto:</b>	<b>Subestación Durán - Boliche</b>	<b>N.F. = 1,20 m</b>	<b>H<sub>f</sub> = 2,50 m</b>
<b>Localización:</b>	<b>Vía Durán - Boliche</b>	<b>γ<sub>n</sub> = 1,50 Ton/m<sup>3</sup></b>	<b>γ<sub>f</sub> = 1,80 Ton/m<sup>3</sup></b>
<b>Estructura:</b>	<b>Subestación</b>		<b>I<sub>p</sub> = 60 %</b>
<b>Perforación:</b>	<b>P-01</b>	<b>ER<sub>m</sub>/Ers = 1,00</b>	<b>φ<sub>a</sub> = 25 °</b>
<b>Cota:</b>	<b>---</b>	<b>γ<sub>h</sub> = 2,40 Ton/m<sup>3</sup></b>	<b>δ = 15 °</b>
<b>Coordenadas:</b>	<b>641.570 E 9'755.507 N</b>		<b>k' = 0,58</b>
<b>Fecha:</b>	<b>Diciembre del 2016</b>		<b>L = 39,50</b>
			<b>L<sub>1</sub> = 24,14 m</b>

Estrato m	SUCS	Tipo Suelo	z m	ΔLi m	S <sub>u</sub> Ton/m <sup>2</sup>	N	σ <sub>vo</sub> Ton/m <sup>2</sup>	σ' <sub>vo</sub> Ton/m <sup>2</sup>	N <sub>60</sub>	C <sub>n</sub>	N <sub>1,60</sub>	S <sub>u</sub> /σ' <sub>vo</sub>	α	φ'	β	N <sub>q</sub>	f <sub>u</sub> Ton/m <sup>2</sup>	q <sub>pu</sub> Ton/m <sup>2</sup>	Q <sub>fu</sub> Ton	Q <sub>fn</sub> Ton	Q <sub>pu</sub> Ton			
0,00 - 1,50	CH	1	0,75	1,50	5,00	--	1,13	1,13	--	--	--	4,44	0,34	--	--	--	1,72		0,00	B				
1,50 - 15,50	CH	1	8,50	14,00	--	1	12,75	5,45	1	--	--	0,12	1,00	--	--	--	0,67		0,00	B				
15,50 - 16,50	SC	2	16,00	1,00	--	5	24,00	9,20	5	1,04	5	--	--	29	0,40	--	3,66		0,00	B				
16,50 - 17,50	CH	1	17,00	1,00	--	14	25,50	9,70	14	--	--	0,96	0,51	--	--	--	4,76		0,00	B				
17,50 - 35,50	CL	1	26,50	18,00	--	20	39,75	14,45	20	--	--	0,92	0,52	--	--	--	6,94		499,70	B				
35,50 - 37,00	CH	1	36,25	1,50	--	40	54,38	19,33	40	--	--	1,38	0,46	--	--	--	12,30		73,81	B				
<b>FONDO</b>	<b>37,00</b>	<b>CL</b>	<b>1</b>	<b>37,00</b>	<b>--</b>	<b>40</b>	<b>55,50</b>	<b>19,70</b>	<b>40</b>	<b>--</b>	<b>--</b>							<b>240,00</b>				<b>240,00</b>	<b>B<sup>2</sup></b>	
																			<b>499,70</b>	<b>B</b>	<b>156,98</b>	<b>B</b>	<b>240,00</b>	<b>B<sup>2</sup></b>

**Capacidad de Carga de Pilotes de Hormigón Hincados por Suelo**

Características del Pilote				Capacidad Última		Capacidad Admisible			
B m	A <sub>p</sub> m <sup>2</sup>	L <sub>p</sub> m	W <sub>p</sub> Ton	Compresión Ton	Tracción Ton	Estática		Sísmica	
						Compresión Ton	Tracción Ton	Compresión Ton	Tracción Ton
<b>0,35</b>	0,12	37,00	6,49	149,35	121,41	74,67	40,47	99,57	80,94

## Anexo 6: Perforación P-01



## Anexo 7: Perforación P-02



### Anexo 8: Boliche Perforación P-03



### Anexo 9: Curado de muestras de hormigón



### Anexo 10: Registro de datos de cada cilindro



**Anexo 11: Rotura de cilindros a compresión a los 7 días**



**Anexo 12: Rotura de cilindros a compresión a los 28 días**

