

**PROPUESTA PRELIMINAR Y DISEÑO ESTRUCTURAL ACADEMICO DE UN
ELEMENTO DE UNA CUBIERTA METÁLICA PARA UNA CANCHA
DEPORTIVA EN EL COLEGIO SANTA ISABEL DE HUNGRÍA**

**PRESENTADO POR
FABIAN ANDRES GELVIS MEDINA
ID:000254768**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2018**

**PROPUESTA PRELIMINAR Y DISEÑO ESTRUCTURAL ACADEMICO DE UN
ELEMENTO DE UNA CUBIERTA METÁLICA PARA UNA CANCHA
DEPORTIVA EN EL COLEGIO SANTA ISABEL DE HUNGRÍA**

FABIAN ANDRES GELVIS MEDINA

ID: 000254768

DIRECTOR ACADEMICO

JULIAN ANDRE GALVIS FLOREZ

Ingeniero Civil

DIRECTOR EMPRESARIAL

EDGAR FRANCO PINZON

Arquitecto

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

BUCARAMANGA

2017

Nota de aceptación:

Firma presidente del Jurado

Firma Jurado N°1

Firma Jurado N°2

Bucaramanga septiembre de 2018

DEDICATORIA

A mi hermano José Alejandro Gelvis Medina, por ser motivante principal de todos mis procesos, aquellos que con mucha persistencia se van logrando poco a poco, a él dedico este triunfo, este escalón, en la gran pendiente de la vida.

AGRADECIMIENTOS

Es difícil pensar en personas específicamente cuando el proceso demandó del apoyo de muchos, desde la señora que presta los servicios de aseo en la universidad hasta los profesores que con sus muchas lecciones nos dieron insumos para el mañana, tanto en conocimientos como en lo personal.

A mi supervisor, el ingeniero Julián André Galvis por su gran ayuda, colaboración y por estar involucrado en la guía en cada momento de consulta y soporte en este proyecto.

A mis compañeros de clase: Jaime García, Hugo Parra, Iván Ochoa, sharith castellanos, milena delgado, Andrea Gómez y Maritza parada que fueron pieza clave para avanzar en el proceso y dejar enseñanzas que forjan nuestras vidas.

A William José Herrera que fue el promotor y motivación sustancial para seguir avanzando en la vida como en los estudios, y quien me inculco el bello arte de la lectura. por todas esas horas nocturnas dedicadas al algebra y la tertulia; pero, sobre todo, Por ayudarme a pensar diferente.

A Dery Bastos, Dalia Duarte, Yeiny Duarte, Jhon Jaimes por el apoyo incondicional alrededor del tiempo, por ser columna vertebral de mi formación. Por los regaños y las risas.

A mi madre Maritza Jaime y Yajaira Medina por darme la motivación y fuerza en los momentos más indicados.

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCION.....	13
2	OBJETIVOS	15
2.1	OBJETIVO GENERAL.....	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
3	MARCO TEÓRICO	16
3.1	TOPOGRAFÍA	16
3.2	ESTUDIOS GEOTÉCNICOS:	17
3.2.1	Ensayo de penetración estándar (SPT).....	17
3.2.2	Ensayo Granulométrico.....	19
3.2.3	Coeficiente de uniformidad (Cu).....	20
3.2.4	Límites de Atterberg.....	20
3.2.5	Ensayo de Compresión simple.....	22
3.3	DISEÑO ESTRUCTURAL.....	22
3.4	CUBIERTA METALICA.....	23
3.5	SAP 2000	24
4	DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO	25
4.1	RECONOCIMIENTO DEL LUGAR DE TRABAJO.....	25
4.2	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	26
4.3	PROPUESTA DE MODELOS ARQUITECTÓNICOS PRELIMINARES DE LA CERCHA PARA UNA CUBIERTA METÁLICA.....	28
4.4	REALIZACIÓN DE ESTUDIO DE SUELOS POR EL ENSAYO NORMAL DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO EN LA CANCHA DEL COLEGIO SANTA ISABEL DE HUNGRÍA.....	30
4.4.1	Localización del proyecto.....	30
4.4.2	Características Generales de la Zona:	31
4.4.3	Características Geológicas del Sitio de Estudio.....	31
4.4.4	Características Geotécnicas del Sitio de Estudio.....	32
4.4.5	Exploración Geotécnica:.....	33
4.4.6	Ubicación de los sondeos.....	34
4.4.7	Metodología de exploración:	35

4.4.8	Registro de campo y sondeos.....	35
4.4.9	Perfil geotécnico:.....	39
4.4.10	Efectos locales:.....	41
4.4.11	Ensayos y Resultados de laboratorio:.....	43
4.4.12	Resistencia a la Compresión de suelos:.....	45
4.4.13	Características Geotécnicas:.....	50
4.4.14	Análisis Geotécnico:.....	51
4.4.15	susceptibilidad frente al evento de licuefacción.....	57
4.4.16	Posibilidades de suelos expansivos.....	60
4.5	ANÁLISIS DE CERCHA Y CORREA TÍPICA, PARA LA CUBIERTA METÁLICA DE LA CANCHA DEL COLEGIO SANTA ISABEL DE HUNGRÍA, ANTE-CARGAS GRAVITACIONALES ÚNICAMENTE, MEDIANTE SOFTWARE SAP 2000.	63
4.5.1	Características de la cubierta metálica.....	64
4.5.2	Montaje de la estructura en el programa SAP 2000.	66
4.5.3	Análisis de cargas.....	67
4.6	Presupuesto.....	80
4.6.1	Análisis de precios unitarios.....	80
5	RESULTADOS.....	81
6	APORTE AL CONOCIMIENTO.....	83
7	CONCLUSIONES.....	84
8	BIBLIOGRAFÍA.....	86
9	ANEXOS.....	87
9.1	Registro fotográfico (elaboración propia).....	87
9.2	Tablas de granulometría.....	93
9.3	Límite de ATTERBERG.....	96
9.4	Compresión simple.....	99
9.5	Planos de la cercha estructural.....	104

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1 :Cancha deportiva.....	25
Imagen 2: Gradas aisladas.....	25
Imagen 3: Estación Topográfica.....	26
Imagen 4: Toma de coordenadas con GPS.....	27
Imagen 5: Levantamiento topográfico.....	27
Imagen 6: modelo 1 de cubierta.....	28
Imagen 7: modelo 2 de cubierta.....	28
Imagen 8: modelo 3 de cubierta.....	28
Imagen 9: modelo 4 de cubierta.....	28
Imagen 10: modelo guía para realización de cercha.....	29
Imagen 11: Ejes de modelo de cubierta definitiva.....	29
Imagen 5: Ubicación del sitio de estudio, Colegio Santa Isabel de Hungría.....	33

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: profundidad y coordenadas por exploración de sondeos.....	35
Tabla 2. Registro de sondeo # 1- Cubierta metálica Colegio santa Isabel de Hungría.	36
Tabla 3. Registro de sondeo # 2- Cubierta metálica Colegio santa Isabel de Hungría.	37
Tabla 4. Registro de sondeo # 3- Cubierta metálica Colegio santa Isabel de Hungría.	38
Tabla 5. Clasificación de los perfiles geotécnicos del suelo tomando la NSR-10. .	39
Tabla 6. Correlaciones para determinar la magnitud de la velocidad de corte Vs. .	39
Tabla 7. Resultados de Vs de cada sondeo en función de la profundidad.	40
Tabla 8. Nivel de amenaza sísmica según valores de Aa y de Av para las ciudades capitales de departamento.....	41
Tabla 9. Valores de Aa y Av correspondientes a la ciudad de Bucaramanga.	42
Tabla 10. Valores de Fa correspondientes a la ciudad de Bucaramanga, para la zona de periodos cortos del espectro.	42
Tabla 11. Valores de Fv correspondientes a la ciudad Bucaramanga, para la zona de periodos intermedios del espectro.	43
Tabla 12. Resultados de Laboratorio por sondeo.	44
Tabla 13. Resultados de ensayo de compresión inconfiada-Sondeo# 1-Muestra 4.	45

Tabla 14. Resultados de ensayo de compresión inconfiada-Sondeo# 1-Muestra 6.	46
Tabla 15. Resultados de ensayo de compresión inconfiada-Sondeo# 2-Muestra 4.	47
Tabla 16. Resultados de ensayo de compresión inconfiada-Sondeo# 3-Muestra 4.	48
Tabla 17. Resultados de ensayo de compresión inconfiada-Sondeo# 3-Muestra 6.	49
Tabla 18. Resumen del valor de qu y cu por cada Sondeo.	49
Tabla 19. Resultados de ensayos de campo SPT, Sondeo 1.	50
Tabla 20. Resultados de ensayos de campo SPT, Sondeo 2.	50
Tabla 21. Resultados de ensayos de campo SPT, Sondeo 3.	51
Tabla 22. Capacidades portantes; ultima, admisible y carga máxima admisible, tomando sondeo 1.	53
Tabla 23. Capacidades portantes; ultima, admisible y carga máxima admisible, tomando sondeo 2.	54
Tabla 24. Capacidades portantes; ultima, admisible y carga máxima admisible, tomando sondeo 2.	54
Tabla 25. Asentamientos inmediatos en la cimentación, información de referencia sondeo 1, y cálculo de capacidad portante.	55
Tabla 26. Asentamientos inmediatos en la cimentación, información de referencia sondeo 2, y cálculo de capacidad portante.	56
Tabla 27. Asentamientos inmediatos en la cimentación, información de referencia sondeo 3, y cálculo de capacidad portante.	56
Tabla 28. Valores orientativos de N _{spt} , Resistencia a Compresión simple y Modulo de Elasticidad de suelos.	57
Tabla 29. Clasificación de suelos susceptibles a licuefacción.	59
Tabla 30. Clasificación de los suelos expansivos	60
Tabla 31. Evaluación del potencial de expansión de los suelos.	61
Tabla 32. Evaluación del potencial de expansión de los suelos.	61
Tabla 33. Evaluación del potencial de expansión de los suelos.	61
Tabla 34. Evaluación del potencial de expansión de los suelos.	61
Tabla 35. Evaluación del potencial de expansión de los suelos.	62
Tabla 36. Evaluación del potencial de expansión de los suelos.	62
Tabla 37. Evaluación del potencial de expansión de los suelos.	62
Tabla 38. Evaluación del potencial de expansión de los suelos.	62
Tabla 39: Especificaciones técnicas.	64
Tabla 40: Tubería estructural rectangular	64
Tabla 41: tubería estructural redonda.	65

Tabla 42: Perfiles de Tubería estructural seleccionada.....	65
Tabla 31: Cargas muertas	68
Tabla 32:Cargas vivas mínimas en cubiertas.....	69
Tabla 33: Carga viva.....	69
Tabla 34: Combinaciones de cargas.....	71
Tabla 35: Elementos a compresión y tensión.....	78
Tabla 36: perfiles definitivos.	79
Tabla 37: Presupuesto de los materiales que conforman la cubierta metálica.	80
Tabla 38:precios unitarios.....	80

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:Muestra de suelo extraída con cuchara partida.(SPT)	18
Figura 2: Curva granulométrica.....	19
Figura 3: Cuchara de Casagrande.	20
Figura 4:Rollo de diámetro no mayor a 5 mm	21
Figura 5:muestra en forma cilíndrica.....	22
Figura 6:Estructura metálica curva.	24
Figura 7: Planos de las dimensiones y características de la cancha.....	27
Figura 8:Ubicación de proyecto fuente Google Earth.....	30
Figura 9:Ubicación de los sondeos.	34
Figura 2. Velocidades de onda cortante Vs en función de la profundidad de exploración, valores a partir de N de campo y correlaciones.	40
Figura 3. Resultado de las granulometrías, materiales Sondeo 1, Sondeo 2 y Sondeo 3	43
Figura 4. Límites de consistencia, materiales Sondeo 1, Sondeo 2 y Sondeo 3. ..	44
Figura 5. Criterio recomendado a la susceptibilidad de licuación (Seed and Idrish)	58
Figura 6. Criterio recomendado a la susceptibilidad de licuación (Bray et al 2004).	59
Figura 15.Prototipo de cubierta metálica.....	63
Figura 28: Montaje de cercha	66
Figura 28: Montaje de ejes de cubierta metálica en software AutoCAD.	66
Figura 29: Esquema general de cubierta metálica en SAP 2000.	67
Figura 29: Visualización de cargas muertas.....	68
Figura 29: Visualización de cargas Vivas.....	69
Figura 32: Carga de viento en compresión (Vcx)	70
Figura 33: Carga de viento en succión (Vsx)	70

Figura 34: medida longitudinal de la cubierta.....	72
Figura 36: Estructura completa con la cercha critica.....	73
Figura 37: cercha critica	73
Figura 38: carga muerta.....	74
Figura 39: carga viva	74
Figura 40: carga en compresión (V_{cy})	75
Figura 41: carga en succión (V_{sy})	75
Figura 30. carga en succión (V_{sx})	76
Figura 31. Carga en compresión (V_{cx})	76
Figura 42: Carga axial de la cercha en diagrama.....	77
Figura 43: Numeración de los nodos.	77
Figura 44: Cumplimiento de cargas.	79

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Levantamiento Topográfico	87
Anexo 2: Ensayo de límite de plasticidad.....	92
Anexo 3: Ensayo de límite de líquido.....	92
Anexo 4 : Sondeo 1	93
Anexo 5: Sondeo 2	94
Anexo 6: Sondeo 3	95
Anexo 7: Tablas de límite de Atterberg-sondeo 1	96
Anexo 8: Tablas de límite de Atterberg-sondeo 2	97
Anexo 9: Tablas de límite de Atterberg-sondeo 3	98
Anexo 10: índice de plasticidad	98
Anexo 11: Compresión simple-sondeo 1-muestra 4.....	99
Anexo 12: Compresión simple-sondeo 1-muestra 6.....	100
Anexo 13: Compresión simple-sondeo 2-muestra 4.....	101
Anexo 14: Compresión simple-sondeo 3-muestra 4.....	102
Anexo 15: Compresión simple-sondeo 3-muestra 6.....	103
Anexo 16: Ficha técnica de tubería estructural	103
Anexo 19: Planos de la cercha metálica.	104

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: PROPUESTA PRELIMINAR Y DISEÑO ESTRUCTURAL ACADÉMICO DE UN ELEMENTO DE UNA CUBIERTA METÁLICA PARA UNA CANCHA DEPORTIVA EN EL COLEGIO SANTA ISABEL DE HUNGRÍA

AUTOR(ES): Fabián Andrés Gelvis Medina

PROGRAMA: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR(A): Julián André Galvis Florez

RESUMEN

El presente informe despliega los resultados obtenidos en la práctica social realizada en convenio con la facultad de ingeniería civil de la Universidad Pontificia Bolivariana y el colegio Santa Isabel de Hungría ubicado en el municipio de Floridablanca, llevando a cabo las labores preliminares concernientes a un levantamiento topográfico de la zona donde está ubicada la cancha deportiva del plantel y sus alrededores por los métodos de radiación topográfica, así mismo un estudio de suelos haciendo exploraciones del sub-suelo por el método SPT o ensayo de penetración estándar, así como también recolección de muestras que fueron analizadas en laboratorios especializados para tener una caracterización clara de las propiedades del material y así mismo en conjunto se elaboró un diseño estructural académico de una cubierta tipo metálica el que conllevaba realizar los respectivos planos en un software y presentando propuestas de diferentes modelos de cubiertas mediante la modelación estructural con la ayuda de programas como SAP 2000 y AutoCAD.

PALABRAS CLAVE:

Levantamiento topográfico, Radiación topográfica, sub-suelo, penetración estándar, diseño cercha tipo

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: PRELIMINARY PROPOSAL AND STRUCTURAL DESIGN ACADEMIC OF AN ELEMENT OF A COVERING METAL FOR A SPORTS FIELD AT THE ST. ELIZABETH OF HUNGARY SCHOOL

AUTHOR(S): Fabián Andrés Gelvis Medina

FACULTY: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR: Julián André Galvis Florez

ABSTRACT

This report displays the results obtained in the social practice carried out in agreement with the Faculty of civil engineering of the Bolivarian Pontifical University and at the St. Elizabeth of Hungary School located in the municipality of Floridablanca, carrying out preliminary work concerning the topographic survey of the area where is located the sports field of the campus and surrounding areas, these surveys carried out by the methods of radiation topographic, likewise a study of soils making explorations of the sub-soil by the SPT method or penetration test standard, also collecting samples that were analyzed in specialized laboratories to have a clear characterization of the properties of the material and altogether was an academic structural design of a metal like cover that entailed perform the respective planes on a software and presenting proposals for different models of covers by the structural modeling, all this with the help of software such as SAP 2000 and AutoCAD

KEYWORDS:

Topographic surveys, radiation topographic, sub-soil, standard penetration, design truss type

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

1 INTRODUCCION

Este informe tiene como finalidad sustentar y argumentar un periodo de práctica social que se realizó durante un tiempo de seis (6) meses llevada a cabo en el colegio Santa Isabel de Hungría, municipio de Floridablanca, Santander Colombia en conjunto con la universidad pontificia bolivariana (Bucaramanga). donde se Realizaron estudios y diseños preliminares como ejercicio académico para lo que sería la construcción de una cubierta metálica para una cancha deportiva en el interior del colegio, haciendo uso de nuestras capacidades como estudiantes de ingeniería civil, basándose en estudios de suelos, topográficos, software de modelamiento y utilización de laboratorios, para brindar las primeras fases de lo que en un futuro será la construcción de la estructura, aclarando y enfatizando que no se debe tomar como un diseño definitivo.

En el actual informe se proporcionará un desglose de las diferentes actividades llevadas a cabo para tener un punto de partida en la construcción de una cubierta metálica en las cuales se encontrarán las primeras fases de un proyecto constructivo.

En el localizamos la visita al proyecto para caracterizar la zona y visualizar puntos relevantes para la construcción, el levantamiento Topográfico del lote o área aferente del proyecto, seguidamente se mostraran el proceso manual para hacer una exploración del sub-suelo con el ensayo de penetración estándar (SPT), extrayendo muestras representativas que luego son llevadas a laboratorio donde se evidencian procesos para formular y determinar datos que nos ayudan a estimar capacidad portante del suelo y sus dimensiones de cimentación, de igual manera se presentan unas propuestas de varios diseños arquitectónicos de cubiertas metálicas de las cuales se escoge una representativa, la cual se hace el análisis y caracterización en programas de diseño como AutoCAD y el análisis estructural de una cercha y correa tipo en el programa Sap 2000, proporcionando tipo de perfiles y dimensiones de los elementos estructurales para crear un elemento estable que cumpla con los requerimientos mínimos impuestos por la norma para construcciones de este tipo.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar una propuesta preliminar y académica sobre estudios de ingeniería civil, para la construcción de una cubierta metálica en una cancha deportiva en la institución educativa santa Isabel de Hungría.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Apoyar y Realizar estudios de suelos y topografía respectivamente, para identificar las propiedades geotécnicas y características topográficas del lugar de forma estrictamente académica.
- Presentar propuestas arquitectónicas de los diferentes modelos o tipos de cubiertas metálicas que podríamos analizar y de esta forma concordar una que se adecúe al colegio santa Isabel de Hungría como a los estudiantes.
- Plantear el diseño estructural como ejercicio académico de una cercha y correa tipo, para la cubierta metálica en acero propuesta ante cargas gravitacionales y de viento.

3 MARCO TEÓRICO

Dado que la mira central de este análisis hace referencia a los diferentes procesos y conceptos que se deben tener en cuenta a la hora de hacer un proyecto de construcción en Colombia según la normativa NSR-10, se expone una vista general de algunos parámetros que sirvan como ejes conceptuales sobre los que apoyar la lectura interpretativa del lector sobre estudios en el área de la ingeniería civil, procurando mantener el orden en que son llevados estos procesos, podemos empezar hablando de la topografía, área importante para cualquier proyecto, estudios de suelos, análisis estructurales y manejo de software.

3.1 TOPOGRAFÍA

La topografía esta aplicada a la descripción detalla de la superficie de un terreno, por medio de medidas de distancias horizontales y verticales entre puntos y objetos sobre la superficie terrestre, realiza mediciones de ángulos y distancias en extensiones de terreno en lo suficientemente reducidas para poder despreciar el efecto de curvatura, después de obtener coordenadas de puntos, elevaciones, áreas y volúmenes, se plasma en un plano, la realidad vista en campo, en el ámbito rural o natural, de la superficie del terreno. (A. Torres, 2001)

En la topografía existen dos actividades importantes que son el trazo y el levantamiento topográfico. El trazo es el procedimiento operacional que tiene como finalidad el replanteo sobre el terreno de las condiciones establecidas en un plano; y el levantamiento comprende las operaciones necesarias para la obtención de datos para ser representados en un plano.

El levantamiento topográfico es el estudio técnico y descriptivo de un terreno, se encarga de inspeccionar la superficie cuidadosamente teniendo en cuenta las características físicas, geográficas de un terreno. Todas las mediciones realizadas en un levantamiento topográfico deben ser representadas gráficamente y en forma precisa. Generalmente los planos topográficos son utilizados para la elaboración de algún proyecto, por lo que es necesario plasmar en ellos y en forma resumida la mayor información posible, como las coordenadas, distancias, cotas, entre otras.

Para realizar un levantamiento topográfico se debe tener equipos que miden ángulos, desniveles, distancias y coordenadas ,con el equipo de estación total incorporado a un teodolito se puede llevar a cabo los distintos tipos de medidas, ya que, con esta, se puede calcular a tiempo real distancias, elevaciones o desniveles de distintos puntos. (Alcántara, 2014).

3.2 ESTUDIOS GEOTÉCNICOS:

Los estudios geotécnicos son el conjunto de trabajos de exploración, muestreo, análisis, cálculo e interpretación necesario para conocer con la precisión suficiente las características geológicas y geotécnicas de un terreno. El estudio de suelos permite conocer las propiedades físicas y mecánicas del suelo, y su composición estratigráfica, es decir las capas o estratos de diferentes características que lo componen en profundidad, y la ubicación de niveles freáticos.

Las características de un terreno se determinan mediante una serie de actividades, a continuación, se mencionarán de manera general algunos de los ensayos básicos que debe contener un estudio de suelos.

3.2.1 Ensayo de penetración estándar (SPT).

El ensayo de penetración estándar fue desarrollado por Terzagui a finales de la década de los 20, es el ensayo más económico y común para obtener información geotécnica del suelo.

Este ensayo se realiza en el fondo de una perforación, el cual consiste en hincar un toma muestras de tubo partido, es un tipo de prueba de penetración dinámica, empleada para ensayar terrenos en los que se quiere realizar un reconocimiento geotécnico. Este ensayo consiste en dejar caer una pesa de SPT desde una altura determinada sobre un cabezote de la tubería de perforación y se registra el número de golpes aplicado, para cada una de las marcaciones hechas sobre el tubo de perforación, generalmente son de 15 cm cada marcación. No se tienen en cuenta la perforación de 100 cm, puesto que es el de penetración inicial al terreno. Se suman los golpes aplicados para que penetre el tubo en el primer, segundo y tercer marcación, obteniéndose así el valor de "N". Se lleva a la superficie la cuchara partida y se abre; debe registrarse su peso y describir sus características en cuanto a color y uniformidad. (INVIAS, Ensayo Normal de Penetración (SPT) y muestreo de suelos con tubo partido.E-111-13, 2013)

Figura 1: Muestra de suelo extraída con cuchara partida. (SPT)



Fuente. Elaboración Propia.

3.2.1.1 *Terminos aplicables según la Norma I.N.V.E-111-13*

Cabezote: Pieza cilíndrica que la pesa golpea y a través del cual se transmite la energía al tubo de perforación.

Tubo de perforación: Empleados para transmitir hasta abajo, la fuerza y el giro a la broca de perforación, mientras se perfora los sondeos.

Martillo o pesa: Es la que se deja caer sucesivamente sobre el cabezote, este proporciona la energía necesaria para efectuar el muestreo y penetración.

Valor de N: Cuenta el número de golpes que representa la resistencia a la penetración del tubo partido en el suelo.

Tubo partido: Es donde se recopila la muestra obtenida de la perforación.

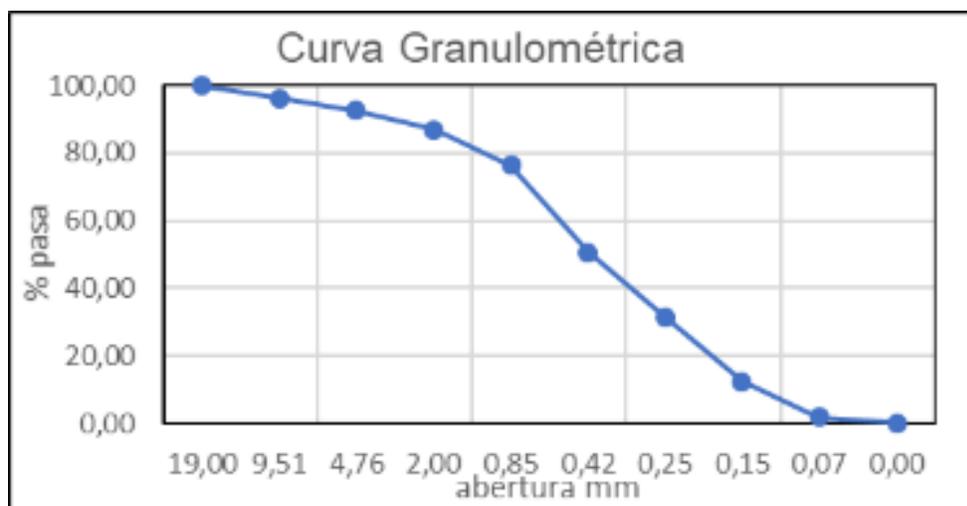
3.2.2 Ensayo Granulométrico.

Esta separación se realiza por medio de una prueba de tamizado con lavado por la malla N° 200, después de realizado este, el material se seca, para finalmente realizar con él el cribado a través de una serie de tamices en orden decreciente de aberturas. En función de granulometría y su composición los suelos se pueden clasificar en:

- *Gravas*: Con tamaño de grano entre 80 mm y 4,75 mm. Son las que quedan retenidas en el tamiz No.4, sus granos son observables.
- *Arenas*: Son las partículas que pasa el tamiz No. 4 de tamaño entre 4,75 mm y 0,075.
- *Limos*: Con partículas comprendidas entre 0,075 mm y 0,002 mm, son partículas de grano finos con poca o ninguna plasticidad.
- *Arcilla*: Sus partículas son inferiores a 0,002 mm, son partículas de tamaño gel y están formadas por minerales silicatados.
- *Materia orgánica*: está constituida por materias de descomposición, tienen una alta capacidad de absorción y retención de agua.

Los resultados se presentan en forma de curva en la cual en el eje horizontal se coloca la abertura del tamiz y en el eje vertical el porcentaje de material que pasa por cada malla. (Juarez Badillo, 2005)

Figura 2: Curva granulométrica



Fuente: Elaboración Propia.

3.2.3 Coeficiente de uniformidad (Cu).

Se utiliza para evaluar la uniformidad del tamaño de partículas de un suelo y se expresan:

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

D_{60} : Tamaño tal, que el 60%, en peso, del suelo sea igual o menor.

D_{10} : tamaño tal, que sea igual o mayor que el 10%, en peso, del suelo

En donde los suelos con $Cu < 3$ se consideran muy uniformes.

3.2.4 Límites de Atterberg.

Los límites de consistencia o límites de Atterberg se utilizan para caracterizar el comportamiento en los suelos finos, es importante realizar este estudio para poder determinar el rango de humedades dentro del cual el suelo se comporta plásticamente.

3.2.4.1 El límite líquido (LL)

Sobre la copa Casagrande se coloca una capa de la muestra que se desea estudiar, haciéndole una ranura con la ayuda de una espátula sobre la capa, el material a utilizar debe ser pasado por la malla N° 40, se cierra con 25 golpes. Después de haber obtenido una muestra con humedad óptima, se toma una pequeña muestra para ser depositada en un recipiente y llevarlo al horno. obteniendo así los datos para calcular el peso del material seco y el contenido de agua, para finalmente calcular el límite líquido. (INVIAS, Determinación de Límite Líquido de los suelos I.N.V.E-125-13, 2013)

Figura 3: Cuchara de Casagrande.



Fuente: Elaboración Propia.

3.2.4.2 *El límite plástico (LP).*

El límite plástico de un suelo es el contenido más bajo de agua, cuando se presenta un comportamiento plástico, indica que el suelo acepta deformaciones sin romperse y solo presentara agrietamientos.

Este ensayo corresponde a la humedad para la cual un rollo de diámetro no mayor a 5 mm elaborado con una pequeña porción de material que fue pasada por la malla N° 40, y ser rolados consecutivamente sobre una placa de vidrio, el contenido de agua empieza a disminuir hasta que este se agrieta. se depositan los rollitos a un recipiente, para ser llevados al horno. Obteniendo así el contenido de humedad. (INVIAS, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos I.N.V.E-126-13, 2013).

Figura 4:Rollo de diámetro no mayor a 5 mm



Fuente: Elaboración Propia.

3.2.4.3 *Índice de plasticidad (IP).*

El índice de plasticidad de un suelo es el tamaño del intervalo de contenido de agua, expresando como un porcentaje de la masa seca de suelo, dentro del cual el material está en un estado plástico.

Un Índice de plasticidad bajo, como por ejemplo del 5%, significa que un pequeño incremento en el contenido de humedad del suelo, lo transforma de semisólido a la condición de líquido, es decir resulta muy sensible a los cambios de humedad. Por el contrario, un índice de plasticidad alto, como por ejemplo del 20%, indica que para que un suelo pase del estado semisólido al líquido, se le debe agregar gran cantidad de agua. (Crespo Villalaz, 2004).

3.2.5 Ensayo de Compresión simple.

El ensayo de compresión no confinada o ensayo de compresión simple, este ensayo nos permite determinar la resistencia o esfuerzo ultimo de un suelo cohesivo a la compresión no confinada, mediante la aplicación de una carga axial con control de deformación y utilizando una muestra de suelo en forma cilíndrica, se procede a ensayar la muestra, mientras más se acerque la muestra a la falla, se debe observar continuamente para detectar los posibles grietas, al fallar completamente la muestra se toma el cilindro ensayado y se lleva al horno, para determinar el contenido de agua. Después de realizar el procedimiento anterior se realiza los cálculos correspondientes a los diferentes esfuerzos, según los datos observados, calculado con áreas corregidas y dibujando un diagrama esfuerzo-deformación. (Juarez Badillo, 2005)

Figura 5:muestra en forma cilíndrica.



Fuente: Elaboración Propia.

3.3 DISEÑO ESTRUCTURAL

Un diseño estructural consiste en determinar las dimensiones y características de los elementos de una estructura para que esta cumpla ciertas funciones con grado de seguridad razonable, es preciso conocer las relaciones que existen entre las características de los elementos de una estructura, las cargas que debe soportar y los efectos que dicha carga produce sobre la estructura, la condición más importante que debe cumplir un diseño es que la estructura resultante sea suficientemente resistente. Dentro de los diseños estructurales existen las cubiertas o techos. (E.Gustin, 1980)

3.4 CUBIERTA METALICA

Una cubierta metálica es la combinación de piezas o partes estructurales destinada a la transmisión de fuerzas estáticas, unidos entre sí por sus extremos, de manera que forman un armazón rígido de diversas formas.

La armadura de una cubierta metálica está constituida por miembros formando triángulos o grupos de triángulos. El propósito de las armaduras de techo es servir de apoyo a una cubierta para protegerse contra los elementos naturales como de la lluvia, nieve, viento y además tienen la función de soportar su peso propio. Una estructura metálica puede ser trianguladas, rectas y curvas, para su elección depende de ciertos detalles como el tipo de cubierta, el clima, iluminación, cargas y la necesidad del cliente. Las separaciones laterales dependen de la clase de material para la cubierta, las luces de las estructuras y condiciones de cimentación. La armadura metálica puede ser apoyada en muros de concreto, o en columnas de acero o de concreto reforzado, ellas se fijan por sus extremos a estos muros o columnas con pernos de anclaje.

Los materiales estructurales de acero, se considera de gran resistencia, poco peso, facilidad de fabricación y otras propiedades diversas como unir diferentes miembros por medio de soldaduras o pernos, también tienen la posibilidad de fabricación de los miembros y rapidez de montaje. A continuación, se mencionarán algunas propiedades de este material.

Alta resistencia: La alta resistencia del acero por unidad de peso implica que será relativamente bajo el peso de las estructuras.

Uniformidad: Las propiedades del acero no se alteran con el tiempo, y no varían con la localización en los elementos estructurales.

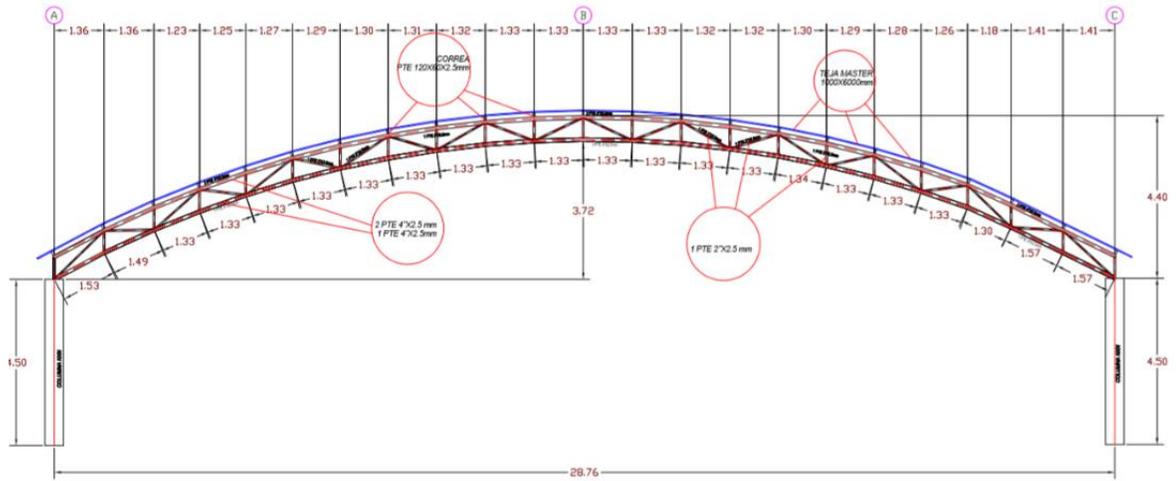
Elasticidad: El acero se acerca a un comportamiento linealmente elástico, hasta alcanzar esfuerzos considerables.

Durabilidad: Si el mantenimiento de las estructuras de acero es adecuado durarán por mucho tiempo.

Ductilidad: El acero permite soportar grandes deformaciones sin fallar bajo esfuerzos de tensión altos, ayudando que las fallas sean más evidentes.

Tenacidad: Los aceros estructurales poseen resistencia y ductilidad, además tienen la capacidad de absorber grandes cantidades de energía en deformación. (C.McCormac, 2012)

Figura 6: Estructura metálica curva.



Fuente: Elaboración Propia.

3.5 SAP 2000

El programa SAP2000 está conformado por elementos finitos, con interfaz gráfico 3D orientado a objetos, además realiza de forma totalmente integrada, la modelación, el análisis y dimensionamiento de puentes, edificios, estadios, presas, estructuras industriales, estructuras marítimas y todo tipo de infraestructura que necesite ser analizadas y dimensionadas.

También es posible en el programa de SAP 2000 generar automáticamente cargas de sismo, viento y vehículos, y posteriormente, hacer el dimensionamiento y comprobación automática de estructuras de hormigón armado, perfiles metálicos, y de aluminio, a través de las normativas europeas, americanas, canadienses, turcas, Indias, chinas, y otras. (GruntsWork, 2018)

4 DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO

La práctica social y los procesos descritos a continuación se llevará a cabo en el colegio Santa Isabel de Hungría, municipio de Floridablanca, Santander Colombia en conjunto con la universidad pontificia bolivariana (seccional Bucaramanga). En un periodo de duración de 6 meses, donde se realizó los respectivos estudios preliminares y diseños académicos para la construcción de una cubierta metálica para una cancha deportiva dentro de la institución, haciendo uso de nuestras capacidades como estudiantes de ingeniería civil, basándose en estudios de suelos, topográficos, software de modelamiento y utilización de laboratorios, para brindar las primeras fases de lo que en un futuro será la construcción de la estructura.

Así mismo se enfatiza que los estudios y diseños que se realizaron en esta práctica son de carácter estrictamente académicos, si se desea llevar a la construcción debe ser revisado por un profesional y hacer los respectivos análisis de estudios y diseño.

A continuación, se presentan los procesos realizados en el orden de su ejecución:

4.1 RECONOCIMIENTO DEL LUGAR DE TRABAJO.

Se realiza la respectiva visita al colegio Santa Isabel de Hungría, de esta manera se identifican las primeras características que el lugar a simple vista especificaba, de igual forma se socializo con las personas del lugar, como la rectora y profesores que con sus años en el plantel proporcionaron aportes importantes, como especificar que cerca del lugar pasa una pequeña quebrada, hecho importante a la hora de caracterizar la geología del terreno de trabajo.

Imagen 1 :Cancha deportiva



Imagen 2: Gradas aisladas



Fuente: Elaboración Propia

4.2 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

La caracterización del área mediante el levantamiento topográfico se llevó a cabo en la cancha de la institución, usando los instrumentos proporcionados por la Universidad Pontificia Bolivariana, tales como estación topográfica, prisma, GPS, decámetros, cuñas y estacas; se contó con el acompañamiento del docente de Topografía Álvaro Patiño de la Universidad Pontificia Bolivariana, el ayudó con los puntos de inicio, referencia y amarre. Se realizó una completa observación de la superficie, se incluyó en el plano las características naturales y artificiales, incluidas los detalles importantes que están alrededor de la cancha, tales como postes, cunetas, sistema de alcantarillado(pozos), arboles, antejardines, pasillos etc. Contiene planimetría, altimetría, perfiles y registros fotográficos.

Imagen 3: Estación Topográfica



Fuente: Elaboración Propia

Imagen 4: Toma de coordenadas con GPS

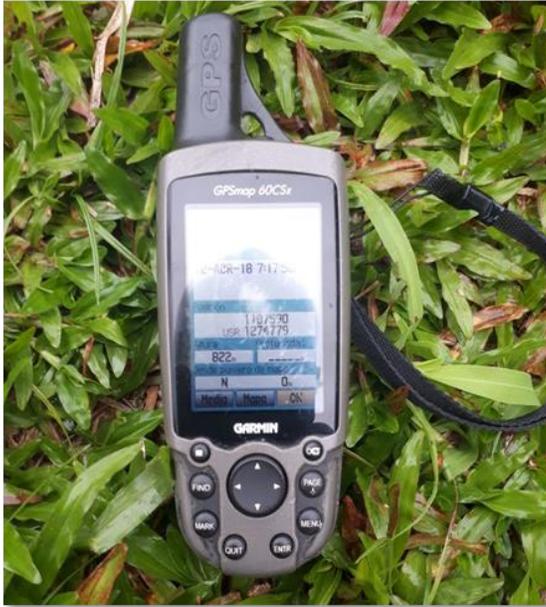
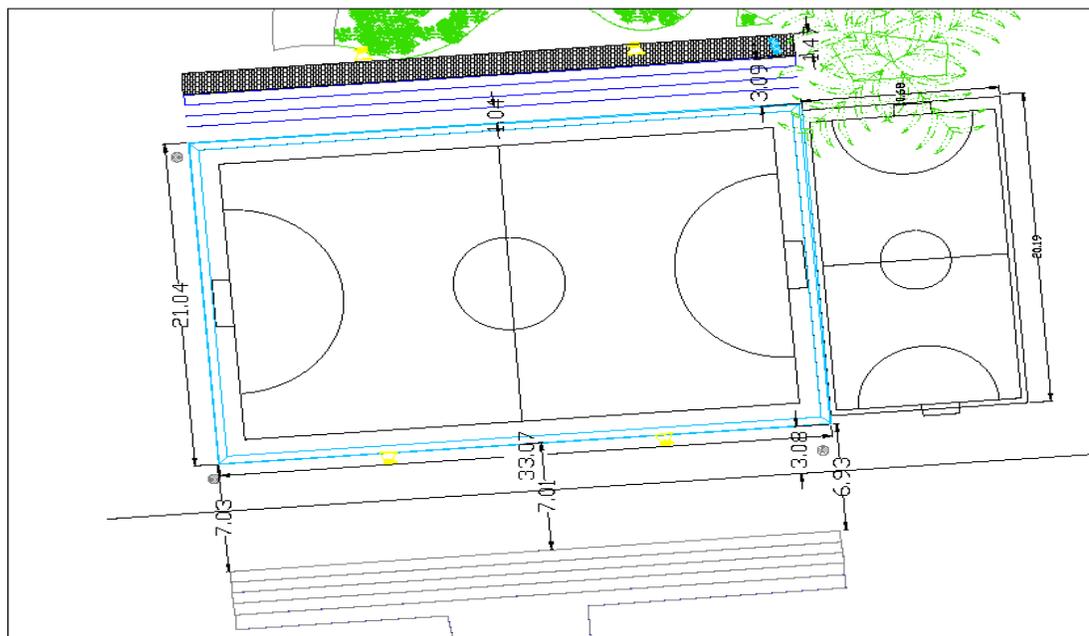


Imagen 5: Levantamiento topográfico



Fuente: Elaboración Propia

Figura 7: Planos de las dimensiones y características de la cancha



Fuente: Exportado desde AutoCAD de elaboración propia.

4.3 PROPUESTA DE MODELOS ARQUITECTÓNICOS PRELIMINARES DE LA CERCHA PARA UNA CUBIERTA METÁLICA.

Después de efectuar una investigación sobre modelos arquitectónicos en cerchas para cubiertas metálicas, se presenta cuatro modelos guía:

Imagen 6: modelo 1 de cubierta



Imagen 7: modelo 2 de cubierta

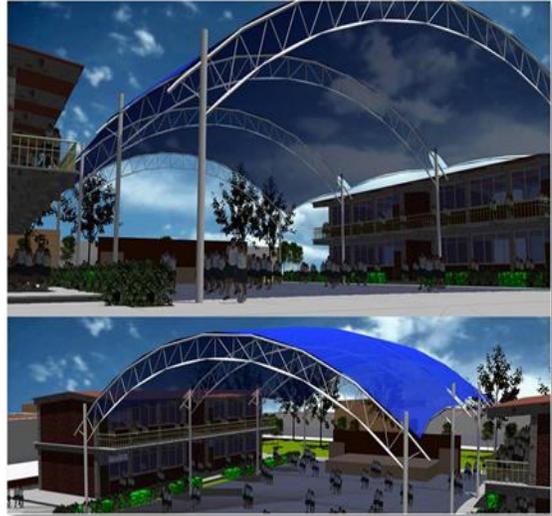


Imagen 8: modelo 3 de cubierta



Imagen 9: modelo 4 de cubierta



Fuente: (Grupo Industrial P y C, 2018), (AC-Ingenieria, 2018)

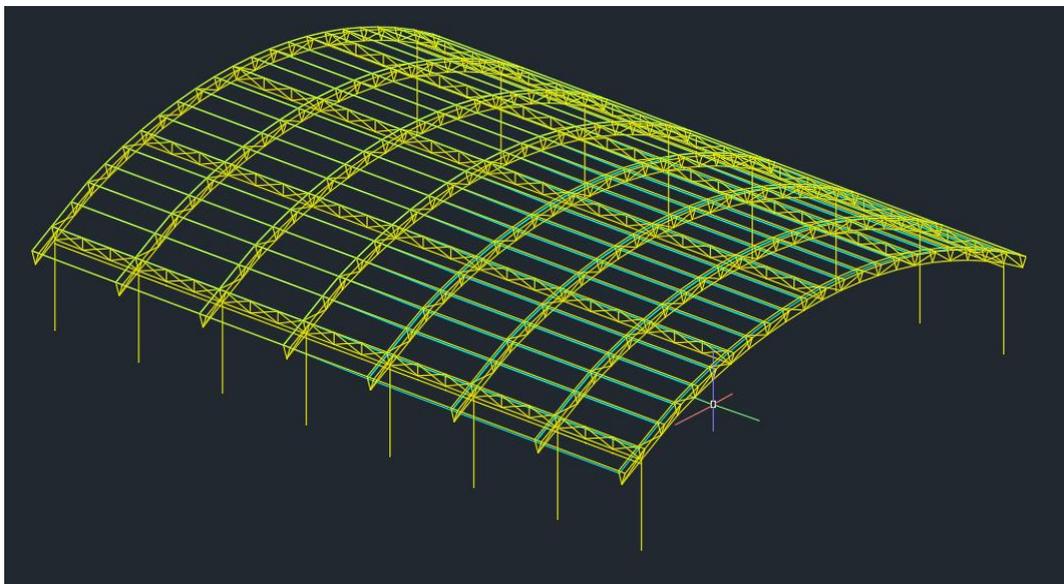
Del cual se selecciona uno con la ayuda del supervisor de práctica, el cual propuso un tipo de cercha o elemento con perfiles metálicos tubulares a dos aguas, con sección triangular tipo cercha, correas rectangulares, además se definió la medida de luz que será de 28 metros, con un voladizo de 1 metro a cada lado para fines de lluvias o iluminación. Se hace necesaria el manejo de programas de presentaciones electrónicas y software de dibujo como AutoCAD.

Imagen 10: modelo guía para realización de cercha



Fuente: (AC-Ingenieria, 2018), (Grupo Industrial P y C, 2018)

Imagen 11: Ejes de modelo de cubierta definitiva



Fuente: Elaboración Propia

4.4 REALIZACIÓN DE ESTUDIO DE SUELOS POR EL ENSAYO NORMAL DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO EN LA CANCHA DEL COLEGIO SANTA ISABEL DE HUNGRÍA

Mediante este método se obtiene muestras alteradas o remoldadas de suelo, apropiadas para determinar el contenido de humedad, realizar identificación y clasificación del suelo (normas INV E-181 e INV E-102), así como otro tipo de ensayo de laboratorios recomendados por muestras que han sufrido una gran deformación por el corte en el momento de su extracción. (Instituto Nacional de Vías N. d., 2012)

4.4.1 Localización del proyecto.

El área de estudio se localiza en el Colegio Santa Isabel de Hungría en el Barrio Villabel, zona urbana de Floridablanca, departamento de Santander, sus coordenadas son: 7°04'41" Norte y 73°06'09" Oeste.

Figura 8: Ubicación de proyecto fuente Google Earth.



Fuente: tomado Google Earth.

4.4.2 Características Generales de la Zona:

El Departamento de Santander está localizado en la región nororiental de Colombia, y ocupa el costado occidental de la Cordillera Oriental, entre los 5° 42´ y 8°08´ de latitud norte y los 72° 26´ y 74° 32´ de longitud al oeste de Greenwich, es decir, se encuentra en las zonas intertropical y ecuatorial. Posee una extensión superficial de 30.537 Km² que corresponde aproximadamente al 3% de la superficie del país.

Santander es uno de los departamentos más montañosos del país y gran parte de su territorio corresponde a la cordillera oriental, donde el relieve es escarpado a moderado; sin embargo, en su extremo occidental posee una amplia zona baja y plana. Representado por dos grandes regiones naturales como lo son la cordillera oriental y el valle medio del Magdalena, cuyas características geomorfológicas muestran contrastes bien marcados. (S.A, 2018)

4.4.3 Características Geológicas del Sitio de Estudio.

Las Unidades Litoestratigráficas más antiguas, de origen metamórfico-ígneo, tipo neis, esquisto, migmatita y pequeños intrusivos de granodiorita, han sido agrupadas dentro del Neis de Bucaramanga (PEb) de edad Precámbrico. Esta unidad, junto con Stocks de composición ácida de edad Jurásico y Triásico (JRcg, TRt) afloran en el bloque montañoso ubicado al nororiente del sistema de fallas Bucaramanga-Santa Marta conformando un gran volumen rocoso conocido con el nombre de Macizo de Santander. Afloramientos de rocas metamórficas del Paleozoico inferior, que conforman la formación Silgará (PDs), aparecen en pequeñas franjas al oriente y suroriente del casco urbano de Piedecuesta, y nororiente de Bucaramanga, asociadas al sistema de fallas Bucaramanga-Santa Marta. Al extremo norte del Área Metropolitana de Bucaramanga afloran también rocas sedimentarias de la formación Floresta (PDf), abarcando una delgada franja de dirección norte sur. Rodeando el perímetro del Área Metropolitana de Bucaramanga, se presentan extensiones notables de rocas sedimentarias clásticas, de edad Jurásico, conformando la formación Jordán (Jj) ubicada al noroccidente de Bucaramanga, norte de Floridablanca y alrededores de Piedecuesta.

La formación Girón (Jg) se ubica principalmente al occidente del Área Metropolitana de Bucaramanga, noroccidente de Piedecuesta y Norte de Floridablanca constituyendo en su mayor parte, el basamento que subyace los depósitos aluviales sobre los cuales está construida la ciudad de Bucaramanga. Otras rocas sedimentarias de edad Triásico hacen parte de la formación Bocas (TRb) que se presenta al norte de Bucaramanga. Rocas sedimentarias Cretácicas de la formación Tambor (Kita) se encuentran al sur y suroccidente del Área Metropolitana de

Bucaramanga. Al norte de Bucaramanga han sido reconocidas dos unidades litológicas, de extensión relativamente pequeña, denominadas formación Diamante (PCd) y formación Tiburón (TRPt). Se trata de rocas calcáreas, de edad Carbonífero y Pérmico respectivamente, utilizadas como materia prima por la industria cementera. Suprayaciendo las rocas anteriores se presentan depósitos detríticos de edad Cuaternaria. Estos son los materiales geológicos más importantes en el estudio de Microzonificación Sísmica, ya que cubren más del 60% del área y sobre estos se encuentra construida gran parte de la ciudad de Bucaramanga y las poblaciones de Girón, Floridablanca y Piedecuesta. Los depósitos Cuaternarios están formados por bloques, cantos, gravas, arenas, limos y arcillas, mezclados en proporciones variables, provenientes en su mayor parte de la acción denudatoria sobre las rocas del Macizo de Santander. Entre estos materiales se destaca el gran depósito de la formación Bucaramanga conformada de base a techo por el miembro Organos (Qbo), miembro Finos (Qbf), miembro Gravoso (Qbg) y miembro Limos Rojos (Qblr). Morfológicamente se observan conos de deyección producidos por flujos de escombros y detritos (Qfe) provenientes del Macizo de Santander, que bajaron a lo largo de los valles de algunos ríos y quebradas, sobre los cuales se encuentran las localidades de Floridablanca y Piedecuesta. Existen también depósitos aluviales (Qal, Qal1 y Qal2), distribuidos de acuerdo a su posición en los valles de los principales ríos, donde se localiza parte de la población de Girón. Localmente se presentan depósitos coluviales de ladera (Ql), la mayoría de pequeña extensión, provenientes en gran parte de fenómenos de remoción en masa o por efectos de la gravedad los cuales se acumulan en las laderas o pié de éstas. Dentro de los fenómenos de remoción en masa se separó la unidad de Deslizamientos (Qd) ubicada en el escarpe norte de Bucaramanga, y de acuerdo a su actividad se dividió en Deslizamientos Activos (Qda) y Deslizamientos Inactivos (Qdi) y por último se separaron las zonas de Llenos Mecánicos (Qllm) y Sanitarios (Qlls), correspondiendo a este último el relleno de basuras del Carrasco. (S.A, 2018)

4.4.4 Características Geotécnicas del Sitio de Estudio.

El proyecto se encuentra ubicado sobre una arena de baja plasticidad de tonalidades café oscuro con pintas rojizas, durante la ejecución de la exploración de campo, se observaron humedades considerables al lado este de la futura construcción como lo es una pequeña quebrada a 10 metros del perímetro de la cancha, los suelos hallados presenta consistencias medias-altas, y plasticidades bajas, se observó un mínimo contenido de nivel freático durante el tercer sondeo, la zona no presenta evidencias de movimientos en masa, inestabilidad de taludes o procesos de remoción que afecten la estabilidad del proyecto, el proyecto se localiza en una zona plana con leve inclinación hacia el este que permite el drenaje de las aguas de forma natural.

Imagen 12: Ubicación del sitio de estudio, Colegio Santa Isabel de Hungría.



Fuente: Elaboración Propia.

Se realizaron ensayos de clasificación; granulometría y límites de Atterberg, de los cuales se puede concluir que el material presente tiene baja compresibilidad, y sus suelos pese a clasificar como materiales arenosos, presentan un buen comportamiento frente a las cargas proyectadas.

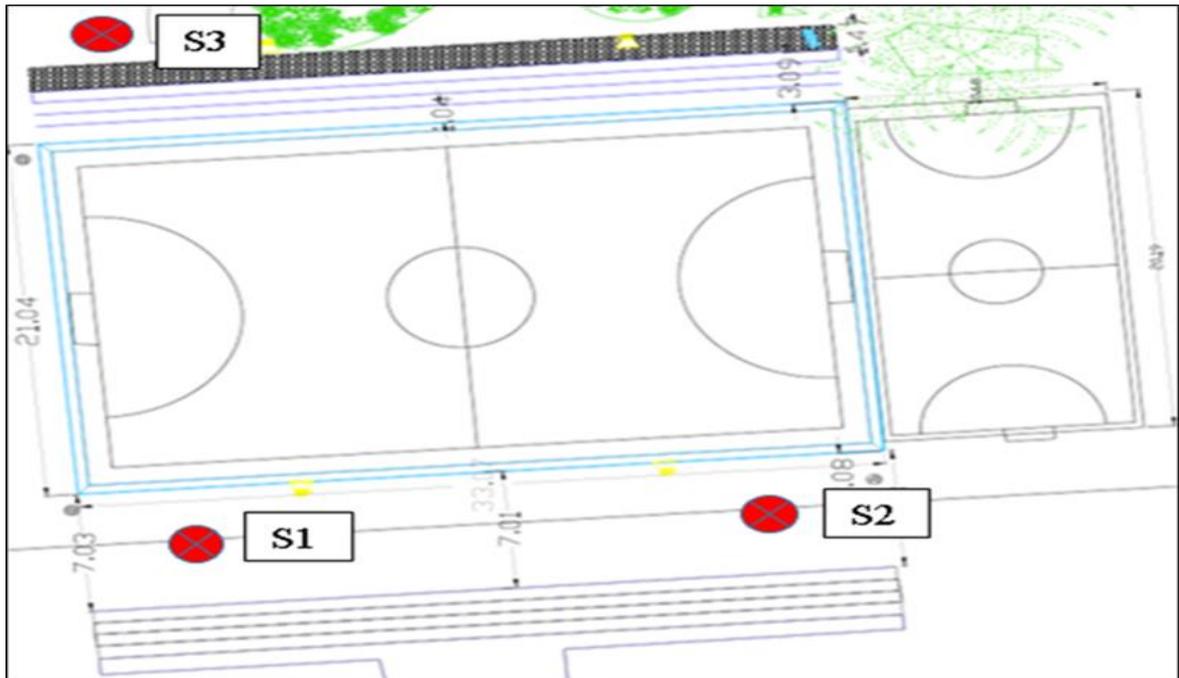
Adicionalmente, se realizaron ensayos de compresión inconfiada, con la finalidad de determinar la resistencia del suelo frente a cargas, de esta manera se conocerá la capacidad portante última del suelo.

4.4.5 Exploración Geotécnica:

Siguiendo con lo establecido en la norma NSR-10, título H, este estudio de suelos se realizó bajo la dirección, supervisión con el criterio del ingeniero Geotecnista, Docente y dos estudiantes de ingeniería civil de décimo semestre de la Universidad Pontificia Bolivariana. La exploración, toma de muestras y ensayos de laboratorio ejecutados, fueron establecidos para la construcción de una cubierta en estructura metálica y se consideran suficientes para determinar la profundidad más adecuada para cimentar este tipo de estructura.

4.4.6 Ubicación de los sondeos.

Figura 9: Ubicación de los sondeos.



Fuente: Elaboración Propia.

Los Sondeos realizados permitieron determinar el tipo de suelos presente bajo la superficie, estos sondeos se realizaron en las zonas adjuntas a la cancha de concreto, proyectando la posible ubicación de la cimentación de una cubierta en estructura metálica, se han realizado dos sondeos en el costado ESTE y un sondeo en el costado OESTE, encontrando que el perfil del suelo en los tres sondeos es muy similar, y las condiciones de resistencia son muy aceptables.

Sondeo 1 (lado este): Este sondeo se realizó el día 7 de mayo del 2018, en el área proyectada que corresponde a la parte este, inferior izquierda en la imagen anterior, a una profundidad de 2.50 metros, los materiales hallados fueron arenas con presencia mínima de finos y gravas desde el inicio del sondeo hasta la profundidad final.

Sondeo 2 (lado este): Este sondeo se realizó el día 7 de mayo del 2018, en el área proyectada que corresponde a la parte este, inferior derecha en la imagen anterior, a una profundidad de 1.60 metros, los materiales hallados fueron arenas con presencia mínima de finos y gravas desde el inicio del sondeo hasta la profundidad final.

Sondeo 3 (lado oeste): Este sondeo se realizó el día 7 de mayo del 2018, en el área proyectada que corresponde a la parte oeste, superior izquierda, en la imagen anterior, a una profundidad de 1.60 metros, los materiales hallados fueron arenas con presencia mínima de finos y gravas desde el inicio del sondeo hasta la profundidad final.

4.4.7 Metodología de exploración:

Se realizaron tres (3) sondeos con profundidades finales de 3.0 metros, todos dentro del área del proyecto, estos sondeos se realizaron con recuperación de muestra en cada 0.45 m.

Tabla 1: profundidad y coordenadas por exploración de sondeos

Sondeos	Norte	Oeste	Profundidad (m)
Sondeo 1	07°4'46.78"	73°6'14.84"	2.12
Sondeo 2	07°4'46.36"	73°6'15.88"	1.60
Sondeo 3	07°4'47.34"	73°6'14.81"	2.45

Fuente: Elaboración Propia.

El equipo empleado: dos ayudantes de obra con herramienta manual, bolsas para toma de muestras.

4.4.8 Registro de campo y sondeos.

Tras la ejecución de la exploración en campo se presenta a continuación el perfil estratigráfico de los sondeos.

Tabla 2. Registro de sondeo # 1- Cubierta metálica Colegio santa Isabel de Hungría.

Proyecto:		ESTUDIO PRELIMINAR Y DISEÑO ESTRUCTURAL ACADÉMICO DE UNA CUBIERTA METÁLICA PARA UNA CANCHA DEPORTIVA EN EL COLEGIO SANTA ISABEL DE					Sondeo: S1		
Fecha Trabajos:		07/05/2018					Profundidad: 0,0-2,50 (metros)		
Coordenadas:		Norte: 07°4'46.78"					Este: 73°6'14.84"		
Profundidad		Muestra #	#Golpes(cm)			N SPT	Descripción Visual	Tipo Muestra	
De	Hasta		15	15	15				
0.00	0.20	1	0	0	0	0	Relleno, material de color marrón con tamaños de grano grueso, presenta leve humedad.(extracción manual)	BL	
0.20	0.73	2	0	0	0	0	relleno, material de color marrón con tamaño de grano fino, presenta leve humedad.(extracción manual)	BL	
0.73	0.92	3	0	0	0	0	arena de color marrón con tamaño de grano fino, presenta leve humedad.(extracción manual)	BL	
0.92	1.37	4	8	8	9	17	Arena -limosa de color café claro, con humedad baja y plasticidad baja , presencia de rocas fragmentadas de color gris claro.	SS	
1.37	1.82	5	7	9	13	22	Arena-limosa de color café oscuro de humedad media y plasticidad baja.	SS	
1.82	2.50	6	12	36	20	50	Arena limosa de color café oscuro con presencia de pequeñas rocas fragmentadas, de humedad media y plasticidad baja.	SS	

Fuente: Elaboración Propia.

Fotografía 1.Marcación de Sondeo.



Fuente: Elaboración Propia.

Fotografía 2.Ejecución de Sondeo.



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3. Registro de sondeo # 2- Cubierta metálica Colegio santa Isabel de Hungría.

Proyecto:		ESTUDIO PRELIMINAR Y DISEÑO ESTRUCTURAL ACADÉMICO DE UNA CUBIERTA METÁLICA PARA UNA CANCHA DEPORTIVA EN EL COLEGIO SANTA					Sondeo: S2	
Fecha Trabajos:		07/05/2018					Profundidad: 0,0-1,60 (metros)	
Coordenadas:		Norte: 07°4' 46.36"					Este: 73°6' 15.88"	
Profundidad		Muestra #	#Golpes(cm)			N SPT	Descripción Visual	Tipo Muestra
De	Hasta		15	15	15			
0.00	0.45	1	0	0	0	0	material de relleno, color marrón con tamaños de grano grueso, presenta leve	BL
0.45	0.73	2	0	0	0	0	material de relleno, color negro con tamaño de grano grueso, presenta leve humedad.	BL
0.73	1.00	3	0	0	0	0	arena de color marrón amarillento con tamaño de grano fino, presenta leve	BL
1.00	1.45	4	6	4	10	14	Limo-arenoso de color café con pintas grises, humedad media, plasticidad baja.	SS
1.45	1.60	5	50	50	50	50	Limo-arenoso de color café oscuro con presencia mínima de gravas , humedad	SS

Fuente: Elaboración Propia.

Fotografía 3. Marcación de Sondeo.



Fuente: Elaboración Propia.

Fotografía 4. Ejecución de Sondeo.



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 4. Registro de sondeo # 3- Cubierta metálica Colegio santa Isabel de Hungría.

Proyecto:		ESTUDIO PRELIMINAR Y DISEÑO ESTRUCTURAL ACADÉMICO DE UNA CUBIERTA METÁLICA PARA UNA CANCHA DEPORTIVA EN EL COLEGIO SANTA ISABEL DE HUNGRÍA					Sondeo: S3	
Fecha Trabajos:		07/05/2018					Profundidad: 0,0-3,0 (metros)	
Coordenadas:		Norte: 07°4' 47.34"					Este: 73°6' 14.81"	
Profundidad		Muestra #	#Golpes(cm)			N SPT	Descripción Visual	Tipo Muestra
De	Hasta		15	15	15			
0.00	0.34	1	0	0	0	0	capa vegetal de color marrón con tamaños de grano grueso, presenta leve humedad.	BL
0.34	0.80	2	0	0	0	0	arena de color amarillo rojizo con tamaño de grano fino, presenta leve humedad.	BL
0.80	1.10	3	0	0	0	0	arena de color amarillo rojizo con gris, tamaño de grano grueso, presenta leve humedad.	BL
1.10	1.55	4	2	9	7	16	Arena arcillosa color rojizo, de humedad alta y plasticidad media.	SS
1.55	2.00	5	3	12	11	23	Arcilla color café oscuro de humedad alta y plasticidad alta, con presencia de nivel	SS
2.00	3.00	6	7	27	28	50	Arcilla color café oscuro de humedad alta y plasticidad alta, aumento de nivel freático.	SS

Fuente: Elaboración Propia.

Fotografía 5. Marcación de Sondeo.



Fuente: Elaboración Propia.

Fotografía 6. Ejecución de Sondeo.



Fuente: Elaboración Propia.

4.4.9 Perfil geotécnico:

A continuación, se presenta el perfil geotécnico tomando como referencia la norma NSR-10; tabla A.2.4-1, donde se establece el perfil geotécnico debajo de la estructura, el suelo presente se clasifica según el tipo de perfil, tomando como referencia, los siguientes parámetros: la velocidad media de la onda de cortante, V_s en m/s, el número medio de golpes del ensayo de penetración estándar, N de campo en golpes/píe a lo largo de todo el perfil y la descripción del suelo.

Tabla 5. Clasificación de los perfiles geotécnicos del suelo tomando la NSR-10.

Tipo de perfil	Descripción	Definición
D	Perfiles de suelos muy densos o raca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360\text{m/s} > \check{V}_s \geq 180\text{ m/s}$
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > \check{N} \geq 15.0$ $100\text{ KPa} (\approx 1\text{ Kgf/cm}^2) > S_u \geq 50\text{ KPa} (\approx 0.5\text{ Kgf/cm}^2)$

Fuente: NRS-capituloA.2, clasificacion de perfiles de suelos.

Como no se realizaron ensayos dinámicos en laboratorio y tampoco se emplearon métodos geofísicos en campo para la exploración, se determina el valor de la velocidad de corte V_s . Para calcular la magnitud de la onda de corte V_s a partir del ensayo de N de campo, existen numerosas correlaciones basadas en investigaciones de diferentes autores, a continuación, se presentan las más válidas y empleadas:

Tabla 6. Correlaciones para determinar la magnitud de la velocidad de corte V_s .

	Country	Soll Type	Equation	Correlation Coefficient
Sedd et al(1983)	----	----	$V_s=56N^{0.5}$	----
Jefari et al (1997)	Irán	----	$V_s=22N^{0.85}$	----
Hasansevy & Ulusay (2007)	Turkey	Quaternary Aluvium and Detritus	$V_s=90N^{0.308}$	0.73

Fuente: DE JONG, J.T. (2007)- Site Characterization – Guidelines for Estimating V_s Based on In-Situ Tests Stage 1 – Interim Report- UC. Davis, 2007

Se emplean tres correlaciones y se promedian dichos valores, para obtener un solo perfil de velocidades en profundidad, como se observan que los valores de N de campo no discrepan considerablemente entre los tres sondeos, se realiza un solo perfil de velocidades de onda Vs y profundidad. A continuación, se presentan los resultados de las velocidades de corte de los tres sondeos, donde se puede observar la similitud entre los datos.

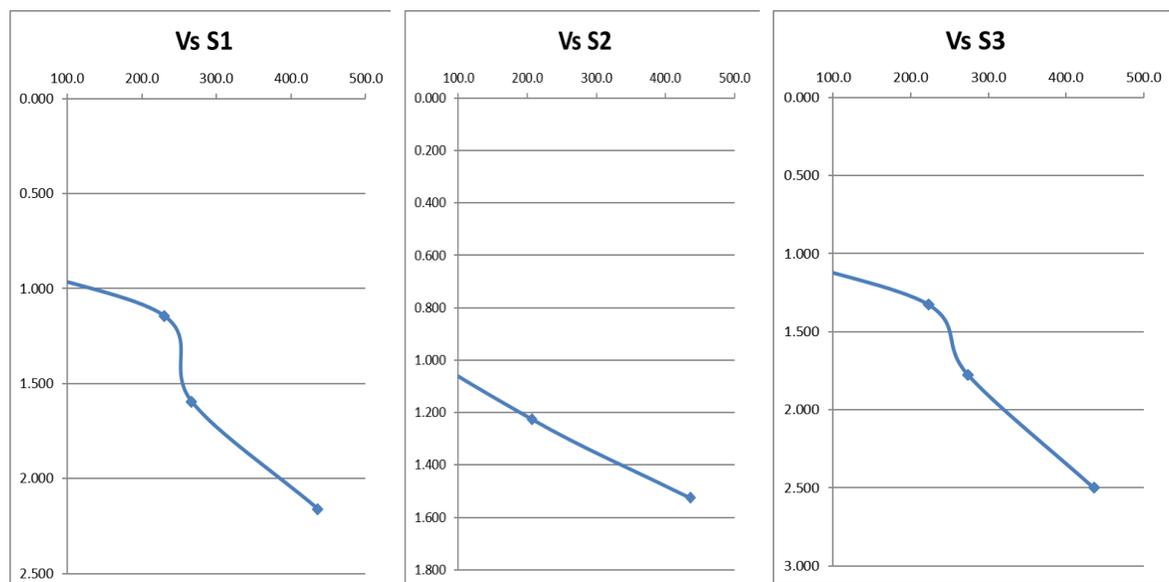
Tabla 7. Resultados de Vs de cada sondeo en función de la profundidad.

Sondeo	Profundidad (m)			golpes/pie			N ₄₅	Seed et al (1983)	Jefari et al (1997)	Hasansevy & Ulusay (2007)	Vs Promedio(m/s)
	de	a	media	1	2	3					
S1	0.92	1.37	1.145	8	8	9	17	230.9	244.5	215.4	230.3
S1	1.37	1.82	1.595	7	9	13	22	262.7	304.4	233.2	266.8
S1	1.82	2.50	2.160	12	36	20	50	396.0	611.7	300.3	436.0
S2	1.00	1.45	1.225	6	4	10	14	209.5	207.3	202.9	206.6
S2	1.45	1.60	1.525	50	50	50	50	396.0	611.7	300.3	436.0
S3	1.10	1.55	1.325	2	9	7	16	224.0	232.2	211.4	222.5
S3	1.55	2.00	1.775	3	12	11	23	268.6	316.1	236.4	273.7
S3	2.00	3.00	2.500	7	27	28	50	396.0	611.7	300.3	436.0

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se presentan las gráficas de velocidades de onda de corte Vs versus la Profundidad.

Figura 10. Velocidades de onda cortante Vs en función de la profundidad de exploración, valores a partir de N de campo y correlaciones.



Fuente: Elaboración Propia.

El perfil de suelo existente en el sitio del estudio se clasifica como perfil tipo D, los valores de las velocidades de corte se encuentran entre 200 y 436 m/s, los valores de N de capo se encuentran entre 15 y 50 golpes/pie, suelos de consistencia rígidos

4.4.10 Efectos locales:

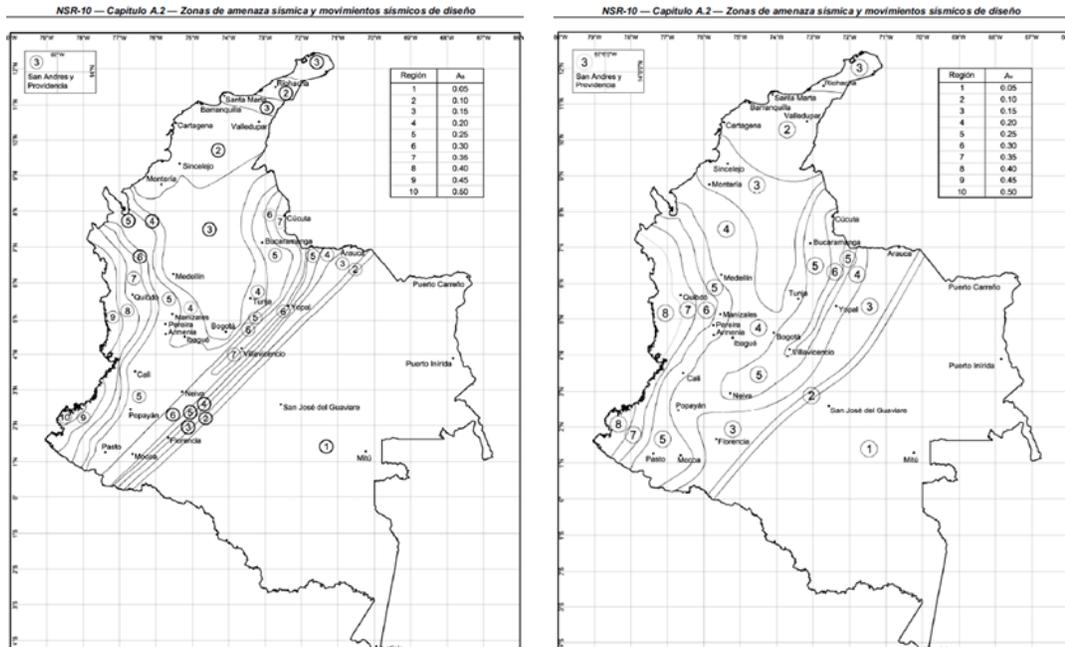
Se asignan los coeficientes de aceleración horizontal y vertical, coeficientes de amplificación del espectro por efectos de sitio, F_a y F_v , y el coeficiente de importancia (I). Los efectos locales de la respuesta sísmica de la edificación deben evaluarse con base en los perfiles de suelo. Tomando como referencia la norma NSR-10 Capítulo A, y la clasificación del perfil geotécnico, a continuación, se presentan los valores de F_a y F_v :

Tabla 8. Nivel de amenaza sísmica según valores de A_a y de A_v para las ciudades capitales de departamento.

Ciudad	A_a	A_v	Zona de Amenaza Sísmica
Bucaramanga	0,25	0,25	Alta

fuelle: NRS-capituloA.2-Zonas de amenazas sísmicas y movimientos sísmicos de Diseño, tabla A.2.3-2

Ilustración 1. Zonas de Amenaza Sísmica aplicable a función de A_a y edificaciones para la NSR-10 en A_v .



Fuelle: NRS-capituloA.2-Zonas de amenazas sísmicas y movimientos sísmicos de Diseño.

Floridablanca Santander se encuentra entre la frontera de amenaza sísmica alta ilustrados en el mapa anterior con números de referencia en la zona 5 con valores de $A_a=0.25$, $A_v=0.25$ entre el tramo Bucaramanga Santander, de esta manera se opta por escoger el valor más conservador para garantizar el mejor desarrollo de la obra, dando como resultado un $A_a= 0.25$ y $A_v=0.25$.

Tabla 9. Valores de A_a y A_v correspondientes a la ciudad de Bucaramanga.

Ciudad	A_a	A_v	Zona de Amenaza Sísmica
Bucaramanga	0,25	0,25	Alta

fuelle: NRS-capituloA.2-Zonas de amenazas sísmicas y movimientos sísmicos de Diseño, tabla A.2.3-2

A_a = coeficiente que representa la aceleración horizontal pico efectiva, para diseño = 0.25

A_v = coeficiente que representa la velocidad horizontal pico efectiva, para diseño = 0.25

Los coeficientes de amplificación que afectan la aceleración en la zona de periodos cortos y periodos intermedios debido a los efectos de sitio:

Tabla 10. Valores de F_a correspondientes a la ciudad de Bucaramanga, para la zona de periodos cortos del espectro.

Tipo de perfil	Intensidad de Movimientos Sísmicos				
	$A_a \leq 0.1$	$A_a = 0.2$	$A_a = 0.3$	$A_a = 0.4$	$A_a \geq 0.5$
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0

Fuelle: NSR-10, título a. Tabla A.2.4-3

F_a = coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos cortos, debida a los efectos de sitio, adimensional = valor resultado de interpolación línea = 1.3

Tabla 11. Valores de Fv correspondientes a la ciudad Bucaramanga, para la zona de periodos intermedios del espectro.

Tipo de perfil	Intensidad de Movimientos Sísmicos				
	Aa≤0.1	Aa=0.2	Aa=0.3	Aa=0.4	Aa≥0.5
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5

Fuente: NSR-10, título a. Tabla A.2.4-4

Fv = coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos intermedios, debida a los efectos de sitio, adimensional = valor resultado de interpolación línea = 1.9

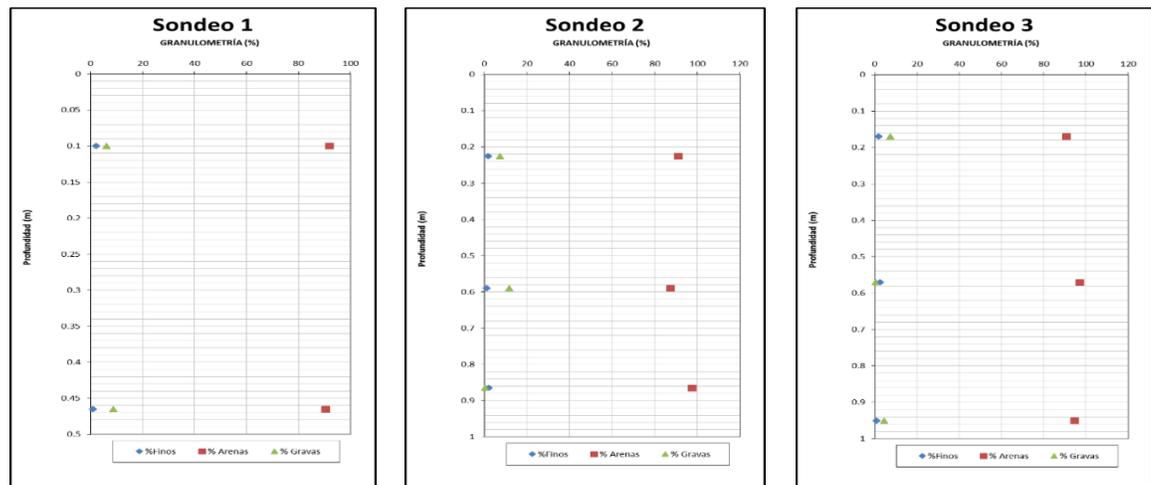
El coeficiente de importancia corresponde a una estructura de ocupación normal y su coeficiente de importancia es 1.0.

4.4.11 Ensayos y Resultados de laboratorio:

Una vez realizados los Sondeos, se toman muestras de material, las cuales son llevadas al laboratorio donde se practican los ensayos que permiten la caracterización del suelo. Ensayos realizados a las muestras de suelo tomadas: Humedad natural, límites de Atterberg, Granulometría, Peso Unitario y compresión simple. Los resultados de estos ensayos realizados para cada sondeo, se consignan en los registros de perforación, a continuación, se muestran estos resultados por sondeo.

Granulometría: los materiales presentes en el sitio del proyecto presentan una granulometría predominantemente con materiales arenosos.

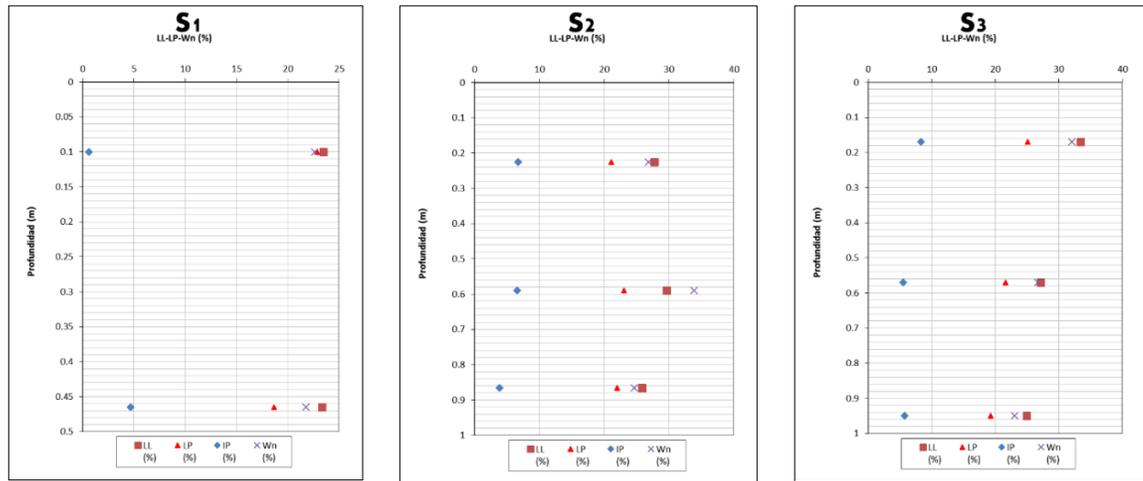
Figura 11. Resultado de las granulometrías, materiales Sondeo 1, Sondeo 2 y Sondeo 3



Fuente: Elaboración Propia.

Límites de consistencia:

Figura 12. Límites de consistencia, materiales Sondeo 1, Sondeo 2 y Sondeo 3.



Fuente: Elaboración Propia.

Durante la ejecución de los sondeos y tras la elaboración de los ensayos de laboratorio, es evidente la presencia de materiales predominantemente arenas con intercalaciones de pocas gravas, los cálculos de tipo de fundación y capacidad portante que se presentan más adelante se realizan con base en las propiedades que aporte el material predominante clasificado como arenoso.

La variación de volumen de un suelo cohesivo es aproximadamente proporcional al cambio de contenido de humedad, el limite liquido es el contenido de humedad con el cual el suelo deja de ser líquido y pasa a plástico, el limite plástico es el contenido de humedad con el cual el suelo deja de ser plástico y se convierte en solido semiplastico, tras la ejecución de los ensayos de laboratorio, los suelos se clasifican como suelos de plasticidad baja: valores de Limites líquidos cercanos a la frontera (30%). La humedad natural promedio de los materiales es del 25%, se identificó nivel freático a los 2 metros del sondeo 3, el material no se encuentra saturado. A continuación, se presentan los resultados de los ensayos de laboratorio tabulados:

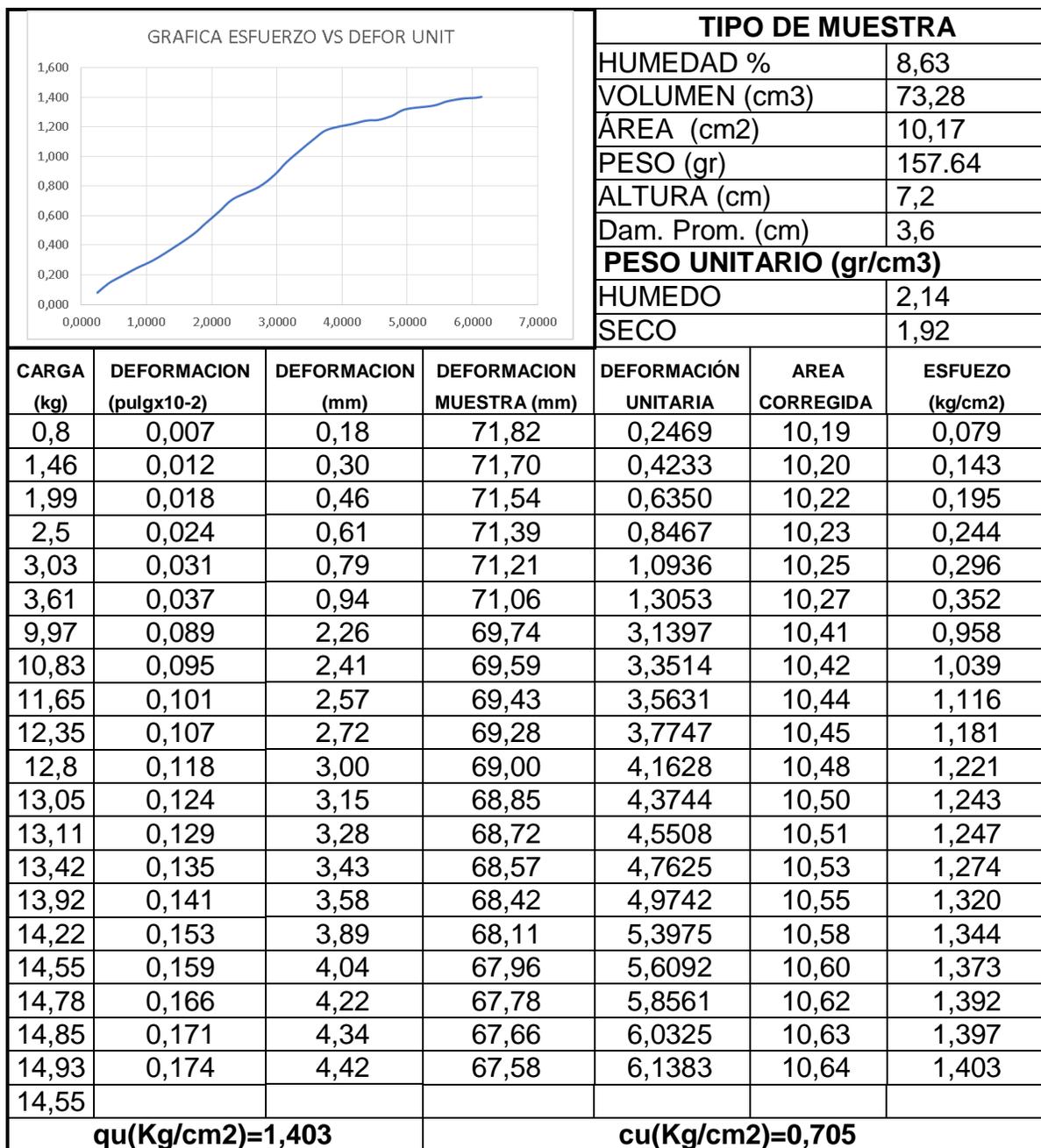
Tabla 12. Resultados de Laboratorio por sondeo.

Nombre	Muestra				USCS	Wn (%)	% Gravas	% Arenas	%Finos	LL (%)	LP (%)	IP (%)
	No.	de	a	Prof. Media (m)								
S1-M1	1	0.00	0.20	0.100	S	22.61	6.08	91.79	2.13	23.48	22.88	0.6
S1-M2	2	0.20	0.73	0.465	S	21.76	8.78	90.36	0.85	23.32	18.66	4.66
S2-M1	1	0.00	0.45	0.225	S	26.8	7.35	90.86	1.69	27.77	21.06	6.71
S2-M2	2	0.45	0.73	0.590	S	33.83	11.6	87.29	1	29.67	23.08	6.59
S2-M3	3	0.73	1.00	0.865	S	24.65	0.28	97.5	2.06	25.84	21.96	3.88
S3-M1	1	0.00	0.34	0.170	S	32.07	7.24	90.65	1.86	33.41	25.08	8.33
S3-M2	2	0.34	0.80	0.570	S	26.67	0.31	97.07	2.51	27.11	21.63	5.48
S3-M3	3	0.80	1.10	0.950	S	23.06	4.45	94.53	0.87	24.98	19.26	5.72

Fuente: Elaboración Propia.

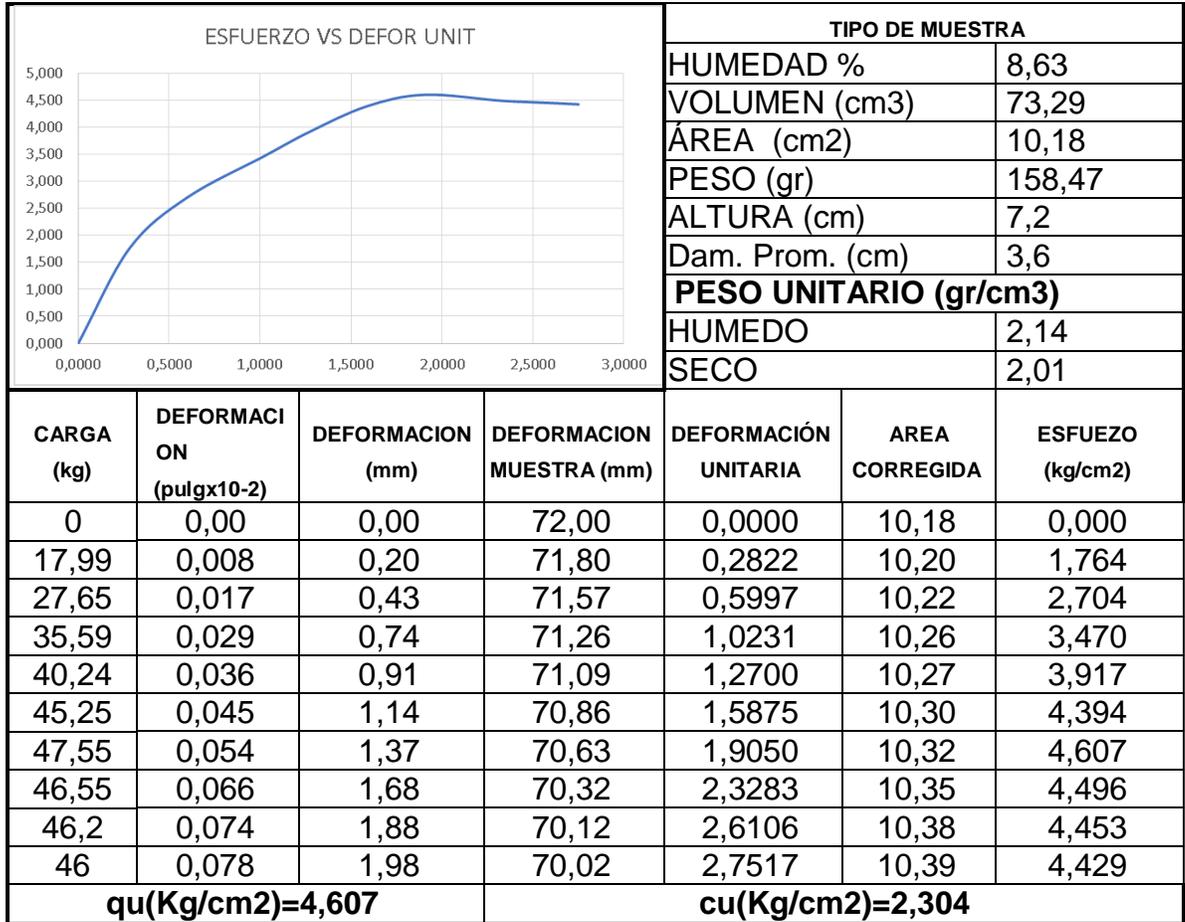
4.4.12 Resistencia a la Compresión de suelos:

Tabla 13. Resultados de ensayo de compresión inconfiada-Sondeo# 1-Muestra 4.



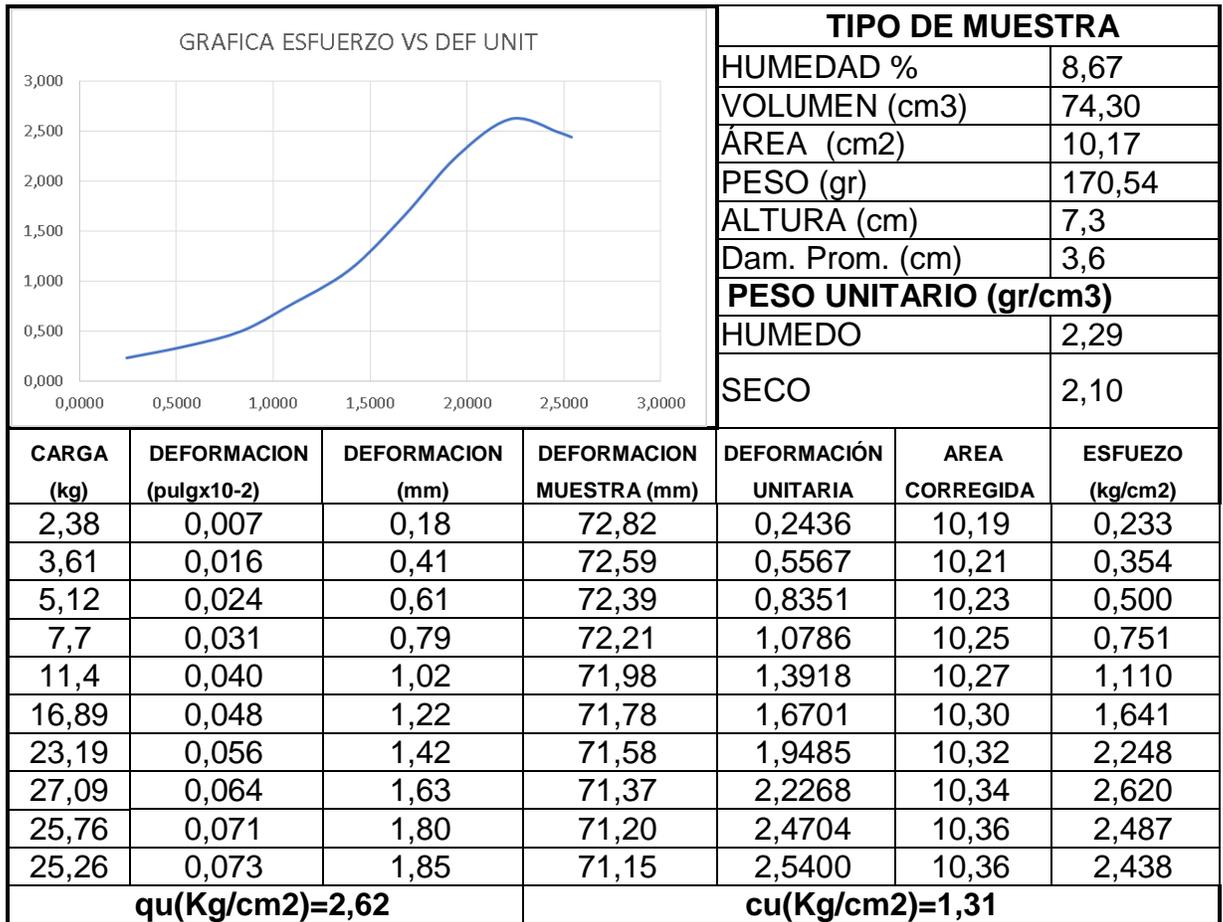
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 14. Resultados de ensayo de compresión inconfiada-Sondeo# 1-Muestra 6.



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 15. Resultados de ensayo de compresión inconfiada-Sondeo# 2-Muestra 4.



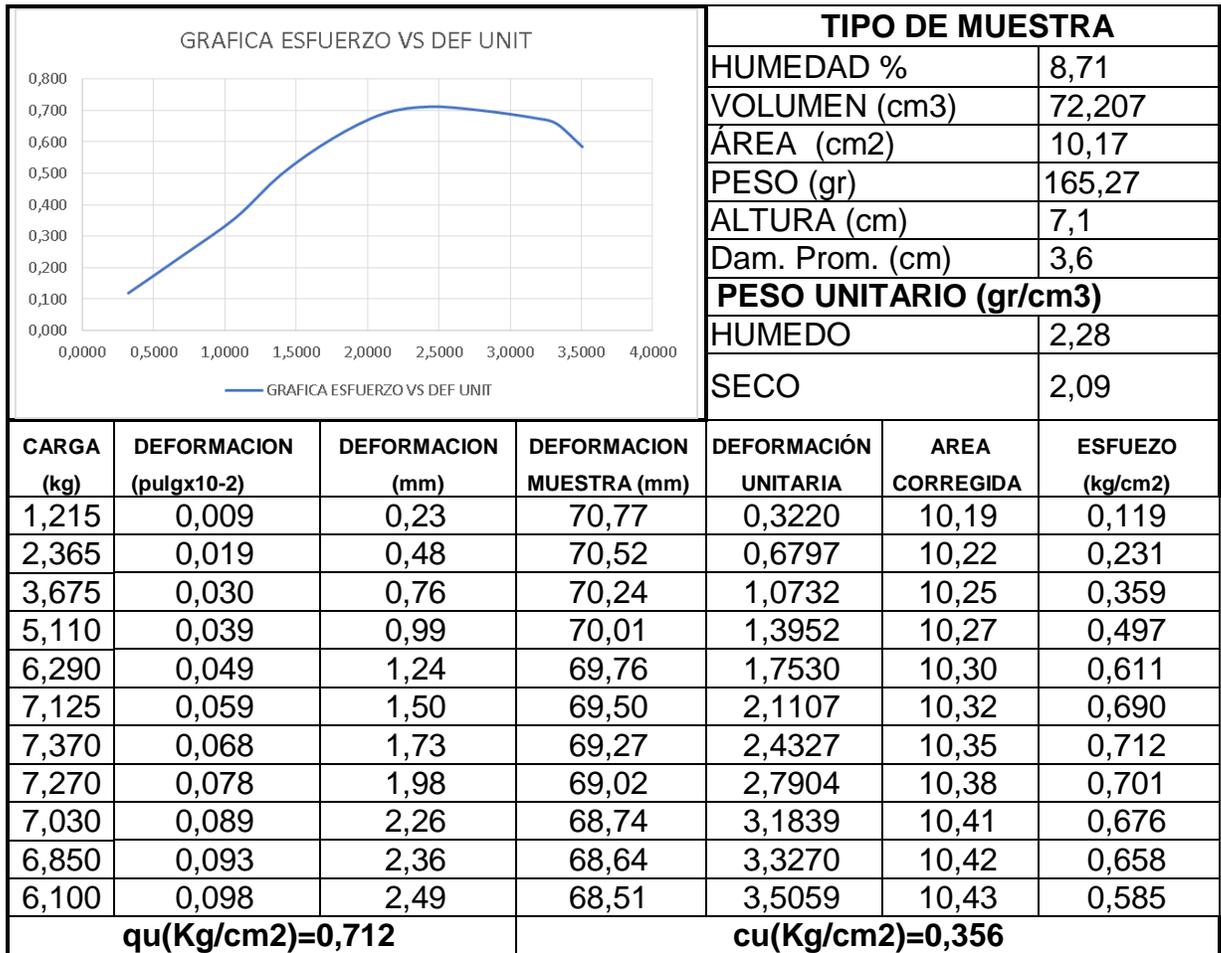
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 16. Resultados de ensayo de compresión inconfiada-Sondeo# 3-Muestra 4.

GRAFICA ESFUERZO VS DEF UNIT				TIPO DE MUESTRA			
				HUMEDAD %		11,37	
				VOLUMEN (cm ³)		71,19	
				ÁREA (cm ²)		10,17	
				PESO (gr)		231	
				ALTURA (cm)		7	
				Dam. Prom. (cm)		3,6	
				PESO UNITARIO (gr/cm ³)			
				HUMEDO		2,17	
				SECO		1,95	
				CARGA (kg)	DEFORMACION (pulgx10-2)	DEFORMACION (mm)	DEFORMACION MUESTRA (mm)
0,055	0,009	0,23	69,77	0,3266	10,19	0,005	
0,225	0,016	0,41	69,59	0,5806	10,21	0,022	
1,080	0,025	0,64	69,37	0,9071	10,23	0,106	
1,790	0,032	0,81	69,19	1,1611	10,25	0,175	
2,875	0,040	1,02	68,98	1,4514	10,27	0,280	
3,900	0,047	1,19	68,81	1,7054	10,29	0,379	
4,840	0,055	1,40	68,60	1,9957	10,31	0,469	
5,640	0,062	1,57	68,43	2,2497	10,33	0,546	
6,250	0,071	1,80	68,20	2,5763	10,36	0,620	
7	0,079	2,01	67,99	2,8666	10,38	0,674	
7,540	0,086	2,18	67,82	3,1206	10,40	0,725	
8,010	0,095	2,41	67,59	3,4471	10,42	0,769	
8,420	0,103	2,62	67,38	3,7374	10,44	0,806	
8,500	0,112	2,84	67,16	4,0640	10,47	0,812	
8,880	0,119	3,02	66,98	4,3180	10,49	0,847	
9,0	0,127	3,23	66,77	4,6083	10,51	0,856	
8,945	0,129	3,28	66,72	4,6809	10,51	0,851	
8,700	0,136	3,45	66,55	4,9349	10,53	0,826	
8,765	0,144	3,66	66,34	5,2251	10,56	0,830	
8,575	0,152	3,86	66,14	5,5154	10,58	0,811	
8,380	0,158	4,01	65,99	5,7331	10,60	0,791	
qu(Kg/cm²)=0,856			cu(Kg/cm²)=0,428				

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 17. Resultados de ensayo de compresión inconfiada-Sondeo# 3-Muestra 6.



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 18. Resumen del valor de qu y cu por cada Sondeo.

Sondeo	Valor de qu	Valor de cu
Sondeo # 1.	qu(Kg/cm ²)=4,6	Cu(Kg/cm ²)=2,3
Sondeo # 2.	qu(Kg/ cm ²)=2,62	Cu(Kg/ cm ²)=1,31
Sondeo # 3.	qu(Kg/ cm ²)=0,712	Cu(Kg/ cm ²)=0.356

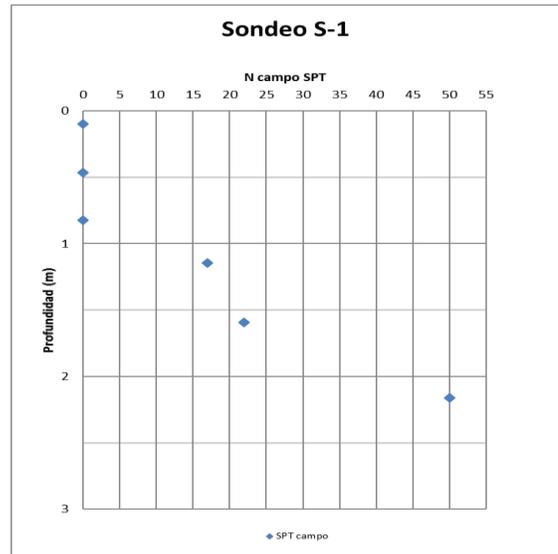
Fuente: Elaboración Propia.

4.4.13 Características Geotécnicas:

Durante la ejecución de los sondeos, se ejecutó el ensayo de campo SPT, con el cual se logró recuperar muestras y determinar la resistencia a la penetración con el número de golpes por pie (golpes cada 15 cm), A continuación, se muestran los resultados del ensayo de penetración estándar de campo realizado para los tres sondeos. A continuación, se muestra gráficamente el valor de número de golpes por pie, que registro cada ensayo in situ en los sondeos realizados.

Tabla 19. Resultados de ensayos de campo SPT, Sondeo 1.

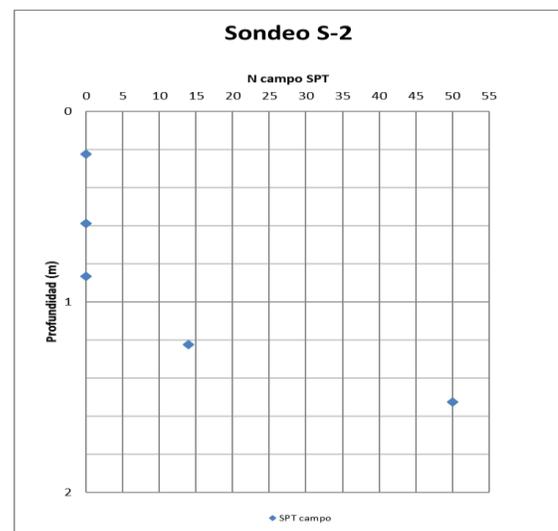
Sondeo	Profundidad (m)			golpes/pie			N ₄₅
	de	a	media	1	2	3	
S1	0.00	0.20	0.100	0	0	0	0
S1	0.20	0.73	0.465	0	0	0	0
S1	0.73	0.92	0.825	0	0	0	0
S1	0.92	1.37	1.145	8	8	9	17
S1	1.37	1.82	1.595	7	9	13	22
S1	1.82	2.50	2.160	12	36	20	50



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 20. Resultados de ensayos de campo SPT, Sondeo 2.

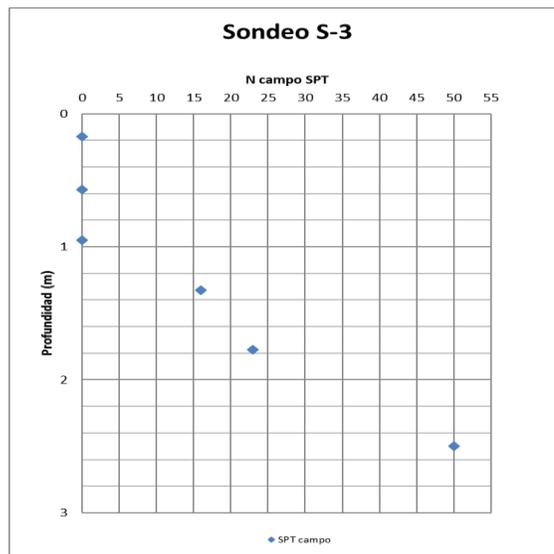
Sondeo	Profundidad (m)			golpes/pie			N ₄₅
	de	a	media	1	2	3	
S2	0.00	0.45	0.225	0	0	0	0
S2	0.45	0.73	0.590	0	0	0	0
S2	0.73	1.00	0.865	0	0	0	0
S2	1.00	1.45	1.225	6	4	10	14
S2	1.45	1.60	1.525	50	50	50	50



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 21. Resultados de ensayos de campo SPT, Sondeo 3.

Sondeo	Profundidad (m)			golpes/pie			N ₄₅
	de	a	media	1	2	3	
S3	0.00	0.34	0.170	0	0	0	0
S3	0.34	0.80	0.570	0	0	0	0
S3	0.80	1.10	0.950	0	0	0	0
S3	1.10	1.55	1.325	2	9	7	16
S3	1.55	2.00	1.775	3	12	11	23
S3	2.00	3.00	2.500	7	27	28	50



Fuente: Elaboración Propia.

4.4.14 Análisis Geotécnico:

En esta capítulo, se presenta la recomendación del tipo de fundación y los cálculos de la capacidad portante.

4.4.14.1 Tipo de cimentación recomendada:

Para la estratigrafía presente en el sitio, y el tipo de estructura a intervenir, se recomienda la instalación de cimientos aislados superficiales, las propiedades de resistencia del suelo tomadas a partir del ensayo de compresión simple, dan valores de 4,6-2,6-0,7 kg/cm² a una profundidad de 2.0 y 3.0 metros en promedio, esto clasifica al material con buenas propiedades de resistencia frente a esfuerzos de compresión, tomando como referencia las cargas proyectadas de la estructura, se deduce que no se requiere de una cimentación profunda o de alguna intervención especial a la cimentación.

4.4.14.2 Tipo de Estructura y Cargas Estimadas:

Una estructura metálica debe ser estable, resistente y rígida, donde la mayoría de las partes que la forman son materiales metálicos, normalmente acero. Este tipo de estructura es muy utilizada por tener excelentes características para la construcción, son muy funcionales y su coste de producción suele ser más barato que otro tipo de estructuras, el esfuerzo transmitido al suelo es considerablemente menor por tratarse de este tipo de estructura de bajo peso.

4.4.14.3 *Calculo de Capacidad Portante:*

Con la información de los numerales anteriores, se realiza el cálculo de la capacidad portante del suelo de fundación empleando cimentación superficial aislada sobre suelos arenosos, se evidencio nivel freático en el tercer sondeo a los 2 metros, la profundidad de implantación mínima recomendada es a -2.0 metros desde el nivel actual de la sub rasante, tomando como la cota 0.0 m el nivel de la cancha en concreto, esta profundidad puede variar siempre y cuando se observen condiciones no aptas para la implantación de la cimentación. Del ensayo de compresión inconfiada se halló la capacidad de carga ultima (qu), con la cual se realiza el cálculo del valor de $C_u = q_u/2$ (cohesión no drenada) para los materiales finos cohesivos, el valor del peso específico del suelo húmedo γ_1 y γ_2 Con estos datos y los factores de Forma, se evalúan diferentes dimensiones de cimentaciones para así tener un esquema amplio a la hora de elegir el adecuado, dando como resultado el cálculo del Q_u (carga última) y un Q_{adm} (carga última admisible) el cual sirve para calcular los asentamientos inmediatos de la estructura.

Ecuación 1. Ecuación General de la Capacidad de Carga por Terzaghi.

$$q_u = c N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

Fuente: principios de ingeniería de Cimentaciones, Cuarta Edición, Braja M.Das.

Dónde: c = cohesión.

q =Esfuerzo efectivo al nivel del fondo de la cimentación.

γ =Peso específico del suelo.

B = Ancho de la cimentación.

$F_{cs} F_{qs} F_{\gamma s}$ = Factores de forma.

$F_{cd} F_{qd} F_{\gamma d}$ =Factores de profundidad.

$F_{ci} F_{qi} F_{\gamma i}$ = Factores de inclinación de carga.

$N_c N_q N_\gamma$ = Factores de capacidad de carga.

4.4.14.3.1 *Calculo de capacidad portante para cimientos aislados, tomando como referencia el sondeo 1:*

En el caso específico de este Sondeo, se recomienda implantar la cimentación a una profundidad de entre 2.0 metros, donde se encuentra un estrato de arenas de baja compresibilidad y el valor del $q_u=4,6 \text{ Kg/cm}^2=451,26 \text{ KN/m}^2$, los anchos del cimiento que se evalúan van desde 1.0 x 1.0 metros de lado por lado hasta 2.0 x 2.0 metros de lado por lado, esto con el objetivo de tener diferentes valores para diferentes tipos de cimientos. Para un N de 50 golpes, el valor de C_u es de 23 t/m^2 obtenido de un ensayo de compresión inconfiada el cual nos proporciona una mayor confiabilidad. no se trabaja con el Angulo de fricción debido a que se quieren tener valores conservadores.

Tabla 22. Capacidades portantes; ultima, admisible y carga máxima admisible, tomando sondeo 1.

C (KN/m ²)	ϕ (°)	B (m)	B/L	Df (m)	γ_1 (KN/m ³)	γ_2 (KN/m ³)	Qu (KN/m ²)	Qadm (KN/m ²)	Padm (KN)
225,63	0,00	1,00	1,00	2,00	20,90	20,90	2040,69	680,23	680,23
225,63	0,00	1,20	1,00	2,00	20,90	20,90	1998,15	666,05	959,11
225,63	0,00	1,40	1,00	2,00	20,90	20,90	1959,19	653,06	1280,00
225,63	0,00	1,60	1,00	2,00	20,90	20,90	1923,71	641,24	1641,57
225,63	0,00	1,80	1,00	2,00	20,90	20,90	1891,53	630,51	2042,86
225,63	0,00	2,00	1,00	2,00	20,90	20,90	1981,32	660,44	2641,75

Fuente: Elaboración Propia.

Las cargas admisibles tomando como referencia un factor de seguridad de 3, son del orden de 60 t/m^2 valor conservador y suficiente para las cargas proyectadas.

4.4.14.3.2 *Calculo de capacidad portante para cimientos aislados, tomando como referencia el sondeo 2:*

En el caso específico de este Sondeo, se recomienda implantar la cimentación a una profundidad de entre 2.0 metros, donde se encuentra un estrato de arenas de baja compresibilidad y el valor del $q_u=2,62 \text{ Kg/cm}^2=257 \text{ KN/m}^2$, los anchos del cimiento que se evalúan van desde 1.0 x 1.0 metros de lado por lado hasta 2.0 x 2.0 metros de lado por lado, esto con el objetivo de tener diferentes valores para diferentes tipos de cimientos. Para un N de 50 golpes, el valor de C_u es de 13 t/m^2 obtenido de un ensayo de compresión inconfiada el cual nos proporciona una mayor confiabilidad. no se trabaja con el Angulo de fricción debido a que se quieren tener valores conservadores.

Tabla 23. Capacidades portantes; ultima, admisible y carga máxima admisible, tomando sondeo 2.

C (KN/m ²)	φ (°)	B (m)	B/L	Df (m)	γ1 (KN/m ³)	γ2 (KN/m ³)	Qu (KN/m ²)	Qadm (KN/m ²)	Padm (KN)
128,51	0,00	1,00	1,00	2,00	22,46	22,46	1183,41	394,47	394,47
128,51	0,00	1,20	1,00	2,00	22,46	22,46	1159,18	386,39	556,41
128,51	0,00	1,40	1,00	2,00	22,46	22,46	1136,99	379,00	742,83
128,51	0,00	1,60	1,00	2,00	22,46	22,46	1116,78	372,26	952,99
128,51	0,00	1,80	1,00	2,00	22,46	22,46	1098,46	366,15	1186,33
128,51	0,00	2,00	1,00	2,00	22,46	22,46	1149,59	383,20	1532,79

Fuente: Elaboración Propia.

Las cargas admisibles tomando como referencia un factor de seguridad de 3, son del orden de 40 t/m²: valor conservador y suficiente para las cargas proyectadas.

4.4.14.3.3 Cálculo de capacidad portante para cimientos aislados, tomando como referencia el sondeo 3:

En el caso específico de este Sondeo, se recomienda implantar la cimentación a una profundidad de entre 2,5 metros, donde se encuentra un estrato de arenas de baja compresibilidad y el valor del $q_u=0,712 \text{ Kg/cm}^2=69,84 \text{ KN/m}^2$, los anchos del cimiento que se evalúan van desde 1.0 x 1.0 metros de lado por lado hasta 2.0 x 2.0 metros de lado por lado, esto con el objetivo de tener diferentes valores para diferentes tipos de cimientos. Para un N de 50 golpes, el valor de C_u es de 3,56 t/m² obtenido de un ensayo de compresión inconfiada el cual nos proporciona una mayor confiabilidad. no se trabaja con el Angulo de fricción debido a que se quieren tener valores conservadores.

Tabla 24. Capacidades portantes; ultima, admisible y carga máxima admisible, tomando sondeo 2.

C (KN/m ²)	φ (°)	B (m)	B/L	Df (m)	γ1 (KN/m ³)	γ2 (KN/m ³)	Qu (KN/m ²)	Qadm (KN/m ²)	Padm (KN)
69,85	0,00	1,00	1,00	2,50	21,60	21,60	687,08	229,03	229,03
69,85	0,00	1,20	1,00	2,50	21,60	21,60	675,58	225,19	324,28
69,85	0,00	1,40	1,00	2,50	21,60	21,60	664,78	221,59	434,32
69,85	0,00	1,60	1,00	2,50	21,60	21,60	654,69	218,23	558,66
69,85	0,00	1,80	1,00	2,50	21,60	21,60	645,30	215,10	696,92
69,85	0,00	2,00	1,00	2,50	21,60	21,60	636,60	212,20	848,80

Fuente: Elaboración Propia.

Las cargas admisibles tomando como referencia un factor de seguridad de 3, son del orden de 20 t/m²: valor conservador y suficiente para las cargas proyectadas.

4.4.14.4 *Calculo de Asentamientos*

A continuación, se presenta el cálculo de los asentamientos que se puedan presentar en la estructura a intervenir, tras la ejecución de los sondeos se observó que suelo de fundación corresponde a arenas no saturadas, lo anterior no representa la probabilidad de que se tengan asentamientos por consolidación en el tiempo, pero sin embargo a continuación se presentan los asentamientos inmediatos que podían llegar a presentarse. Tomando como referencia las cargas máximas de cada cimentación anteriormente calculada, se determina el asentamiento inmediato bajo el cimiento.

4.4.14.4.1 *Calculo de asentamientos inmediatos de los cimientos aislados, tomando como referencia el sondeo 1:*

Los asentamientos esperados en el caso hipotético que la cimentación se encuentre bajo carga admisible máxima son (S_e mm):

Tabla 25. Asentamientos inmediatos en la cimentación, información de referencia sondeo 1, y cálculo de capacidad portante.

B (m)	Qadm (KN/m²)	Es (KN/m²)	μ_s	L/B	α_r	Se (mm)	Módulo de reacción KN/m³
1,00	680,23	60000,00	0,35	1,00	0,988	9,82	69239,08
1,20	666,05	60000,00	0,35	1,00	0,988	11,54	57699,24
1,40	653,06	60000,00	0,35	1,00	0,988	13,20	49456,49
1,60	641,24	60000,00	0,35	1,00	0,988	14,82	43274,43
1,80	630,51	60000,00	0,35	1,00	0,988	16,39	38466,16
2,00	660,44	60000,00	0,35	1,00	0,988	19,08	34619,54

Fuente: Elaboración Propia.

Asentamiento máximo de 2,0 cm, el valor del módulo de elasticidad se toma conservador para suelos medios.

4.4.14.4.2 *Calculo de asentamientos inmediatos de los cimientos aislados, tomando como referencia el sondeo 2:*

Los asentamientos esperados en el caso hipotético que la cimentación se encuentre bajo carga admisible máxima son (Se mm):

Tabla 26. Asentamientos inmediatos en la cimentación, información de referencia sondeo 2, y cálculo de capacidad portante.

B (m)	Qadm (KN/m2)	Es (KN/m2)	$\mu\sigma$	L/B	$\alpha\rho$	Se (mm)	Módulo de reacción KN/m3
1,00	394,47	60000,00	0,35	1,00	0,988	5,70	69239,08
1,20	386,39	60000,00	0,35	1,00	0,988	6,70	57699,24
1,40	379,00	60000,00	0,35	1,00	0,988	7,66	49456,49
1,60	372,26	60000,00	0,35	1,00	0,988	8,60	43274,43
1,80	366,15	60000,00	0,35	1,00	0,988	9,52	38466,16
2,00	383,20	60000,00	0,35	1,00	0,988	11,07	34619,54

Fuente: Elaboración Propia.

Asentamiento máximo de 1,0 cm, el valor del módulo de elasticidad se toma conservador para suelos medios.

4.4.14.4.3 *Calculo de asentamientos inmediatos de los cimientos aislados, tomando como referencia el sondeo 3:*

Los asentamientos esperados en el caso hipotético que la cimentación se encuentre bajo carga admisible máxima son (Se mm):

Tabla 27. Asentamientos inmediatos en la cimentación, información de referencia sondeo 3, y cálculo de capacidad portante.

B (m)	Qadm (KN/m2)	Es (KN/m2)	$\mu\sigma$	L/B	$\alpha\rho$	Se (mm)	Módulo de reacción KN/m3
1,00	229,03	60000,00	0,35	1,00	0,988	3,31	69239,08
1,20	225,19	60000,00	0,35	1,00	0,988	3,90	57699,24
1,40	221,59	60000,00	0,35	1,00	0,988	4,48	49456,49
1,60	218,23	60000,00	0,35	1,00	0,988	5,04	43274,43
1,80	215,10	60000,00	0,35	1,00	0,988	5,59	38466,16
2,00	212,20	60000,00	0,35	1,00	0,988	6,13	34619,54

Fuente: Elaboración Propia.

Asentamiento máximo de 0,7 cm, el valor del módulo de elasticidad se toma conservador para suelos medios.

Tabla 28. Valores orientativos de N_{spt} , Resistencia a Compresión simple y Modulo de Elasticidad de suelos.

Tipo de Suelo	Resistencia a Compresión Simple, q_u (KN/m ²)	Módulo de Elasticidad, E(MN/m ²)
Suelos Medios	150-300	40-100

Fuente: <http://ingemecanica.com/tutoriales/geotecnia.html#compresion>

4.4.15 susceptibilidad frente al evento de licuefacción

Concepto: Pérdida dramática de resistencia debido al incremento de presión de poros bajo condiciones de carga no-drenada; Cargas sísmicas inducen LICUACIÓN en arenas y limos sueltos y saturados, a continuación, se realiza la evaluación frente al fenómeno de licuación para los depósitos de material hasta una profundidad de 3 metros.

Siguiendo los conceptos acerca de evaluación de la susceptibilidad a la licuación de las características de los materiales encontrados y sus circunstancias expuestas en la NSR-10, y teniendo en cuenta que no todos los suelos son licuables se realiza la siguiente lista de chequeo:

Acorde con la información obtenida en el estudio de suelos, el material predominante en el sitio del proyecto son arenas con presencia mínima de algunos finos y gravas, de baja plasticidad, se observó nivel freático en el tercer sondeo a los 2 metros de profundidad.

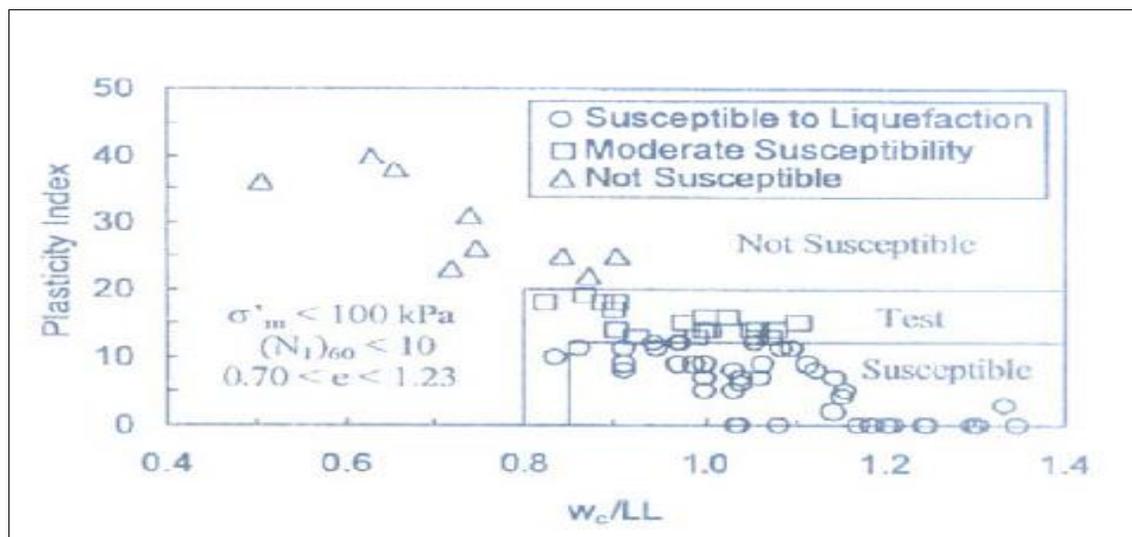
(a) El depósito de suelo debe estar saturado, o cerca de la saturación, para que ocurra la licuación; El suelo no se presenta saturado, pero se observó nivel freático en uno de los tres sondeos a 2.0 metros de profundidad y es de importancia resaltar la existencia de una pequeña quebrada a unos pocos metros del área propuesta a construir.

(b) Depósitos fluviales, coluviales, granulares, eólicos, cuando están saturados, son susceptibles de licuación; No corresponde a este tipo de depósitos.

(c) Así mismo pueden clasificarse como licuables los depósitos de abanicos aluviales, planicies aluviales, playas, terrazas y estuarios; Puede clasificarse el depósito como planicies aluviales.

(d) Son muy susceptibles a la licuación las arenas finas y arenas limosas, relativamente uniformes, con densidad suelta y media. Generalmente se producen

Figura 14. Criterio recomendado a la susceptibilidad de licuación (Bray et al 2004).



Fuente: (S.A, 2018)

Observando las gráficas anteriores, se muestra que los depósitos de suelo presentes es esta zona del proyecto, son susceptibles a licuación.

Tabla 29. Clasificación de suelos susceptibles a licuefacción.

	IP	W	LL	W/LL	SUSCEPTIBLE	MODERADO	NO SUSCEPTIBLE
S1-M1	0,6	22,61	23,48	0,96	X		
S1-M2	4,66	21,76	23,32	0,93	X		
S2-M1	6,71	26,8	27,77	0,97	X		
S2-M2	6,59	33,83	29,67	1,14	X		
S2-M3	3,88	24,65	25,84	0,95	X		
S3-M1	8,33	32,07	33,41	0,96	X		
S3-M2	5,48	26,67	27,11	0,98	X		
S3-M3	5,72	23,06	24,98	0,92	X		

Fuente: Elaboración Propia.

4.4.16 Posibilidades de suelos expansivos

Concepto: Como característica especial, todas las arcillas tienen, de una forma u otra, la propiedad de contraerse cuando pierden humedad y de expandirse cuando la ganan de nuevo según las condiciones ambientales.

Como minerales activos se reconocen la montmorilonita, la vermiculita y algunas variedades de haloisita; la particularidad de éstos radica en que tienen la propiedad de "absorber" moléculas de agua dentro de su propia estructura molecular.

Los daños que presentan las edificaciones cimentadas superficialmente en estos suelos se manifiestan progresivamente mediante fisuramientos, agrietamientos y giros de conjunto de los muros y elementos estructurales, a causa de movimientos desiguales de sus cimientos, especialmente en los años de prolongados períodos de verano e invierno.

A continuación, se muestra la evaluación de suelos expansivos:

Basados en altos valores del límite líquido, del índice de plasticidad, contenido de partículas coloidales y bajos valores del límite de contracción. Estos criterios deben verificarse en el laboratorio mediante ensayos de las propiedades índices correspondientes.

Para este análisis, se toman las muestras extraídas en los tres sondeos, estos materiales son principalmente arenosos.

Tabla 30. Clasificación de los suelos expansivos

Potencial de expansión	Expansión (%) medida en consolidómetro bajo presión vertical de 0.07 Kgf/cm ²	Límite líquido LL, en (%)	Límite de contracción en (%)	Índice de plasticidad IP, en (%)	Porcentaje de partículas menores de una micra(μ)	Expansión libre EL en (%), medida en probeta
Muy alto	>30	>63	<10	>32	>37	>100
Alto	20-30	50-63	6-12	23-45	18-37	>100
Medio	10-20	39-50	8-18	12-34	12-27	50-100
Bajo	<10	<39	>13	<20	<17	<50

Fuente: tomada de NSR-10.

- *Clasificación Potencial de Expansión; Sondeo # 1.*

Tabla 31. Evaluación del potencial de expansión de los suelos.

Muestra Numero	LL	LP	IP	Clasificación del Hinchamiento Potencial
1	23.48	22,88	0,6	Bajo

Fuente: Elaboración Propia

- *Clasificación Potencial de Expansión; Sondeo # 1.*

Tabla 32. Evaluación del potencial de expansión de los suelos.

Muestra Numero	LL	LP	IP	Clasificación del Hinchamiento Potencial
2	23,32	18,66	4,66	Bajo

Fuente: Elaboración Propia

- *Clasificación Potencial de Expansión; Sondeo # 2.*

Tabla 33. Evaluación del potencial de expansión de los suelos.

Muestra Numero	LL	LP	IP	Clasificación del Hinchamiento Potencial
1	27,77	21,06	6,71	Bajo

Fuente: Elaboración Propia

- *Clasificación Potencial de Expansión; Sondeo # 2.*

Tabla 34. Evaluación del potencial de expansión de los suelos.

Muestra Numero	LL	LP	IP	Clasificación del Hinchamiento Potencial
2	29,67	23,08	6,59	Bajo

Fuente: Elaboración Propia

- *Clasificación Potencial de Expansión; Sondeo # 2.*

Tabla 35. Evaluación del potencial de expansión de los suelos.

Muestra Numero	LL	LP	IP	Clasificación del Hinchamiento Potencial
3	25,84	21,96	3,88	Bajo

Fuente: Elaboración Propia

- *Clasificación Potencial de Expansión; Sondeo # 3.*

Tabla 36. Evaluación del potencial de expansión de los suelos.

Muestra Numero	LL	LP	IP	Clasificación del Hinchamiento Potencial
1	33,41	25,08	8,33	Bajo

Fuente: elaboración propia

- *Clasificación Potencial de Expansión; Sondeo # 3.*

Tabla 37. Evaluación del potencial de expansión de los suelos.

Muestra Numero	LL	LP	IP	Clasificación del Hinchamiento Potencial
2	27,11	21,63	5,48	Bajo

Fuente: Elaboración Propia

- *Clasificación Potencial de Expansión; Sondeo # 3.*

Tabla 38. Evaluación del potencial de expansión de los suelos.

Muestra Numero	LL	LP	IP	Clasificación del Hinchamiento Potencial
3	24,98	19,26	5,72	Bajo

Fuente: Elaboración Propia

Tomando los resultados de los ensayos de laboratorio para los sondeos ejecutados: Sondeo 1, Sondeo 2, Sondeo 3 se tiene lo siguiente:

El valor promedio del límite líquido para los materiales presentes en estos sondeos, y tomados a partir de los ensayos de laboratorio es de: 26,95%. (Bajo)

El valor promedio del índice de plasticidad para los materiales presentes en estos sondeos, y tomados a partir de los ensayos de laboratorio es de: 21,70%. (Bajo)

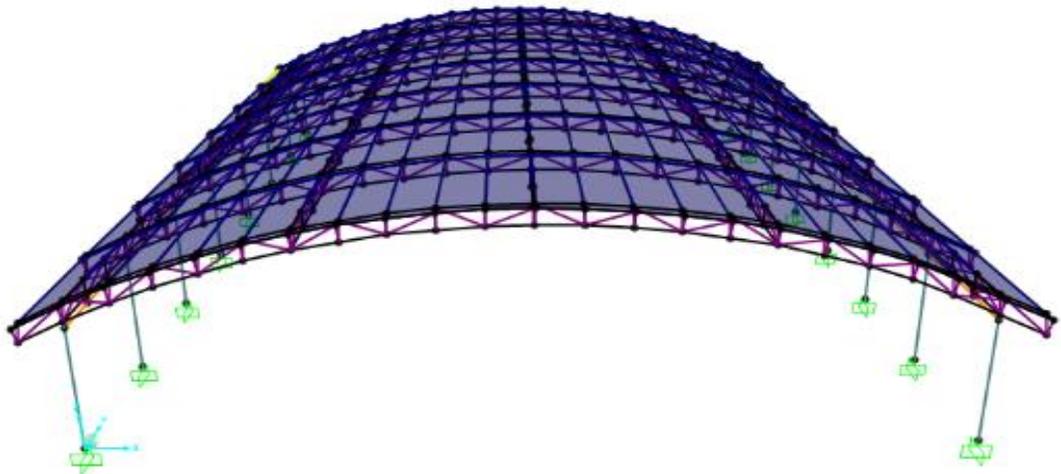
Por estos conceptos se determina que el suelo presente posee un potencial Bajo de expansión, se recomienda durante el proceso de construcción, no incrementar la humedad del suelo.

4.5 ANÁLISIS DE CERCHA Y CORREA TÍPICA, PARA LA CUBIERTA METÁLICA DE LA CANCHA DEL COLEGIO SANTA ISABEL DE HUNGRÍA, ANTE-CARGAS GRAVITACIONALES ÚNICAMENTE, MEDIANTE SOFTWARE SAP 2000.

Se realizó un respectivo análisis de las medidas proporcionadas por el levantamiento topográfico, para definir la luz que llevaría la estructura metálica y de cuanto sería el espaciamiento entre cerchas longitudinales, se montó un bosquejo preliminar del modelo en el software de diseño AutoCAD y después se importó al software de análisis SAP 2000, en seguida se procedió a completar todo el diseño de la estructura, con sus cargas y asignación del tipo de perfiles a utilizar, para definir las combinaciones y cargas se siguió las recomendaciones del Norma NSR -10 capítulo B, diseñando la cubierta metálica completa, para tener una mejor representación de la cercha.

A continuación, se presentará un diseño propuesto de manera académica de lo que sería una posible cercha de la cubierta para el colegio Santa Isabel de Hungría, si se desea llevar a la construcción debe ser revisado por un profesional y hacer un análisis con fuerzas sísmicas donde se hagan diseños de los elementos.

Figura 15. Prototipo de cubierta metálica



Fuente: Elaboración propia en software SAP2000

4.5.1 Características de la cubierta metálica.

Se presentan las diferentes secciones propuestos para cada uno de los elementos con base a la disponibilidad del mercado, estos perfiles fueron tomados del catálogo de ACESCO.

- El material acero estructural a utilizar es A500 Grado C

Los materiales considerados en la estimación estructural, contiene el módulo principal el de acero en forma de perfiles, con las siguientes características particulares:

Los perfiles de Metaltub, Tubería Estructural negra y galvanizada son tubos de acero soldados de alta resistencia de acero A500 Grado C.

A continuación, se presenta en la tabla las resistencias respecto a los diferentes perfiles tubulares.

Tabla 39: Especificaciones técnicas.

ASTM A500		Resistencia a la Fluencia, min.		Resistencia a la Tracción, min.		Elongación, min.
		MPa	psi	MPa	psi	%
Redondo	Grado A	230	33000	310	45000	25
	Grado C	315	46000	425	62000	21
Cuadrado y Rectangular	Grado A	270	39000	310	45000	25
	Grado C	345	50000	425	62000	21

Fuente: <http://www.acesco.com/archivos/descargas/metaltub-ficha-tecnica.pdf>

Las correas se eligen según el catálogo de Acesco, tubería rectangular estructural negra galvanizada y su referencia es 120 mm x 60 mm, con un espesor de 2,5 mm.

Tabla 40: Tubería estructural rectangular

REFERENCIA	ESPESES EN MILIMETROS											Unidad de Empaque	
	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0		12.0
Tubos Rectangulares (mm)	Peso Técnico Calculado (kg / m)												
60 x 40	2,24	2,23											100
76 x 38	2,57	3,37	4,15	4,90									72
90 x 50		4,19	5,17	6,13									60
100 x 50		4,50	5,56	6,60									50
120 x 60		5,45	6,74	8,01									50
150 x 100					14,87		21,67						32
200 x 70				12,25	16,13		23,58						40
200 x 100				13,67	18,01		26,40						28
250 x 100				16,02		26,18							28
250 x 150						30,11							18
300 x 100				18,38		30,11		41,43		52,34			24
300 x 150								53,22		65,49	77,35		10

Estructural Negro y Galvanizado A500 Grado C
Estructural Negro A500 Grado C
Estructural Negro A500 Grado A

Fuente : <http://www.acesco.com/archivos/descargas/metaltub-ficha-tecnica.pdf>.

Para formar la cercha se planteó dos perfiles de tubería estructural redonda, en la siguiente tabla se puede observar las características de los tubos, según el catálogo de Acesco, es Tubería Estructural negra y galvanizada.

Tabla 41: tubería estructural redonda.

REFERENCIA			Espesores en milímetros										Unidad de Empaque			
			1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0		10,0	12,0	
Tubos Redondos (")			Peso Teórico Calculado (kg / m)													
Dímetro Nominal	Dímetro Externo (pulg)	Dímetro Externo (mm)														
1 - 1/2"	1.89"	48mm	1,72	2,27		3,33										91
2"	2.36"	60mm		2,86	3,55											61
2 - 1/2"	2.87"	73mm		3,50	4,35											37
3"	3-1/2"	89mm		4,29	5,33	6,36	8,38									37
4"	4-1/2"	114,3mm			6,89	8,23	10,88									19
4"	4-1/2"	114,3mm							16,03							1
----	6"	152,4mm					14,61		21,66		28,49					1
8"	8-5/8"	219,1mm						26,40	31,53		41,61		51,56			1
10"	10-3/4"	273,1mm								45,93		58,61		77,25		1
12"	12-3/4"	323,9mm									62,31		77,40	92,29		1

Estructural Negro y Galvanizado A500 Grado C ■
 Estructural Negro A500 Grado C ■
 Estructural Negro A500 Grado A ■

Fuente : <http://www.acesco.com/archivos/descargas/metaltub-ficha-tecnica.pdf>

A continuación, se presenta en la tabla 30, un resumen detallado de los perfiles que se mostraron anteriormente.

Tabla 42: Perfiles de Tubería estructural seleccionada.

Tubería Estructural Negra y Galvanizada Norma ASTM A500 Grado C				
Elemento	Diámetro		Espesores	Peso teórico
	pulg	mm	mm	kg/m
Redondo				
Diagonal	2	60	2,5	3,55
Cordón superior	4	114,3	2,5	6,89
Cordón inferior	4	114,3	2,5	6,89
Rectangular				
Correa		120x60	2,5	6,74

Fuente: Elaboración propia.

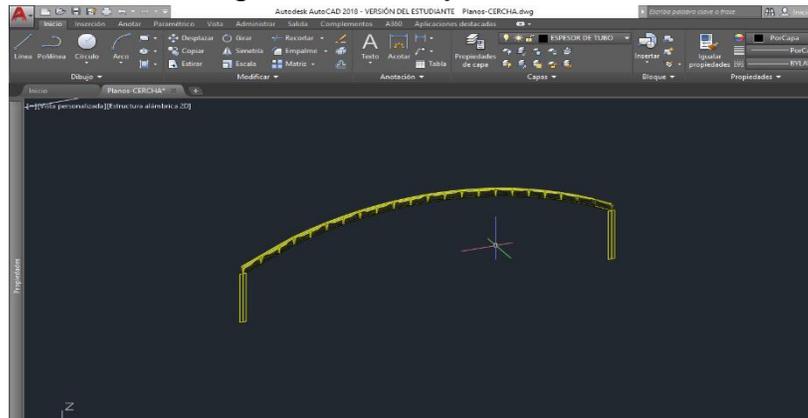
4.5.2 Montaje de la estructura en el programa SAP 2000.

Se realiza y se modela el montaje de la estructura completa, para tener una mejor representación de la cercha, pero el análisis se centra solamente en el elemento cercha y las correas.

- *Montaje del modelo*

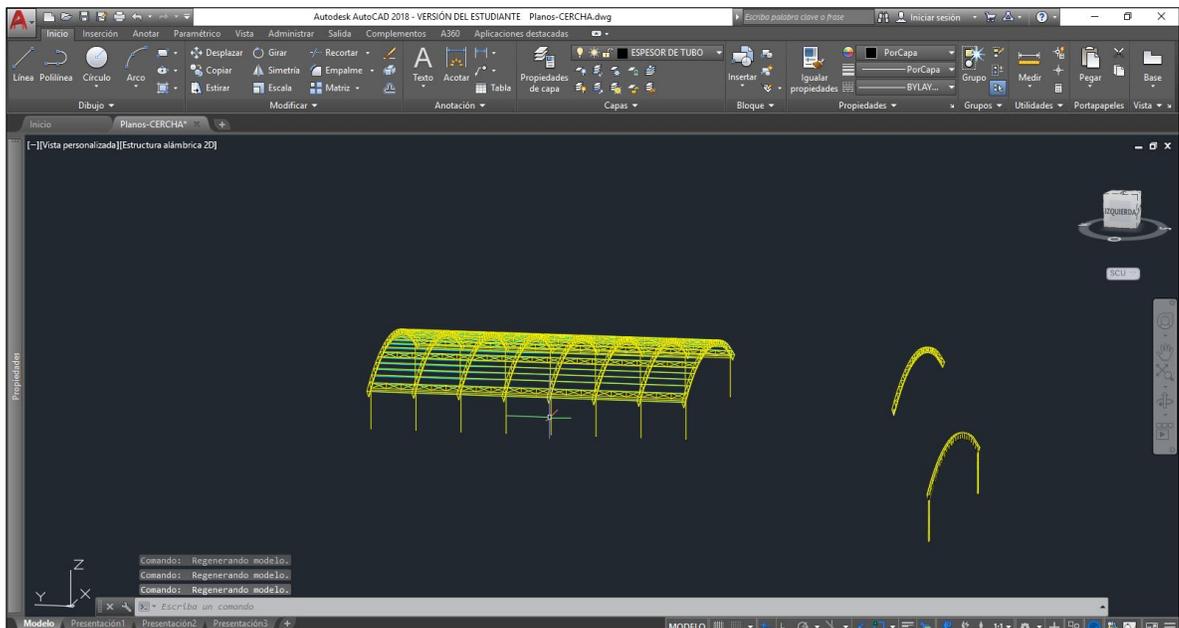
Para el montaje del modelo se contó con la ayuda de software AUTOCAD, en este programa se hizo un bosquejo preliminar de dicha cubierta metálica.

Figura 16: Montaje de cercha



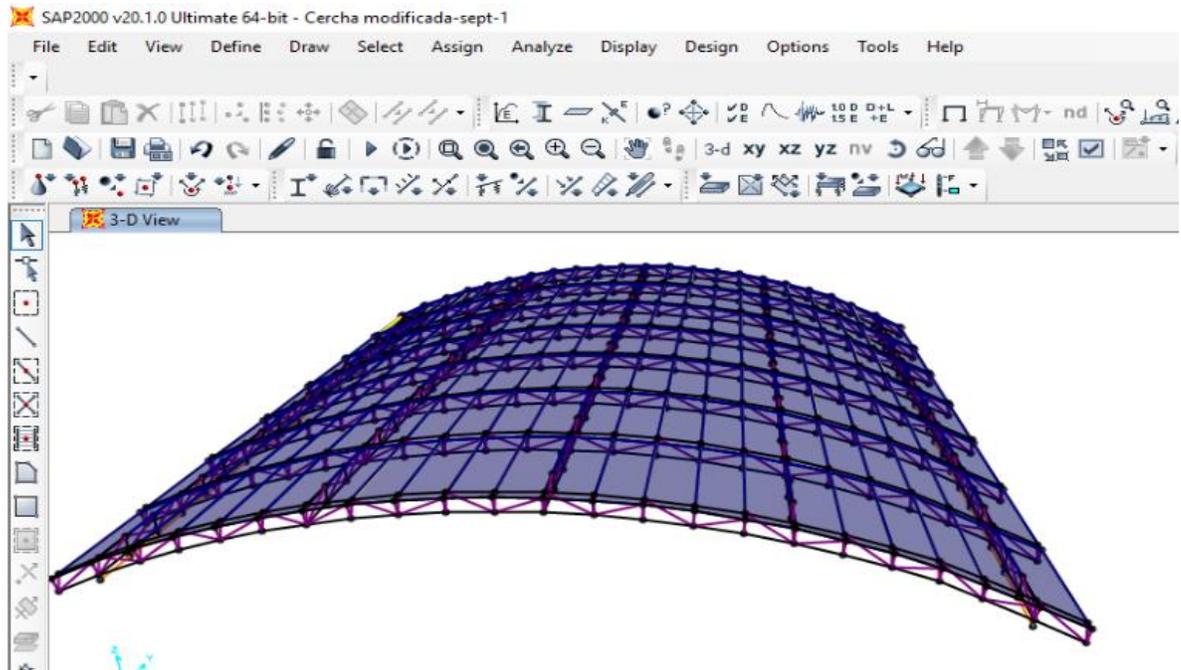
Fuente: Elaboración propia en Software AutoCAD

Figura 17: Montaje de ejes de cubierta metálica en software AutoCAD.



Fuente: Elaboración propia en Software AutoCAD

Figura 18: Esquema general de cubierta metálica en SAP 2000.



Fuente: Elaboración propia en Software SAP 2000

4.5.3 Análisis de cargas

Con las especificaciones que establece la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente de 2010, NSR-10, se determinan las combinaciones de cargas, cargas muertas, vivas y de viento.

- *Cargas muertas*

Las cargas muertas son cargas de magnitud constante que permanece fijas en un mismo lugar.

- El peso propio de los elementos: Este peso es considerado directamente por el programa de análisis estructural SAP 2000.
- Peso de la teja: Como material constituyente de la cubierta, se eligió Máster 1000 por reunir las siguientes características: disponibilidad de mercado, bajos costos, facilidad de instalación, resistencia mecánica, con acabado pre-pintado y galvanizado. Por tanto, su peso es de 5 kgf/m².

- Carga Viva

La carga viva que se utilicen en el diseño de la estructura deben ser las máximas que se espera ocurran en las edificaciones debido al uso que esta va a tener. En ningún caso estas cargas vivas podrán ser menores que las cargas vivas mínimas. (NSR-10, 2010),

Tabla 44: Cargas vivas mínimas en cubiertas

Tipo de cubierta	Carga uniforme (kN/m ²) m ² de área en planta	Carga uniforme (kgf/m ²) m ² de área en planta
Cubiertas, Azoteas y Terrazas	la misma del resto de la edificación (Nota-1)	la misma del resto de la edificación (Nota-1)
Cubiertas usadas para jardines de cubierta o para reuniones	5.00	500
Cubiertas inclinadas con más de 15° de pendiente en estructura metálica o de madera con imposibilidad física de verse sometidas a cargas superiores a la aquí estipulada	0.35	35
Cubiertas inclinadas con pendiente de 15° o menos en estructura metálica o de madera con imposibilidad física de verse sometidas a cargas superiores a la aquí estipulada	0.50	50

Nota-1 — La carga viva de la cubierta no debe ser menor que el máximo valor de las cargas vivas usadas en el resto de la edificación, y cuando esta tenga uso mixto, tal carga debe ser la mayor de las cargas vivas correspondientes a los diferentes usos.

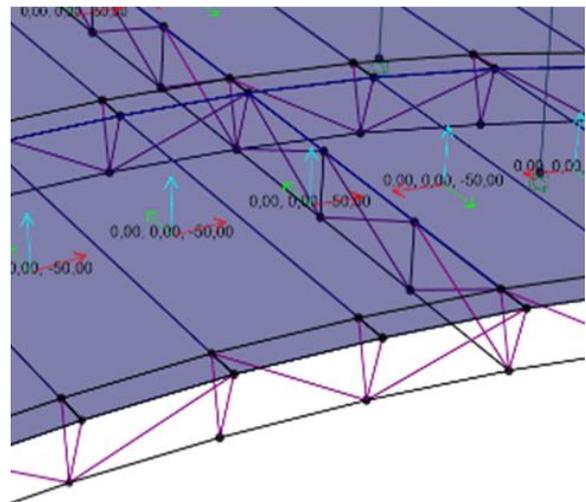
Fuente: Reglamento colombiano constructivo sismo resistente, NSR-10, tabla B.4.2.1-2.

La carga viva que se utiliza en el diseño de la cubierta metálica se basa en la tabla anterior, en donde se especifica que cubiertas inclinadas con más de 15° de pendiente en estructura metálicas, tiene una carga de 35 kgf/m², según la Norma NSR-10, se debe escoger un valor máximo de carga viva, para el diseño de la cubierta metálica se decide tomar un valor de:

Tabla 45: Carga viva

Cargas Viva		
Viva	50	kg/m ²

Figura 20: Visualización de cargas Vivas

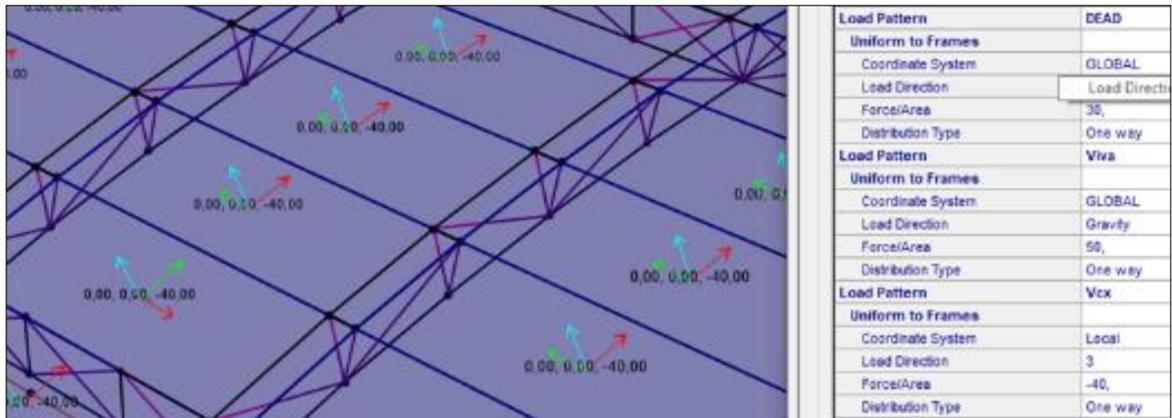


Fuente: Elaboración propia

- Carga de viento

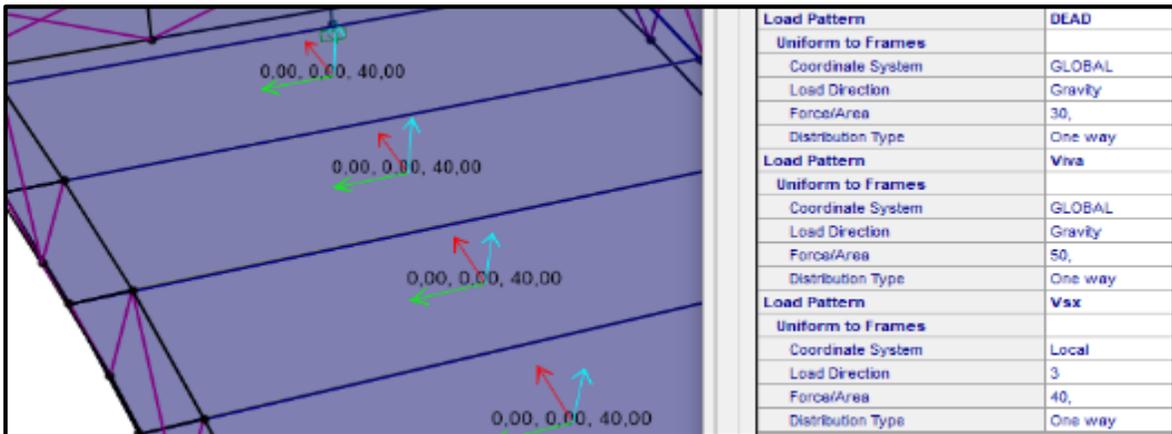
La carga viva se sacó de los criterios de la Norma NSR-10, capítulo B-6, para el análisis de viento se hizo un chequeo sobre el software de SAP 2000, el cual dio que las presiones eran menores a la mínima, por lo tanto, se dejó la presión mínima de **40 kg/m²**, las cargas de viento serán aplicadas considerando los efectos de compresión y efecto succión en las direcciones principales de X e Y del modelo.

Figura 21: Carga de viento en compresión (Vcx)



Fuente: Elaboración propia en SAP 2000

Figura 22: Carga de viento en succión (Vsx)



Fuente: Elaboración propia en SAP 2000

4.5.3.1

- *Combinaciones de cargas*

Para definir las combinaciones a utilizar se siguió las recomendaciones de la Norma NSR-10-capitulo B-2, las combinaciones a usarse son las de cargas mayoradas. En la siguiente tabla se muestran las combinaciones que fueron definidos para el diseño de la cubierta metálica.

Tabla 46: Combinaciones de cargas.

COMBINACIONES DE CARGAS					
1	1,4D	2	1,2D+1,6L	3	1,2D+L
4	1,2D+0,5W	5	1,2D+1W+1L	6	1,2D+1E+1L
	1,2D+0,5Wcx+0,5Wsx		1,2D+1Wcx+1Wsx+1L		1,2D+1Ex+0,3Ey+1L
	1,2D-0,5Wcx+0,5Wsx		1,2D-1Wcx+1Wsx+1L		1,2D-1Ex+0,3Ey+1L
	1,2D+0,5Wcx-0,5Wsx		1,2D+1Wcx-1Wsx+1L		1,2D+1Ex-0,3Ey+1L
	1,2D-0,5Wcx-0,5Wsx		1,2D-1Wcx-1Wsx+1L		1,2D-1Ex-0,3Ey+1L
	1,2D+0,5Wcy+0,5Wsy		1,2D+1Wcy+1Wsy+1L		1,2D+0,3Ex+1Ey+1L
	1,2D-0,5Wcy+0,5Wsy		1,2D-1Wcy+1Wsy+1L		1,2D-0,3Ex+1Ey+1L
	1,2D+0,5Wcy-0,5Wsy		1,2D+1Wcy-1Wsy+1L		1,2D+0,3Ex-1Ey+1L
	1,2D-0,5Wcy-0,5Wsy		1,2D-1Wcy-1Wsy+1L		1,2D-0,3Ex-1Ey+1L
7	0,9D+1W	8	0,9D+1E		
	0,9D+1Wcy+1Wsy		0,9D+1Ex+0,3Ey		
	0,9D-1Wcy+1Wsy		0,9D-1Ex+0,3Ey		
	0,9D+1Wcy-1Wsy		0,9D+1Ex-0,3Ey		
	0,9D-1Wcy-1Wsy		0,9D-1Ex-0,3Ey		
	0,9D+1Wcx+1Wsx		0,9D+0,3Ex+1Ey		
	0,9D-1Wcx+1Wsx		0,9D-0,3Ex+1Ey		
	0,9D+1Wcx-1Wsx		0,9D+0,3Ex-1Ey		
	0,9D-1Wcx-1Wsx		0,9D-0,3Ex-1Ey		

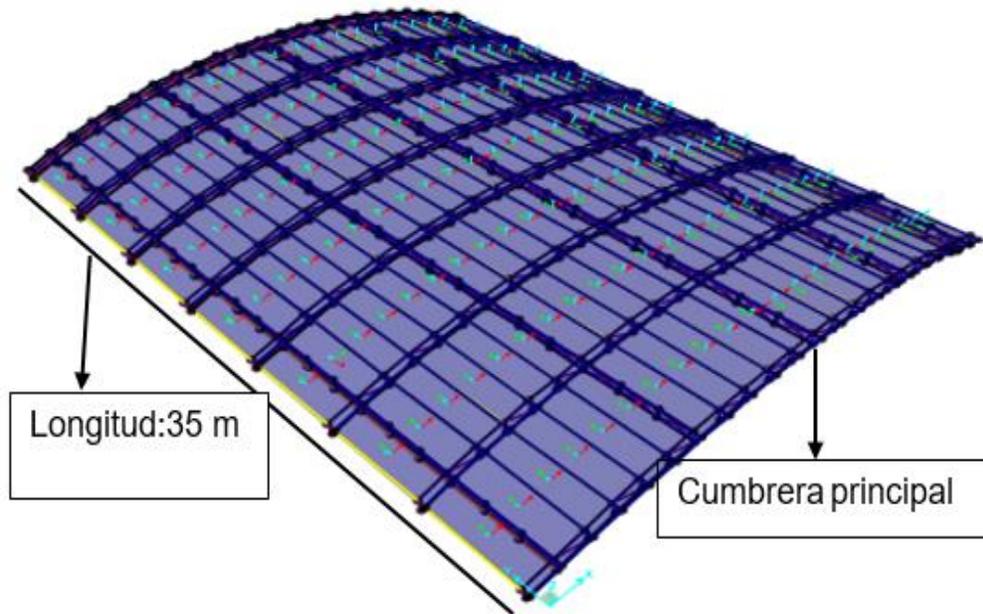
Fuente: Elaboración propia

4.5.3.2

- *Características de la cercha y cubierta metálica.*

El diseño presenta una de luz de 28,76 m, la cercha tiene una forma triangular con una altura de 0.6 m, los elementos diagonales son de 2 pulg y los elementos que forman el triángulo don de 4 pulg, la cubierta tiene 35 m de longitud con separación de cerchas de 5 m, se utilizó una separación entre correas de 1,33 m.

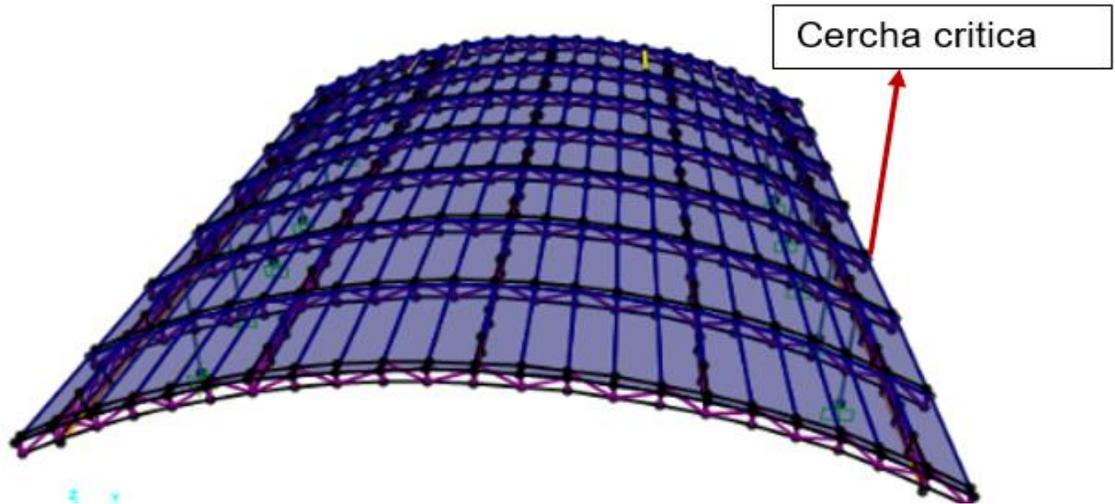
Figura 23: medida longitudinal de la cubierta.



Fuente: Elaboración propia en SAP 2000

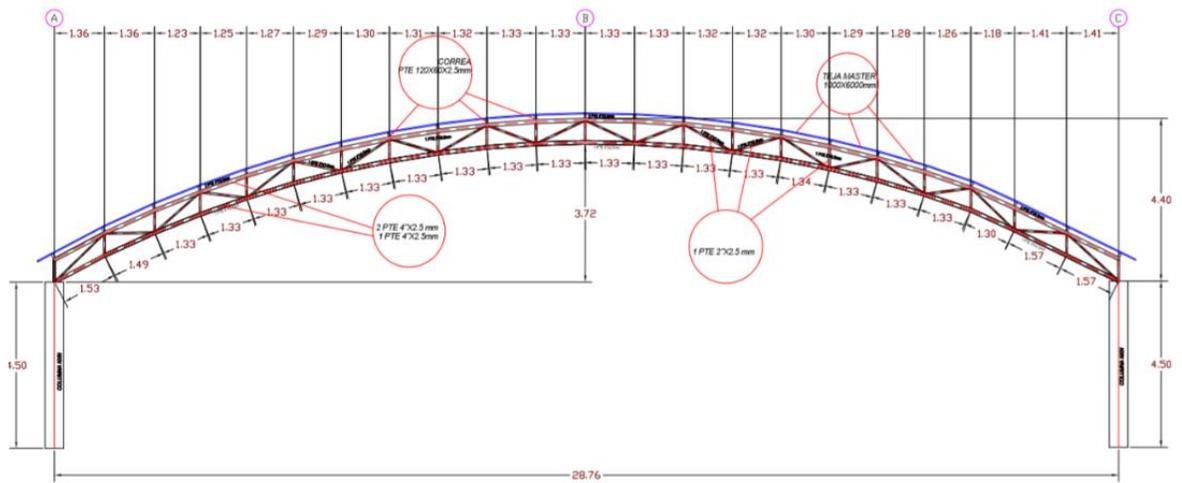
Se diseñó la cubierta completa para tener una mejor representación de la cercha, posteriormente, se consideró la fuerza crítica de la estructura, en la figura 36 se puede apreciar la cercha crítica de la estructura, y en la figura 37 se evidencia la cercha crítica con sus respectivas medidas.

Figura 24: Estructura completa con la cercha critica



Fuente: Elaboración propia en SAP 2000

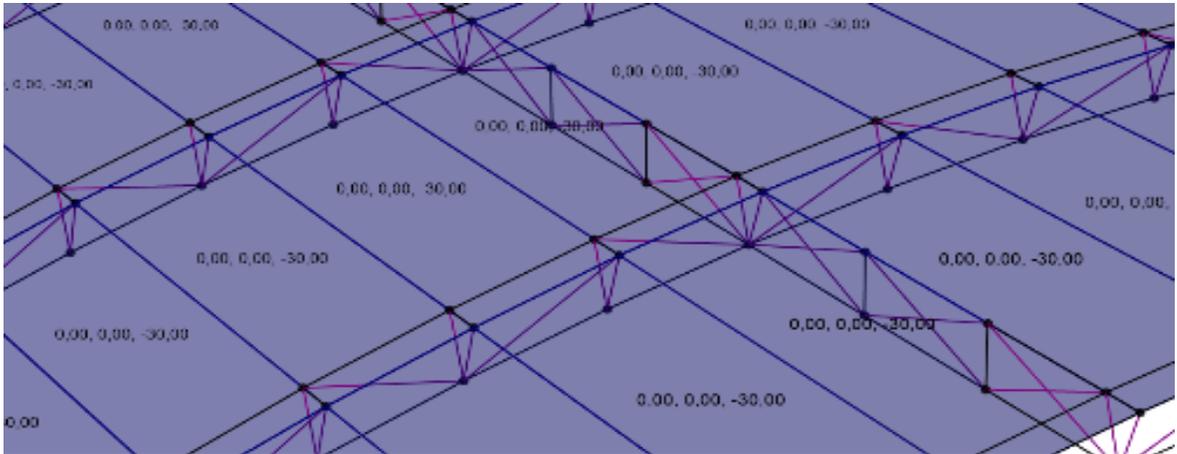
Figura 25:cercha critica



Fuente: Elaboración propia

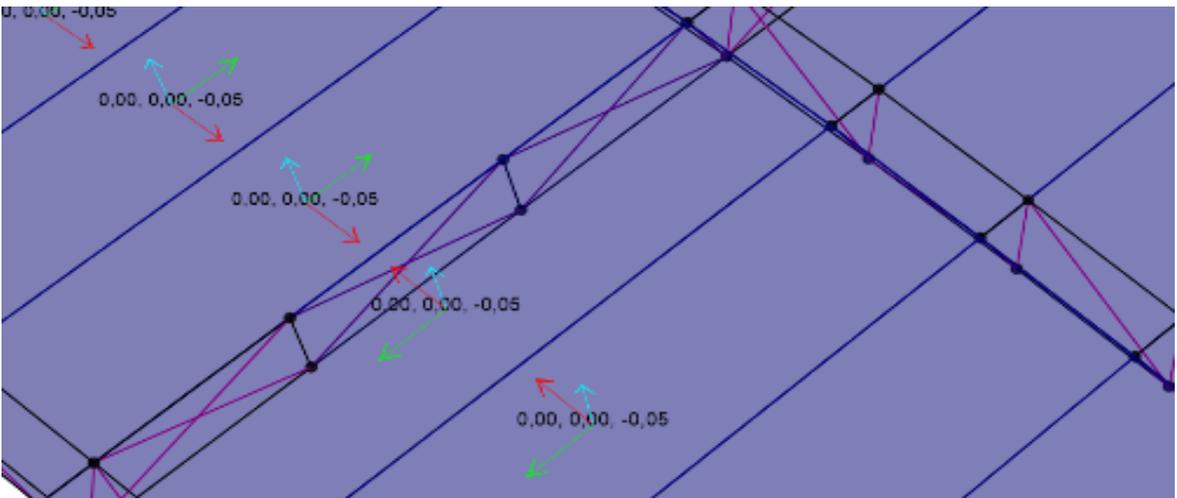
4.5.3.3 -Asignación de cargas en los elementos

Figura 26: carga muerta



Fuente: Elaboración propia en SAP 2000

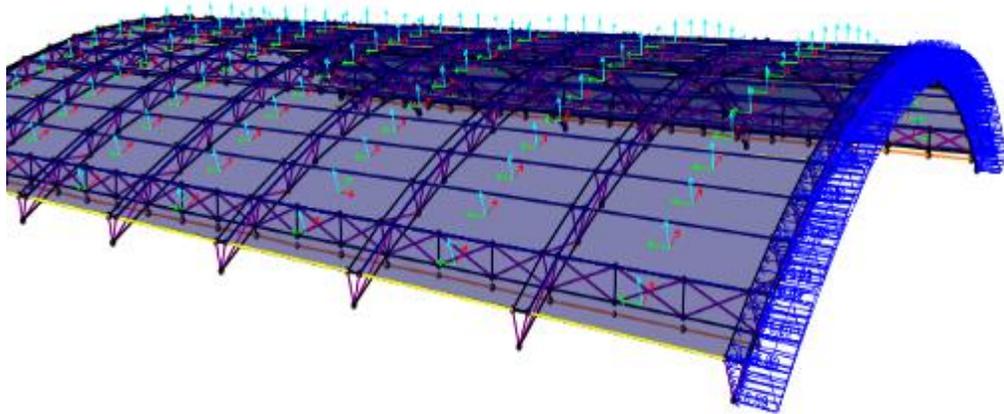
Figura 27: carga viva



Fuente: Elaboración propia en SAP 2000

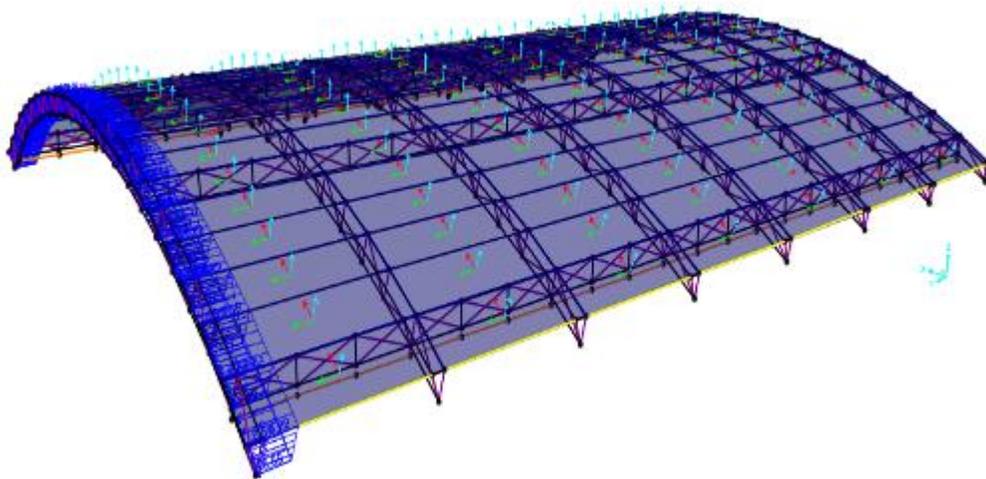
En las figuras 40 y 41 se puede visualizar la carga de viento, aplicada sobre los elementos que conforman la cercha.

Figura 28: carga en compresión (V_{cy})



Fuente: Elaboración propia en SAP 2000

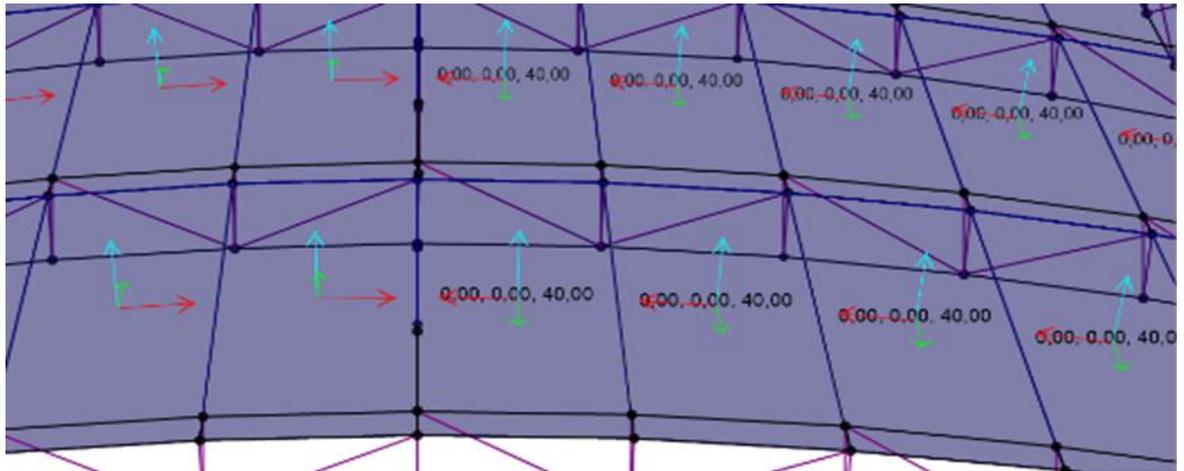
Figura 29: carga en succión (V_{sy})



Fuente: Elaboración propia en SAP 2000

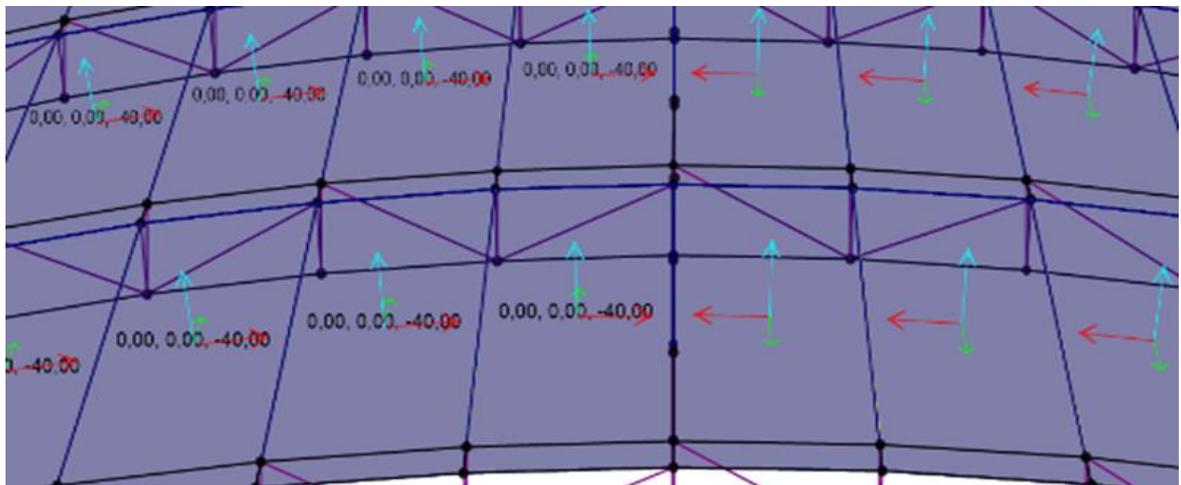
En las figuras 34 y 35, se puede visualizar la carga de viento con su respectivo valor, aplicada en dirección (X) con carga en compresión y succión sobre la cubierta metálica.

Figura 30. carga en succión (V_{sx})



Fuente: Elaboración Propia

Figura 31. Carga en compresión (V_{cx})

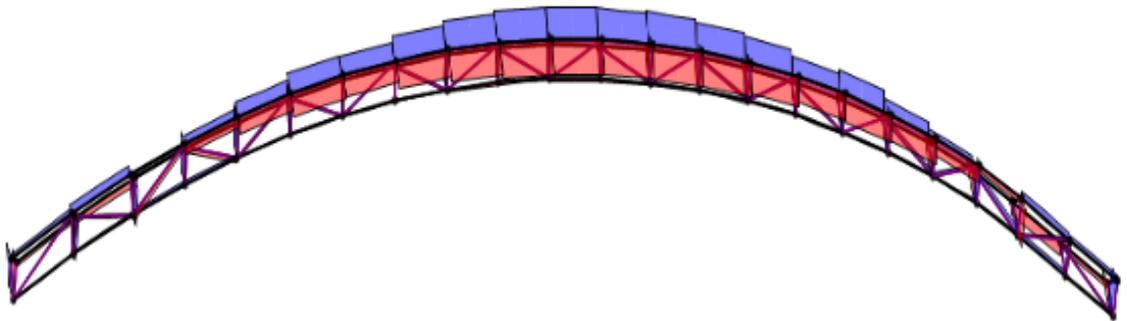


4.5.3.4 Fuente: Elaboración Propia.

- *Análisis y determinación de fuerzas axiales de los elementos.*

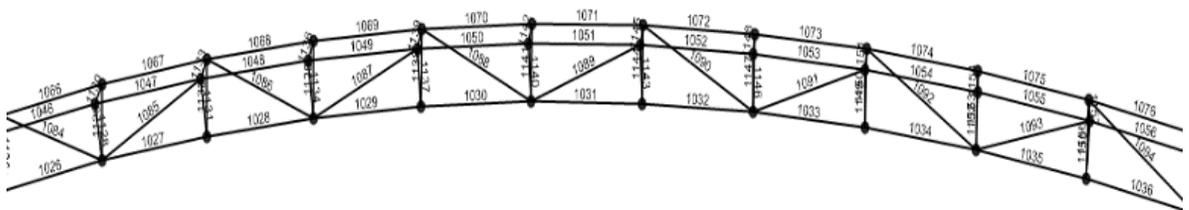
Posteriormente se analizó el modelo y se obtuvieron las cargas axiales producto de las combinaciones en los diferentes elementos y a partir de estos se procedió hacer el diseño directamente sobre el programa de SAP 2000.

Figura 32: Carga axial de la cercha en diagrama.



Fuente: Elaboración propia en SAP 2000

Figura 33: Numeración de los nodos.



Fuente: Elaboración propia en SAP 2000

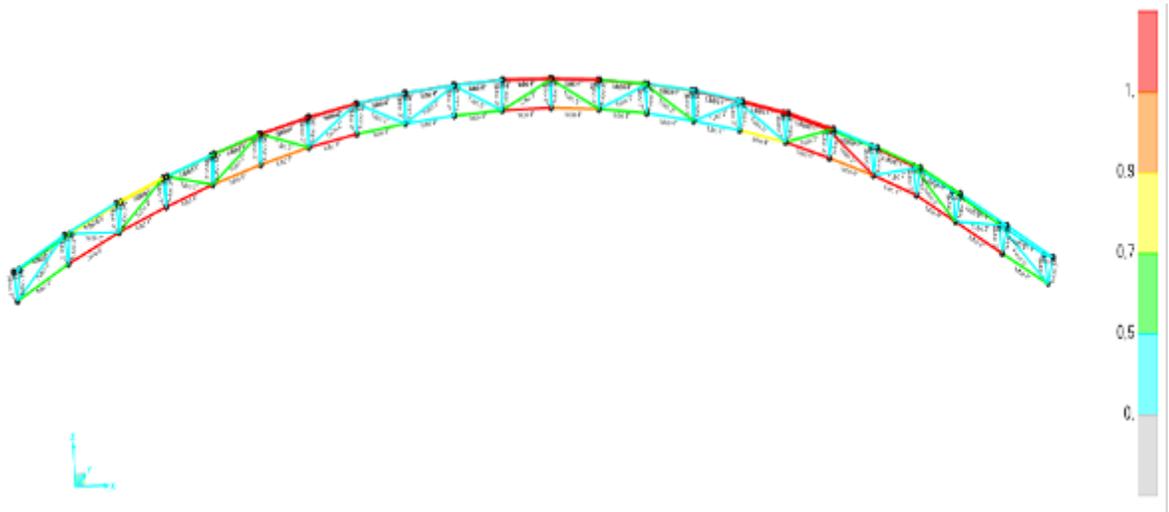
Tabla 47: Elementos a compresión y tensión.

Elemento	Carga Axial-Kgf	
1026	16031,72	Tensión
1027	20993,81	Tensión
1028	20842,54	Tensión
1029	23881,44	Tensión
1030	23789,72	Tensión
1031	24523,69	Tensión
1032	24519,8	Tensión
1033	23573,79	Tensión
1034	23649,72	Tensión
1035	20723,1	Tensión
1036	20864,91	Tensión
1066	-9901,8	Compresión
1067	-9646,62	Compresión
1068	-11764,64	Compresión
1069	-11725,87	Compresión
1070	-12550,99	Compresión
1071	-12007,66	Compresión
1072	-11996,74	Compresión
1073	-11951,38	Compresión
1074	-11059,63	Compresión
1075	-10890,09	Compresión
1076	-8833,3	Compresión
1084	3412,19	Tensión
1085	-2150,39	Compresión
1086	2345,11	Tensión
1087	-1087,42	Compresión
1088	1179,88	Tensión
1089	335,13	Tensión
1090	331,26	Tensión
1091	1400,45	Tensión
1092	-895,76	Tensión
1093	2398,74	Tensión
1094	-2104,45	Compresión
1046	-9552,21	Compresión
1047	-9702,69	Compresión
1048	-11413,49	Compresión
1049	-11344,07	Compresión
1050	-12431,97	Compresión
1051	-12930,29	Compresión
1052	-12929,5	Compresión
1053	-13010,94	Compresión
1054	-11944,21	Compresión
1055	-12204,87	Compresión
1056	-10416,19	Compresión

Fuente: Elaboración propia

- Verificación del cumplimiento de las cargas.

Figura 34: Cumplimiento de cargas.



Fuente: Elaboración propia

Inicialmente se partió de tamaños de 3 pulgadas en los cordones superiores e inferiores y las diagonales de 2 pulgadas en las secciones, hubo la necesidad de incrementar los perfiles y finalmente los perfiles que se optaron para el diseño y que cumplieron con la resistencia requerida son los siguientes:

Tabla 48: perfiles definitivos.

Elemento				
	Redondo		Rectangular	
	Diametro		Correa	Diametro
	pulg	mm		mm
Diagonal	2	60	Correa	120x60
Cordón superior	4	114,3		
Cordón inferior	4	114,3		

Fuente: Elaboración propia

4.6 Presupuesto

A continuación, se presenta el presupuesto preliminar de los materiales de la cubierta metálica, los valores unitarios presentados en la tabla 37, son obtenidos de los proveedores como Homecenter. Cabe mencionar que solo se hizo presupuesto y análisis de precios unitarios de los materiales que fueron ingresados al programa para el diseño de cubierta metálica.

Tabla 49: Presupuesto de los materiales que conforman la cubierta metálica.

PRESUPUESTO GENERAL					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANT	V.UNITARIO	V.PARCIAL
4	CUBIERTA				
4,01	Suministro e instalación de tubo circular metálico de 4" e:2,5mm	ml	922,00	\$ 30.217,00	\$ 27.860.074,00
4,02	Suministro e instalación de tubo circular metálico de 2" e:2,5mm	ml	872,96	\$ 29.695,00	\$ 25.922.547,20
4,03	Suministro e instalación de cercha en correa rectangular metálica 120x60 mm espesor de 2,5 mm. Según diseño	ml	601,80	\$ 49.965,00	\$ 30.068.937,00
4,04	Suministro e instalación de teja master 1000	m2	960,40	\$ 18.862,00	\$ 18.115.064,80
SUBTOTAL					\$ 101.966.623,00
TOTAL COSTO DIRECTO \$ 101.966.623,00 ADMINISTRACIÓN 27% \$ 27.530.988,21 IMPREVISTOS 10% \$ 10.196.662,30 UTILIDAD 5% \$ 5.098.331,15 VALOR TOTAL DEL PROYECTO \$ 144.792.604,66					

4.6.1 Análisis de precios unitarios.

Tabla 50: precios unitarios.

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PRESUPUESTO GENERAL					
PROYECT	ESTUDIO PRELIMINAR Y DISEÑO ESTRUCTURAL ACADÉMICO DE UNA CUBIERTA METÁLICA PARA UNA CANCHA DEPORTIVA EN EL COLEGIO SANTA ISABEL DE HUNGRÍA				
CAPITULO:	CUBIERTA				
No. ART.	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	VR. UNIT.	VR. PARCIAL
1,01	Tubo circular metálico de 4" e:2.5mm	ml	1,00	\$ 25.000,00	\$ 25.000,00
1,02	Tubo circular metálico de 2" e:2.5mm	ml	1,00	\$ 10.900,00	\$ 10.900,00
1,03	Correa rectangular metálica 120x60 mm	ml	1,00	\$ 46.000,00	\$ 46.000,00
1,04	Teja master 1000x6000-28	m2	1	\$ 73.333,00	\$ 73.333,00
VALOR REDONDEADO SUBTOTAL				\$ 155.233,00	\$ 155.233,00
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 155.233,00	

Fuente: Elaboración Propia.

5 RESULTADOS

Resultados del estudio topográfico:

El estudio topográfico nos arroja la caracterización del lote donde se planteó la construcción de la cubierta metálica, las cuales cuentan con medidas generales como el ancho y largo de la cancha de 21 metros x 33 metros, las graderías ubicada a 1 metro en dirección oeste y 7 metros en dirección este.

Se presenta un tipo de cercha o elemento con perfiles metálicos tubulares a dos aguas, con sección triangular tipo cercha, correas rectangulares, además se definió la medida de luz que será de 28 metros, con un voladizo de 1 metro a cada lado para fines de lluvias o iluminación

Resultados del estudio de suelos:

El perfil de suelo existente en el sitio del estudio se clasifica como perfil tipo D, los valores de las velocidades de corte se encuentran entre 200 y 500 m/s, los valores de N de campo se encuentran entre 15 y 50 golpes/pie, suelos de consistencia rígidos. Durante la ejecución de los sondeos y tras la elaboración de los ensayos de laboratorio, es evidente la presencia de materiales

El tipo de fundación propuesta consiste en cimientos Aislados a profundidades de 2,0 y 2,5 metros tomados a partir del nivel de los sondeos.

Las cargas admisibles máximas que resistiría el suelo a dicha profundidad son del orden de:

Sondeo 1:

Las cargas admisibles tomando como referencia un factor de seguridad de 3, son del orden de 60 t/m²: valor conservador y suficiente para las cargas proyectadas.

Los asentamientos máximos son del orden de 20 milímetros, el valor del módulo de elasticidad se toma conservador para suelos medios de consistencia firme a muy firmes.

Sondeo 2:

Las cargas admisibles tomando como referencia un factor de seguridad de 3, son del orden de 40 t/m²: valor conservador y suficiente para las cargas proyectadas.

Los asentamientos máximos son del orden de 10 milímetros, el valor del módulo de elasticidad se toma conservador para suelos medios de consistencia firme a muy firmes.

Sondeo 3:

Las cargas admisibles tomando como referencia un factor de seguridad de 3, son del orden de 20 t/m² valor conservador y suficiente para las cargas proyectadas.

En de importancia resaltar que en este sondeo se presentó nivel freático a los 2.0 metros de exploración y la carga ultima obtenida de laboratorio es mínima en comparación con las cargas de los dos sondeos anteriores. Se recomienda hacer un mejoramiento de suelo si las cargas totales de la estructura supera la carga admisible estimada en el informe o estudio de suelos aquí presentado.

Los asentamientos máximos son del orden de 7 milímetros, el valor del módulo de elasticidad se toma conservador para suelos medios de consistencia firme a muy firmes.

El depósito de suelo estudiado, no presenta alta susceptibilidad a expansión o expansividad, el cual es un comportamiento de las arcillas con alta plasticidad y contenido de minerales expansivos.

El perfil del suelo donde se apoyarán los elementos, de acuerdo con los lineamientos expuestos por la NSR-10, no presenta criterios dominantes para caracterizar el suelo como susceptible a licuefacción, pero al desarrollar el método semi-empírico de Seed and Idrish nos arroja que el suelo es susceptible a licuefacción por sus bajos valores de índice de plasticidad y la relación humedad/limite líquido, por ende, es importante resaltar que se debe evitar la saturación del material en el proceso constructivo.

Resultados del estudio de la cercha metálica:

Elaboración del modelo de la cercha metálica, con base en la información recopilada y suministrada por el levantamiento topográfico y las directivas del Colegio Santa Isabel de Hungría, se construyó un modelo completo de la cubierta metálica, para tener una mejor visualización de la cercha, no se presenta diseño de columnas, debido a que el diseño solamente está dirigido al análisis de cargas gravitacionales.

Durante la elaboración del diseño de la cubierta metálica se presentaron inconvenientes con el cumplimiento de resistencia de la cercha, debido principalmente a las dimensiones de la estructura, en el momento de modelar la estructura se evidenció que no estaba cumpliendo por algunos problemas de rigidez y resistencia en algunos elementos de los cordones superiores, para solucionar este inconveniente, se aumentó la altura de la cercha y se incrementó los diámetros, hasta que se alcanzaron las resistencia requeridas.

El estudio académico estructural realizado en el programa SAP 2000 nos arrojó que, para la cercha propuesta al principio del estudio, los perfiles tubulares tienen que cumplir con unas dimensiones mínimas de espesor y diámetro las cuales son: perfiles PTE tubulares de 4 pulgadas x 0.25 milímetros de espesor ubicados en la parte superior e inferior de la cercha y perfiles PTE tubulares de 2 pulgadas x 0.25 milímetros de espesor ubicados en la parte central como en las diagonales de la cercha.

Se utilizan correas PTE rectangulares de 120 milímetros x 60 milímetros y 0.25 milímetros de espesor. Para fines de modelamiento en el programa se proponen 8 cerchas con separaciones de 5 metros, 5 cumbreras con separaciones de 6.6 metros, apoyando las cumbreras laterales en las columnas, 8 en total separadas a 5 metros.

6 APORTE AL CONOCIMIENTO

Durante el periodo de la práctica empresarial se adquirió un amplio conocimiento respecto a diversos puntos de la profesión ingeniería civil, entre estos está el área de topografía, suelos, diseño estructural y manejo de software.

Con el trabajo desarrollado en el transcurso de la práctica se complementó y afianzó los conceptos vistos en teoría, de igual forma se aportó a la Institución Educativa Colegio Santa Isabel de Hungría una pre-visualización del alcance que tiene una construcción de esta envergadura y los procesos llevados a cabo para el fin deseado.

En el caso del área topográfica nuestro aporte fue fundamental a la hora de caracterizar la zona y darles una mejor visualización a las directivas del colegio sobre cómo se lleva el proceso preliminar de la construcción de este tipo de estructura, explicarles de manera gráfica y muy didáctica los planos de la zona y así el flujo de información entre los dos puntos fue el esperado.

Seguidamente en el área del estudio Geotécnico nuestro aporte fue muy substancial a la hora de caracterizar la estratigrafía del suelo presente en la zona estudiada, Haciendo exploraciones de SPT con perforaciones a diferentes profundidades por el método manual con la colaboración de dos ayudantes de obra, proporcionando los parámetros para hacer el respectivo análisis para suministrar los datos de resistencia del suelo y dimensionamiento de la cimentación.

Otro aporte agregado fueron Los diseños estructurales de la cubierta metálica, sumamente importantes a la hora de diseñar un proyecto, para esto es preciso tener conocimiento de la Norma NSR- 10 y así prevenir cualquier imprevisto con la estructura, importante hacer la respectiva revisión de los modelos y memorias de cálculo como del análisis de carga y combinaciones utilizadas. Para finiquitar el diseño estructural se hizo la representación completa de la estructura metálica para tener una mejor visualización de los interesados.

7 CONCLUSIONES

En el presente informe se logra abarcar de una manera eficaz los objetivos planteados al principio del mismo y desarrollar de manera idónea las actividades concernientes para conseguir los resultados esperados.

se hace el respectivo apoyo y realización de los estudios de suelos y topografía identificando las propiedades geotécnicas y características topográficas del lugar dando como resultado para las condiciones geotécnicas y topográficas del sitio del proyecto, no se contempla la evaluación de la estabilidad de taludes temporales de corte, la necesidad y planteamiento de alternativas de excavación soportadas con sistemas temporales de contención en voladizo, apuntalados o anclados.

La ejecución de la exploración de campo, se concluyó sin mayores contra tiempos, los materiales encontrados en la estratigrafía se componen generalmente de arenas con algunas presencias de gravas y finos con baja plasticidad de consistencia firme a muy firme. El perfil de suelo existente en el sitio del estudio se clasifica como perfil tipo D, los valores de las velocidades de corte se encuentran entre 200 y 436 m/s, los valores de N de campo se encuentran entre 15 y 50 golpes/pie, suelos de consistencia rígidos.

Debido a la variación de las características geotécnicas y de los materiales que conforman el subsuelo de fundación, es posible que las condiciones de cimentación varíen drásticamente de una zapata a otra, por tanto, se recomienda que la capacidad de carga, asentamientos y profundidades, son adaptables solo al sitio donde se realizó dicho sondeo. Es conveniente el uso de drenaje superficial mediante cunetas perimetrales a las estructuras de manera que se minimice la infiltración y los incrementos de humedad que generarían cambios volumétricos en los materiales expansivos y en general detrimento de las propiedades geomecánicas.

La ubicación de las investigaciones de campo se hizo por medio de investigaciones puntuales, ubicadas sobre planos a nivel de anteproyecto, es posible que en el proyecto final exista algún desplazamiento en la ubicación de los apoyos u otros elementos estructurales, por lo que pueden presentarse pequeñas discrepancias en la profundidad de los estratos definidos con relación a la obtenido en los sondeos. Se recomienda la aprobación previa del ingeniero de suelos, para la determinación de la profundidad de fundación con base a la excavación en sitio y los materiales que de ella son expulsados, verificando la estratigrafía del suelo y los cambios de la misma.

Para el desarrollo eficiente del estudio arquitectónico se tuvo ciertos criterios en cuenta, como cuál es la necesidad que presenta el colegio Santa Isabel de Hungría, además tener presente las diferentes recomendaciones que había dado el colegio como el tipo de cercha o elemento, con perfiles metálicos tubulares a dos aguas, con sección triangular tipo cercha, correas rectangulares, además se definió la medida de luz que será de 28 metros, con un voladizo de 1 metro a cada lado para fines de lluvias o iluminación.

El diseño de la cubierta metálica se realizó en el software SAP 2000, programa en el cual al momento de diseñar la estructura se puede especificar sus propiedades y dimensiones, se modeló la estructura completa para tener una mejor representación de la cercha, además para evaluar el desempeño de la estructura metálica, se tuvo en cuenta la Norma vigente de diseño Sismo resistente NSR-10-capítulo B y F, cabe mencionar que el análisis se centra solamente en la cercha tipo y correas tipo, debido a que el diseño no es sísmico y solo se analizó los elementos por carga gravitacionales. Los perfiles utilizados fueron PTE tubulares de 4 pulgadas x 0.25 milímetros de espesor ubicados en la parte superior e inferior de la cercha y perfiles PTE tubulares de 2 pulgadas x 0.25 milímetros de espesor ubicados en la parte central como en las diagonales de la cercha, correas PTE rectangulares de 120 milímetros x 60 milímetros y 0.25 milímetros de espesor.

8 BIBLIOGRAFÍA

- A. Torres, E. (2001). *Topografía*. Santafé de Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- AC-Ingeniería. (2018). *Construcción de Cubierta Termo-acustica y Estructura Metalica*. San Pedro .
- Alcántara, D. (2014). *Topografía y sus aplicaciones*. Mexico: Continental.
- C.McCormac, J. (2012). *Diseño de Estructuras de Acero*. Mexico.
- Crespo Villalaz, C. (2004). *Mecánica de suelos y cimentaciones*. México: Limusa.
- Das, B. M. (2016). *Fundamento de ingeniería de fundaciones*. México: Cengage Learning.
- E.Gustin, j. (1980). *Estructura metalica*. Barcelo,España: Editores tecnicos asociados,s.a.
- GruntsWork. (2018). *CSI SPAIN-Computers and Structures, Inc*. Obtenido de <http://www.csiespana.com/software/2/sap2000>
- Grupo Industrial P y C, S. (2018). *Estructura Metalica y policarbonato*. Estado de Puebla .
- Ingenierias. (s.f.). *Estahl ingenierias estructuras de acero*. Obtenido de <http://estahl.com.co/uso-del-acero-las-estructuras-metalicas-modernas/>
- INGEOMINAS, I. C. (2005). *ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA DE ALGUNAS LADERAS DE LOS MUNICIPIOS DE BUCARAMANGA, FLORIDABLANCA, GIRÓN Y PIEDECUESTA*. Bucaramanga : INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA INGEOMINAS.
- Instituto Nacional de Vias, N. d. (2012). *Ensayo Normal de Penetracion (SPT) y muestreo de suelos con tubo partido. E-111-13*. bogota : Instituto nacional de vias.
- Instituto Nacional de Vias, N. d. (2012). *Ensayo Normal de Penetración (SPT) y muestreo de suelos con tubo partido.E-111-13*. Bogota: INVIAS. Recuperado el 11 de Junio de 2018
- INVIAS, E. G. (2013). *Determinación de Límite Líquido de los suelos I.N.V.E-125-13*. Bogota: Instituto Nacional de Vías.
- INVIAS, E. G. (2013). *Ensayo Normal de Penetración (SPT) y muestreo de suelos con tubo partido.E-111-13*. Bogota: Instituto Nacional de Vías. Recuperado el 11 de Junio de 2018
- INVIAS, E. G. (2013). *Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos I.N.V.E-126-13*. Bogota: Instituto Nacional de Vías.
- J.Royero Gutierrez, J. C. (2001). *TuinfoPRO*. Recuperado el 30 de mayo de 2018, de <http://www.tuinfopro.com/?memoriassantander>
- Juarez Badillo, E. (2005). *Mécanica de suelos*. Mexico: Limusa.
- Manrique, C. (2017). *Evaluación del comportamiento de terraplenes realizados con geobloques sobre suelos compresibles*. Bucaramanga:

Universidad Pontificia Bolivariana.
NSR-10, R. C. (2010). *Titulo B-Cargas* . Bogotá: Asociación Colombiano de Ingeniería Sismica.
Resistentes, C. a. (2010). *Estudios Geotécnicos*. Bogota: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.
S.A, S. y. (2018). *Estudio de suelos planta de Tratamiento altos del Bosque . Piedecuesta-SANTANDER* .
Vias, I. N. (2012). *Normas de Ensayo de materiales para Carretera*. Bogota: INVIAS.

9 ANEXOS

9.1 Registro fotográfico (elaboración propia)

Anexo 1. Levantamiento Topográfico



Fotografía 7. Ejecución de sondeo.



Fotografía 8. Ejecución de sondeo.



Fotografía 9. Ejecución de sondeo.



Fotografía 10. Ejecución de sondeo.



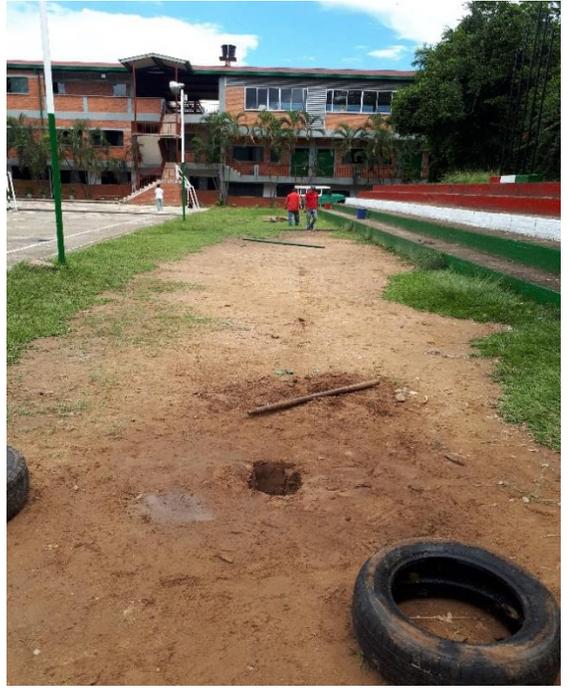
Fotografía 11. Ejecución de sondeo.



Fotografía 12. Ejecución de sondeo.



Fotografía 13. Ejecución de sondeo.



Fotografía 14. Ejecución de sondeo.



Fotografía 15. Ejecución de sondeo.



Fotografía 16. Ejecución de sondeo.



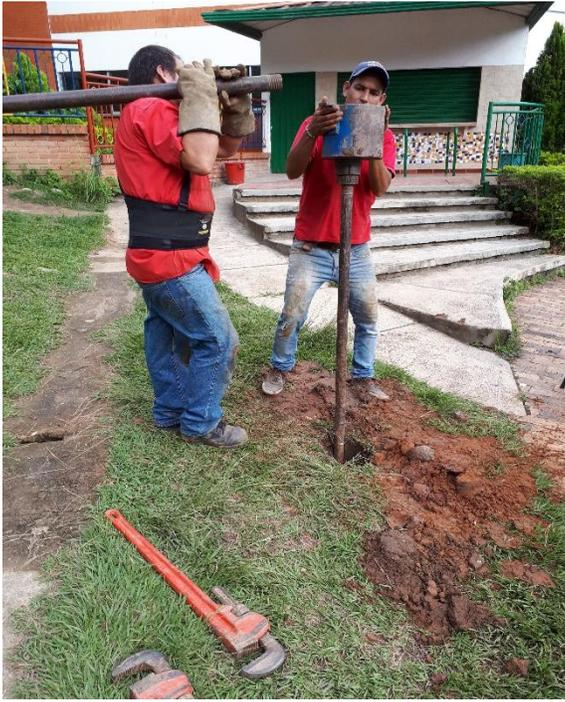
Fotografía 17. Ejecución de sondeo.



Fotografía 18. Ejecución de sondeo.



Fotografía 19. Ejecución de sondeo.



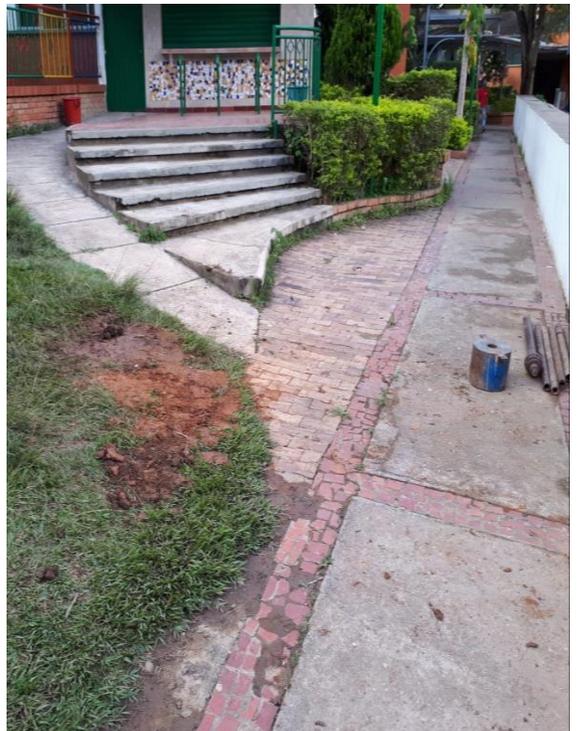
Fotografía 20. Ejecución de sondeo.



Fotografía 21. Ejecución de sondeo.



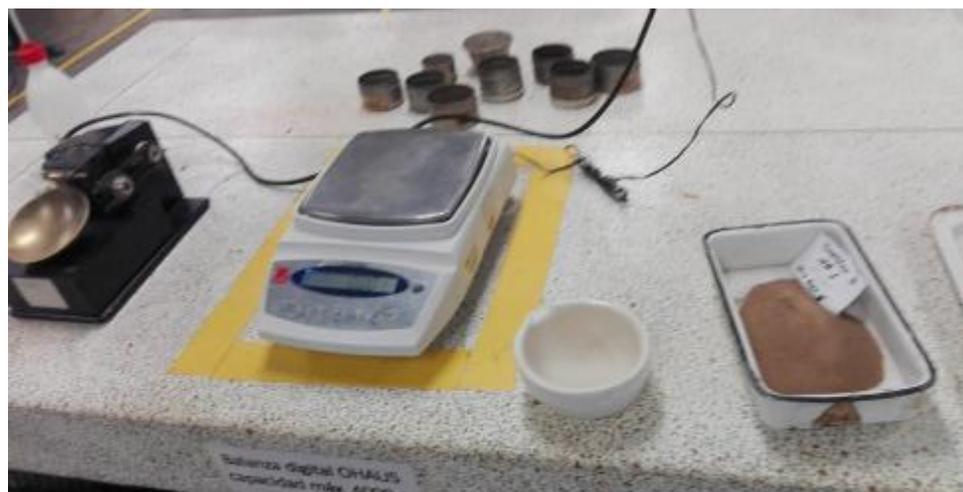
Fotografía 22. Ejecución de sondeo.



Anexo 2: Ensayo de límite de plasticidad

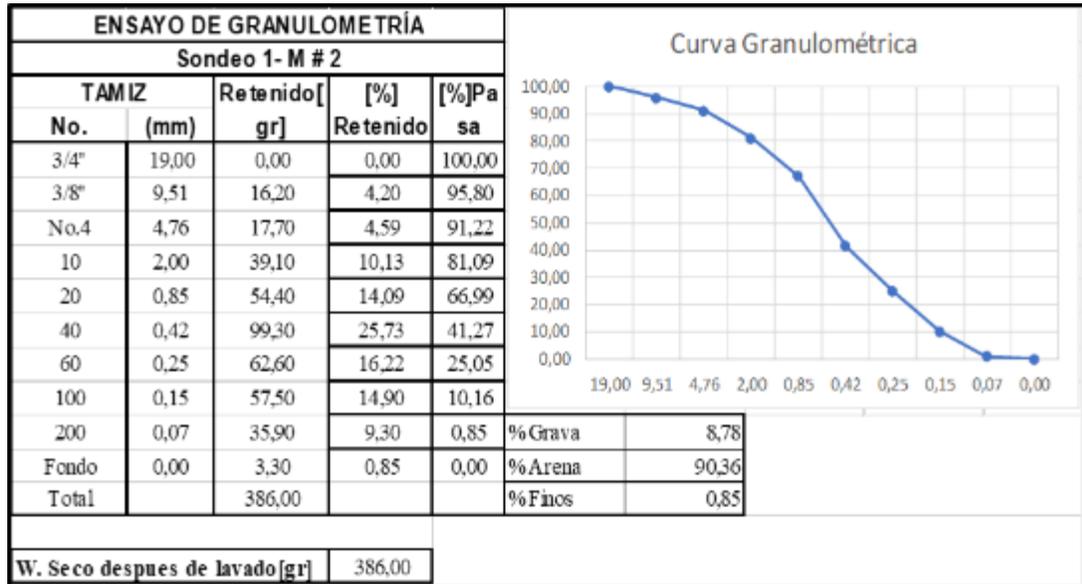
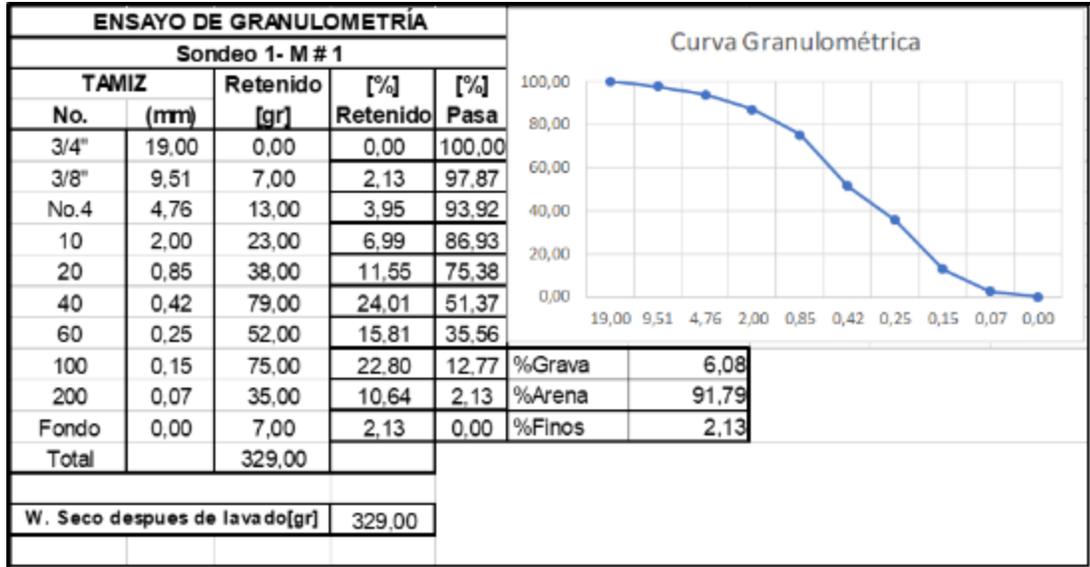


Anexo 3: Ensayo de límite de líquido.

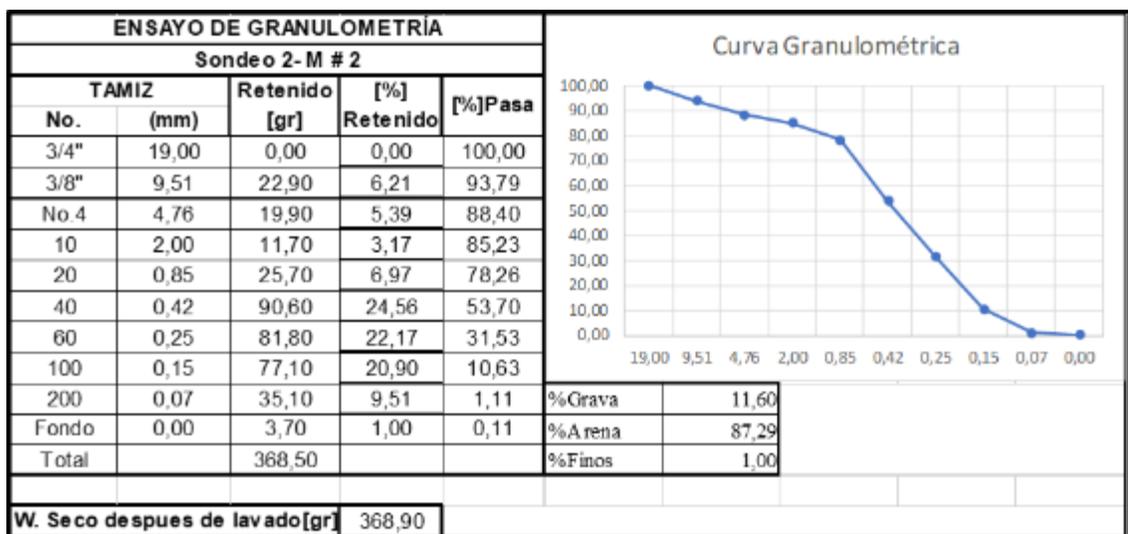
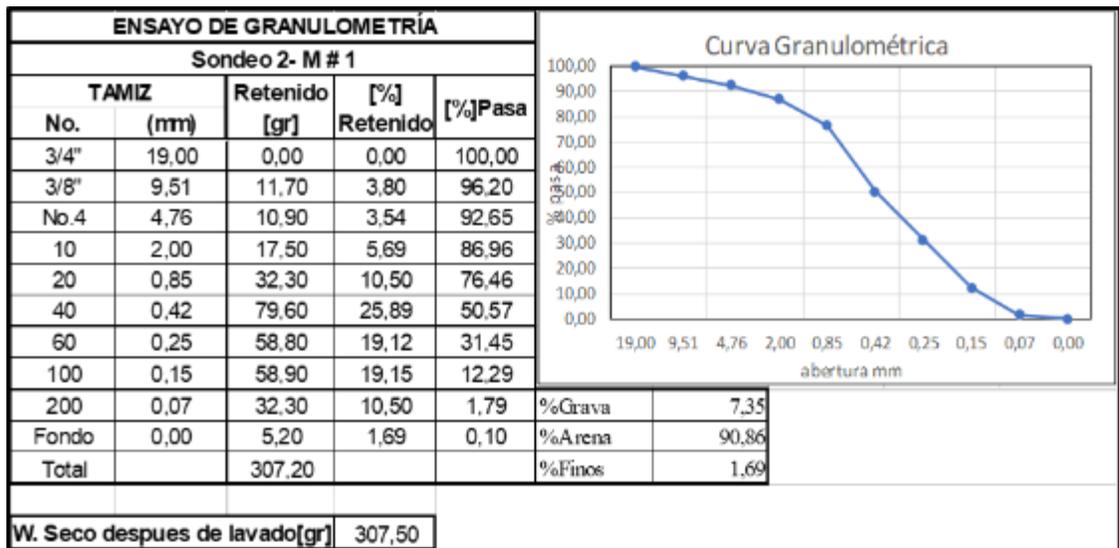


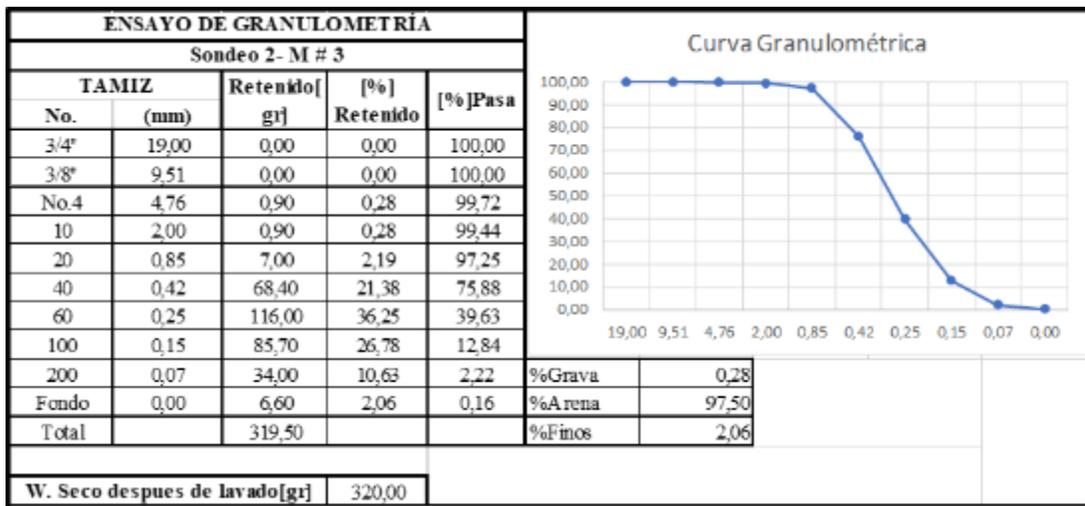
9.2 Tablas de granulometría

Anexo 4 : Sondeo 1

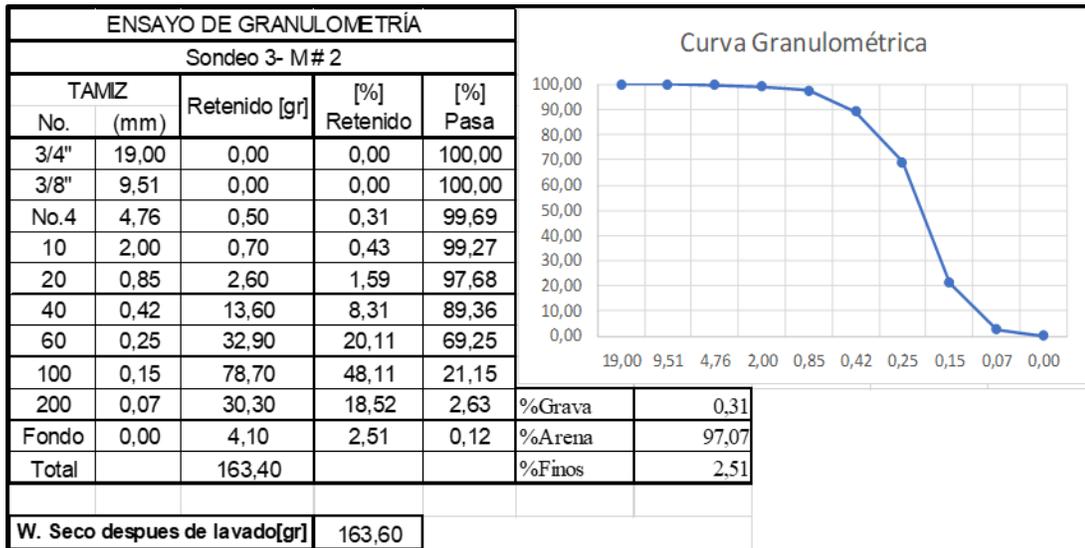


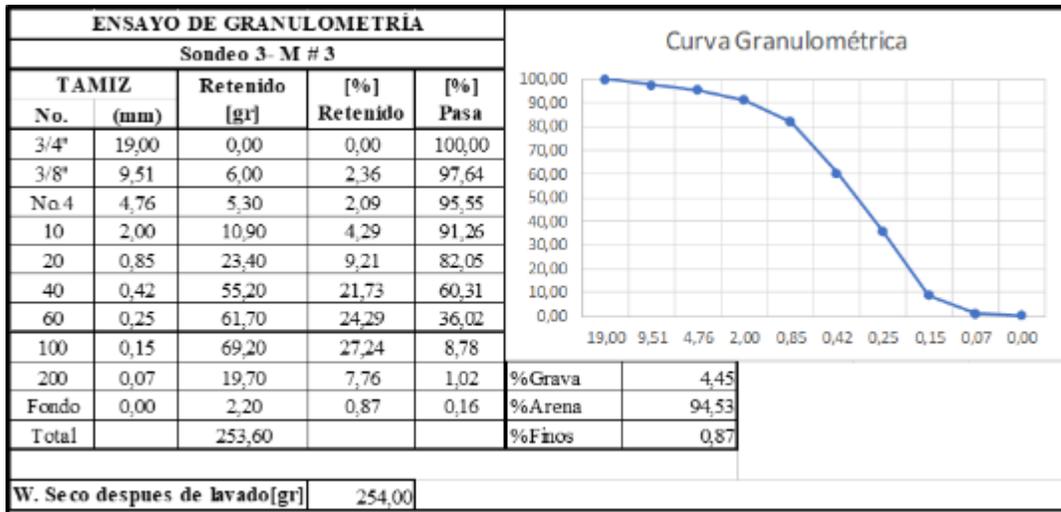
Anexo 5: Sondeo 2





Anexo 6: Sondeo 3





9.3 Límite de ATTERBERG

Anexo 7: Tablas de límite de Atterberg-sondeo 1

LIMITES DE ATTERBERG			
SONDEO 1-MUESTRA 1			
LIMITE LIQUIDO			
No.GOLPES	19	24	38
P1(gr)	41,72	41,52	47,99
P2(gr)	38,89	38,84	45,03
P3(gr)	27,4	27,29	31,94
%HUMEDAD	24,63	23,20	22,61
LIMITE LIQUIDO		23,48	
LIMITES DE ATTERBERG			
SONDEO 1-MUESTRA 2			
LIMITE LIQUIDO			
No.GOLPES	14	27	34
P1(gr)	37,39	54,97	35,75
P2(gr)	34,16	52,26	33,15
P3(gr)	21,14	40,68	21,2
%HUMEDAD	24,81	23,40	21,76
LIMITE LIQUIDO		23,32	

Anexo 8: Tablas de límite de Atterberg-sondeo 2

LIMITES DE ATTERBERG			
SONDEO 2-MUESTRA 1			
LIMITE LIQUIDO			
No.GOLPES	15	26	38
P1(gr)	38,81	31,98	58,52
P2(gr)	36,21	29,70	54,73
P3(gr)	27,36	21,30	40,59
%HUMEDAD	29,38	27,14	26,80
LIMITE LIQUIDO		27,77	
LIMITES DE ATTERBERG			
SONDEO 2-MUESTRA 2			
LIMITE LIQUIDO			
No.GOLPES	15	25	35
P1(gr)	40,69	29,23	33,81
P2(gr)	37,71	27,55	30,64
P3(gr)	27,45	21,12	21,27
%HUMEDAD	29,04	26,13	33,83
LIMITE LIQUIDO		29,67	
LIMITES DE ATTERBERG			
SONDEO 2-MUESTRA 3			
LIMITE LIQUIDO			
No.GOLPES	20	26	34
P1(gr)	32,43	42,96	28,91
P2(gr)	30,01	40,75	27,50
P3(gr)	21,11	32,14	21,78
%HUMEDAD	27,19	25,67	24,65
LIMITE LIQUIDO		25,84	

Anexo 9: Tablas de límite de Atterberg-sondeo 3

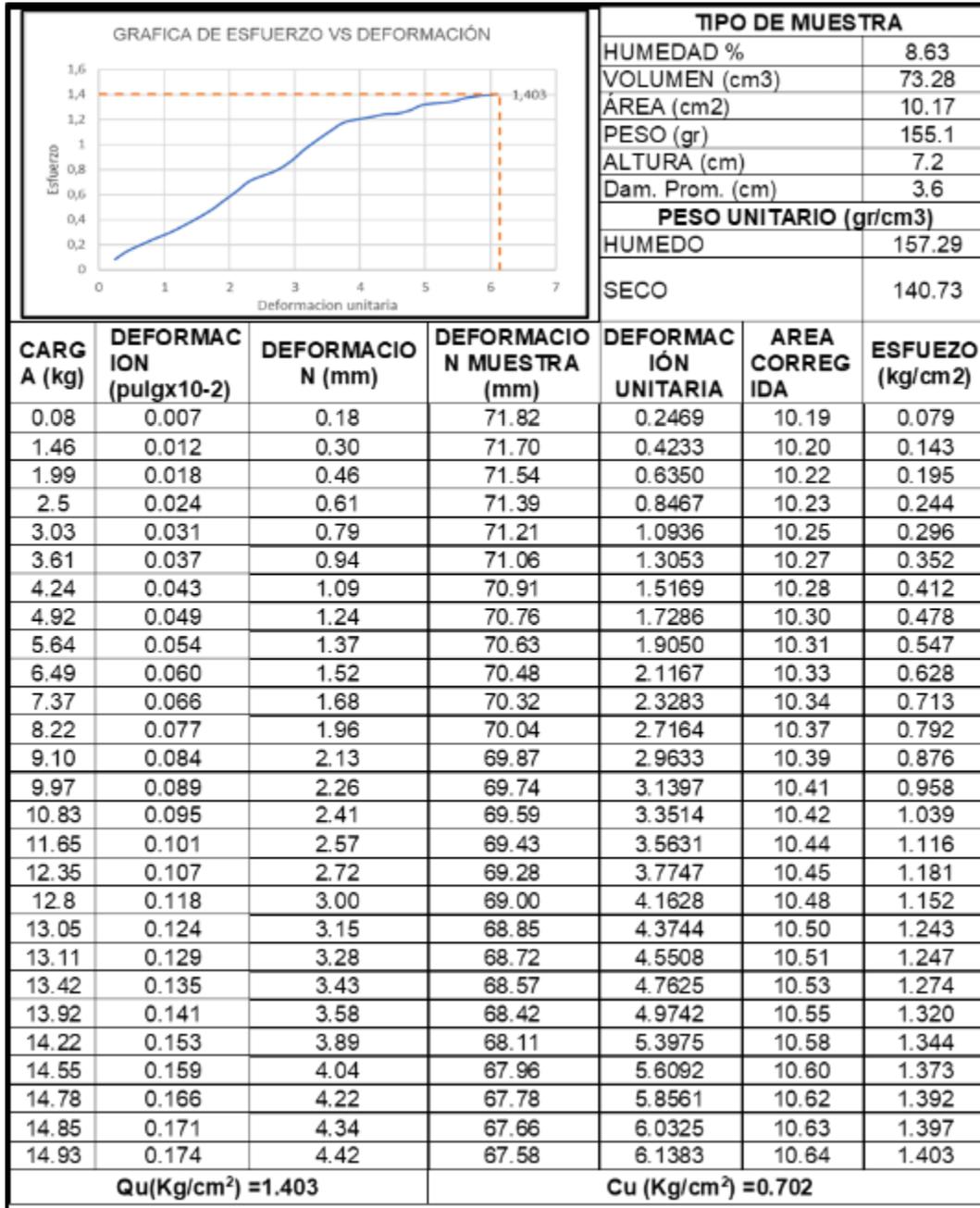
LIMITES DE ATTERBERG			
SONDEO 3-MUESTRA 1			
LIMITE LIQUIDO			
No.GOLPES	19	28	35
P1(gr)	25,76	36,38	35,55
P2(gr)	24,48	35,36	33,52
P3(gr)	20,87	32,24	27,19
%HUMEDAD	35,46	32,69	32,07
LIMITE LIQUIDO	33,41		
LIMITES DE ATTERBERG			
SONDEO 3-MUESTRA 2			
LIMITE LIQUIDO			
No.GOLPES	18	24	31
P1(gr)	26,55	36,42	26,85
P2(gr)	25,42	35,46	25,61
P3(gr)	21,34	31,90	20,96
%HUMEDAD	27,70	26,97	26,67
LIMITE LIQUIDO	27,11		
LIMITES DE ATTERBERG			
SONDEO 3-MUESTRA 3			
LIMITE LIQUIDO			
No.GOLPES	16	24	36
P1(gr)	26,95	31,64	24,22
P2(gr)	25,8	30,69	23,24
P3(gr)	21,39	27,01	18,99
%HUMEDAD	26,08	25,82	23,06
LIMITE LIQUIDO	24,98		

Anexo 10: índice de plasticidad

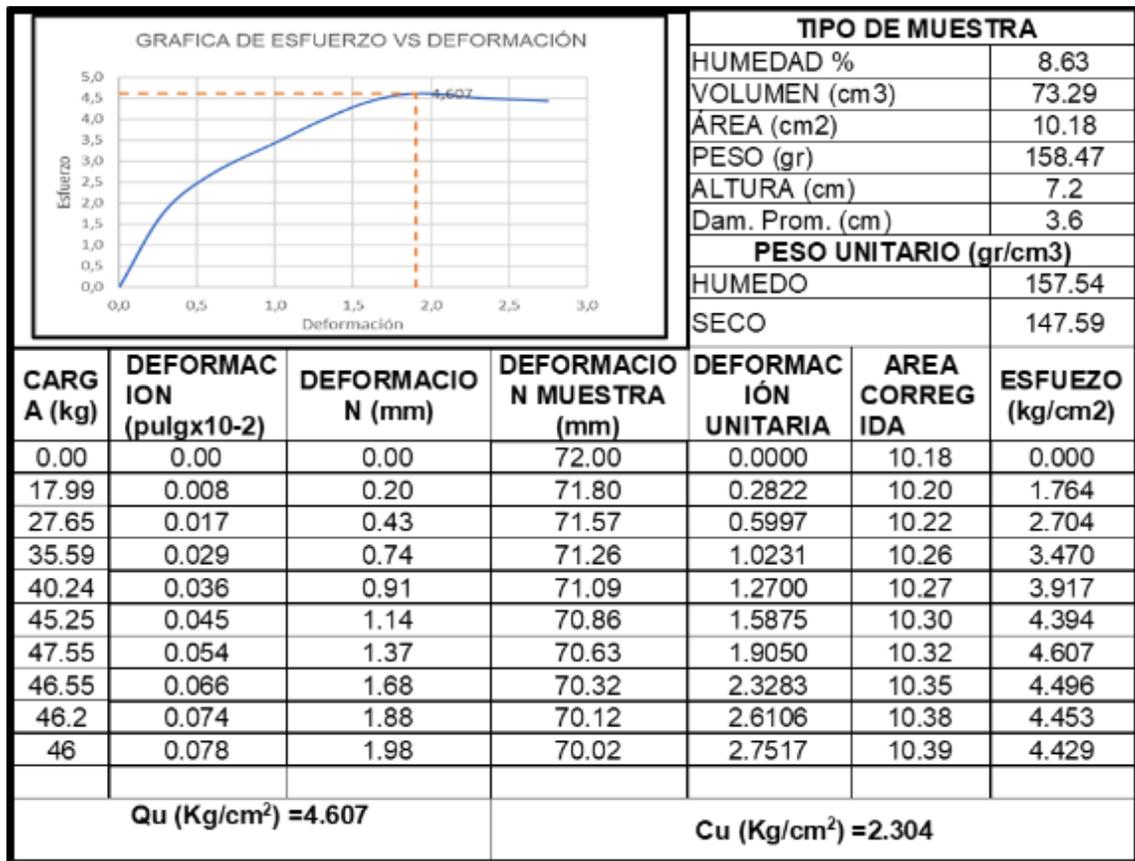
INDICE DE PLASTICIDAD			
	LL	LP	IP
SONDEO 1	23,40	20,77	2,63
SONDEO 2	27,76	22,10	5,66
SONDEO 3	28,50	21,99	6,51

9.4 Compresión simple

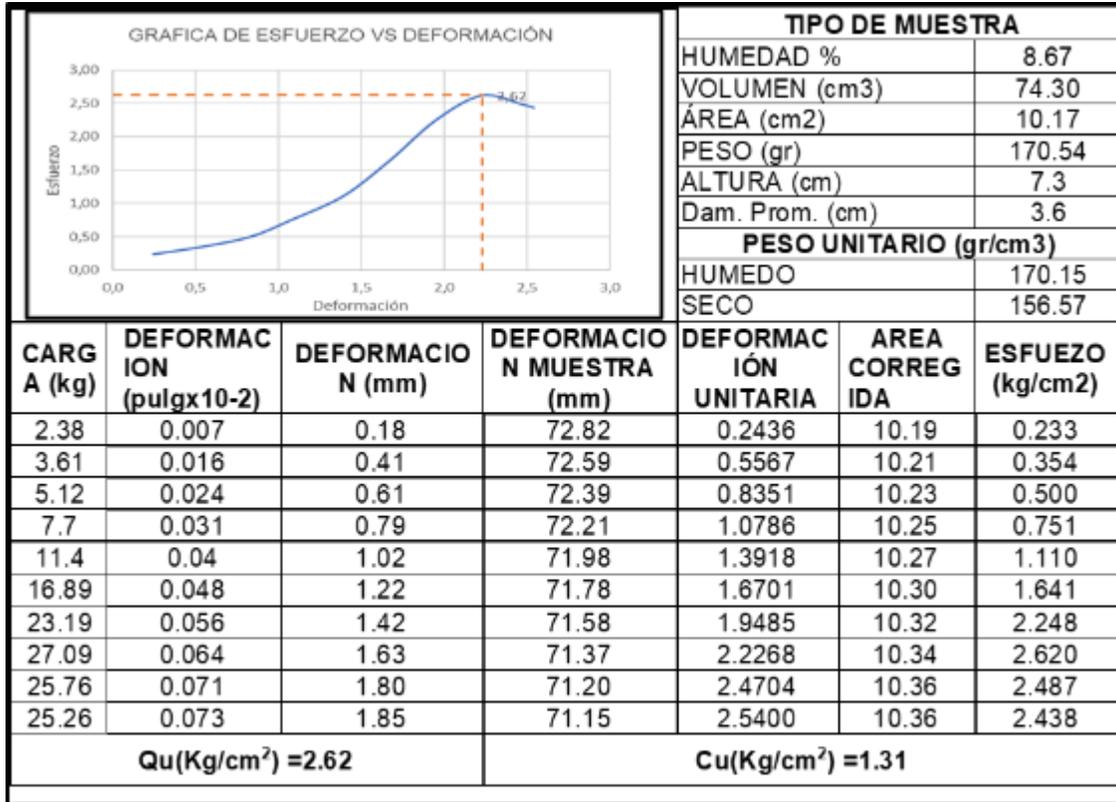
Anexo 11: Compresión simple-sondeo 1-muestra 4



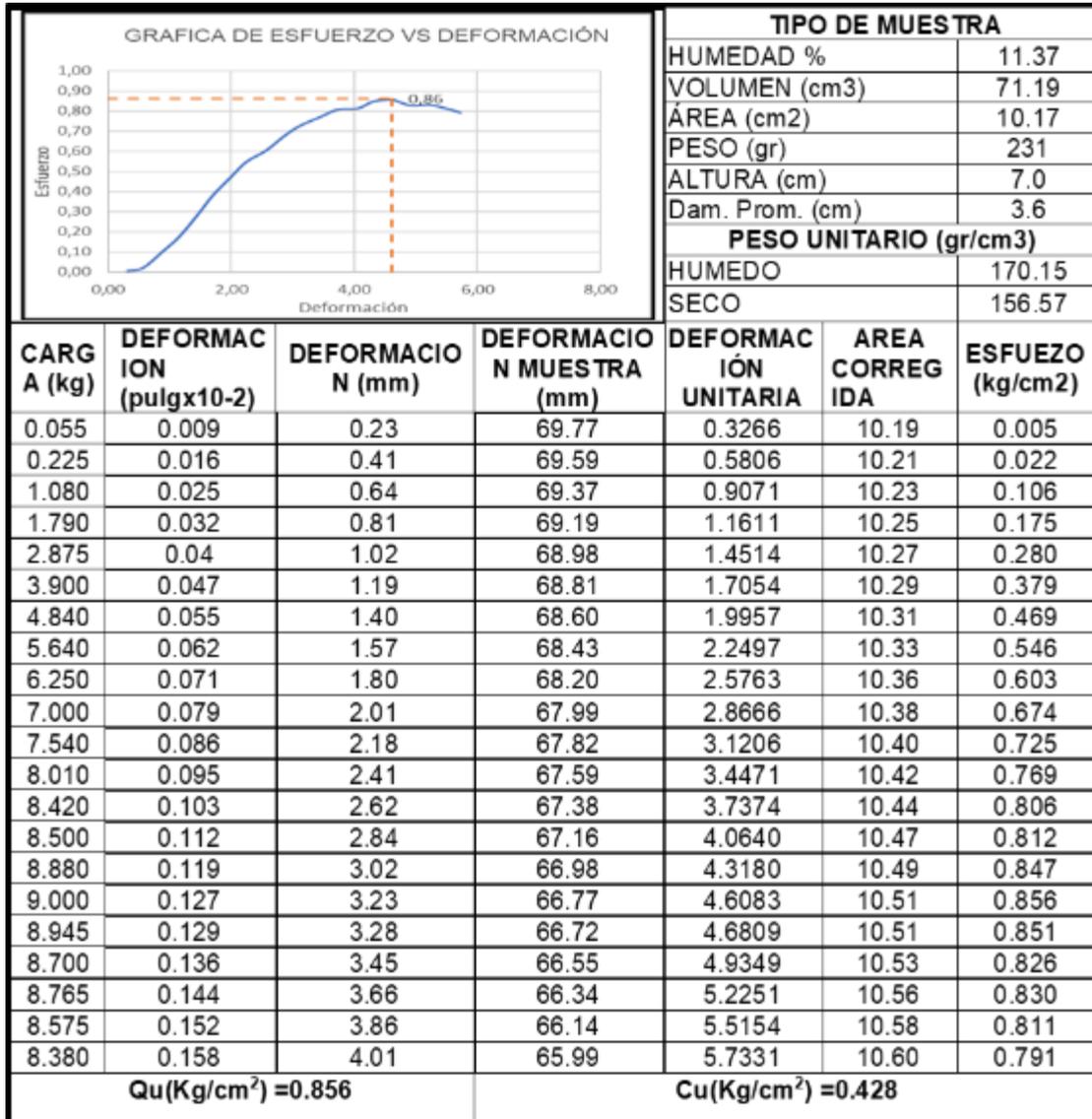
Anexo 12: Compresión simple-sondeo 1-muestra 6



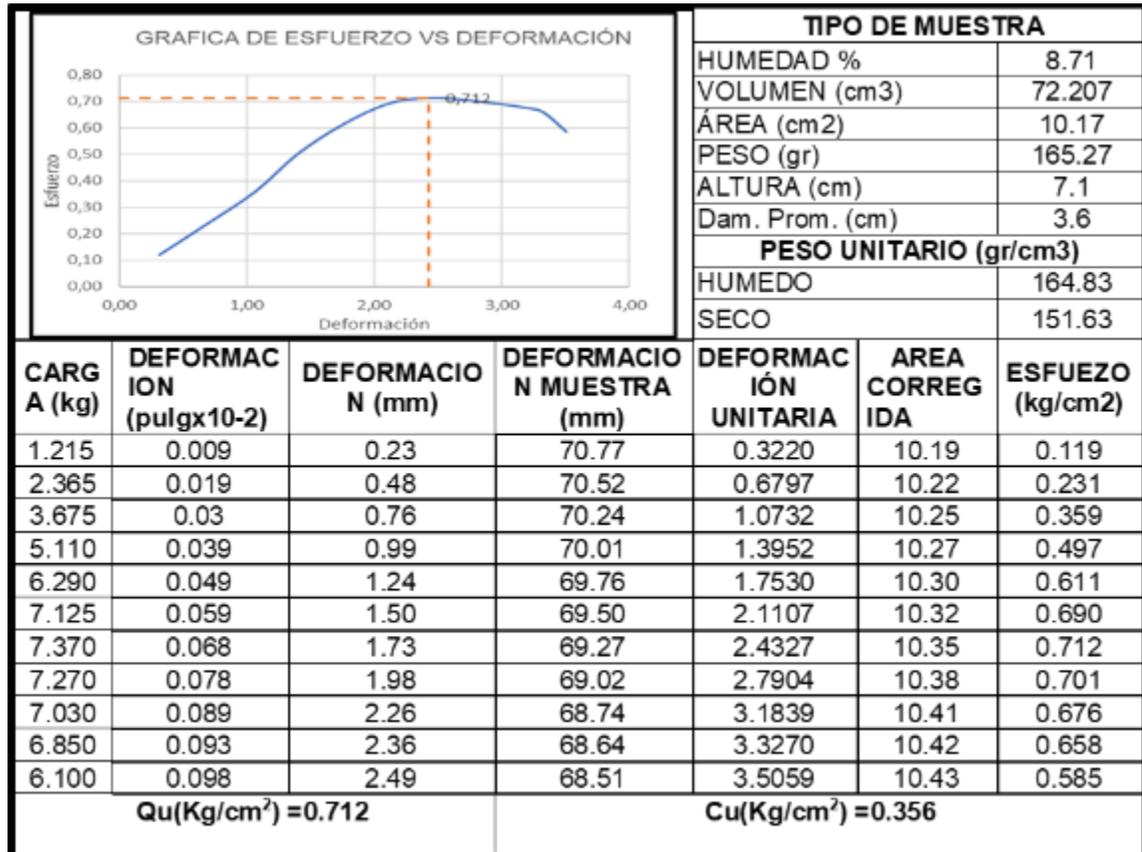
Anexo 13: Compresión simple-sondeo 2-muestra 4



Anexo 14: Compresión simple-sondeo 3-muestra 4



Anexo 15: Compresión simple-sondeo 3-muestra 6



Anexo 16: Ficha técnica de tubería estructural

Mejores materiales. Mejores obras.

Metaltub Tubería Estructural

METALTUB TUBERÍA ESTRUCTURAL REDONDA
(Acabado Negro y Galvanizado)

REFERENCIA	Espesores en milímetros											Unidad de Empaque	
	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0		12.0
Tubos Redondos (")													
Diámetro Nominal	Diámetro Externo (pulg)	Diámetro Externo (mm)	Peso Teórico Calculado (kg / m)										
1 - 1/2"	1.89"	48mm	1.72	2.27	3.33							91	
2"	2.36"	60mm		2.86	3.55							61	
2 - 1/2"	2.87"	73mm		3.50	4.35							37	
3"	3-1/2"	89mm		4.29	5.33	6.36	8.38					37	
4"	4-1/2"	114.3mm			6.89	8.23	10.88					19	
4"	4-1/2"	114.3mm						16.03				1	
6"	6"	152.4mm				14.61	21.66	28.49				1	
8"	8-5/8"	219.1mm					26.40	41.64	51.56			1	
10"	10-3/4"	273.1mm						45.93	58.61	77.40	92.29	1	
12"	12-3/4"	323.9mm							62.31			1	

Estructural Negro y Galvanizado A500 Grado C
 Estructural Negro A500 Grado C
 Estructural Negro A500 Grado A

**METALTUB
TUBERÍA ESTRUCTURAL
RECTANGULAR**

(Acabado Negro y Galvanizado)

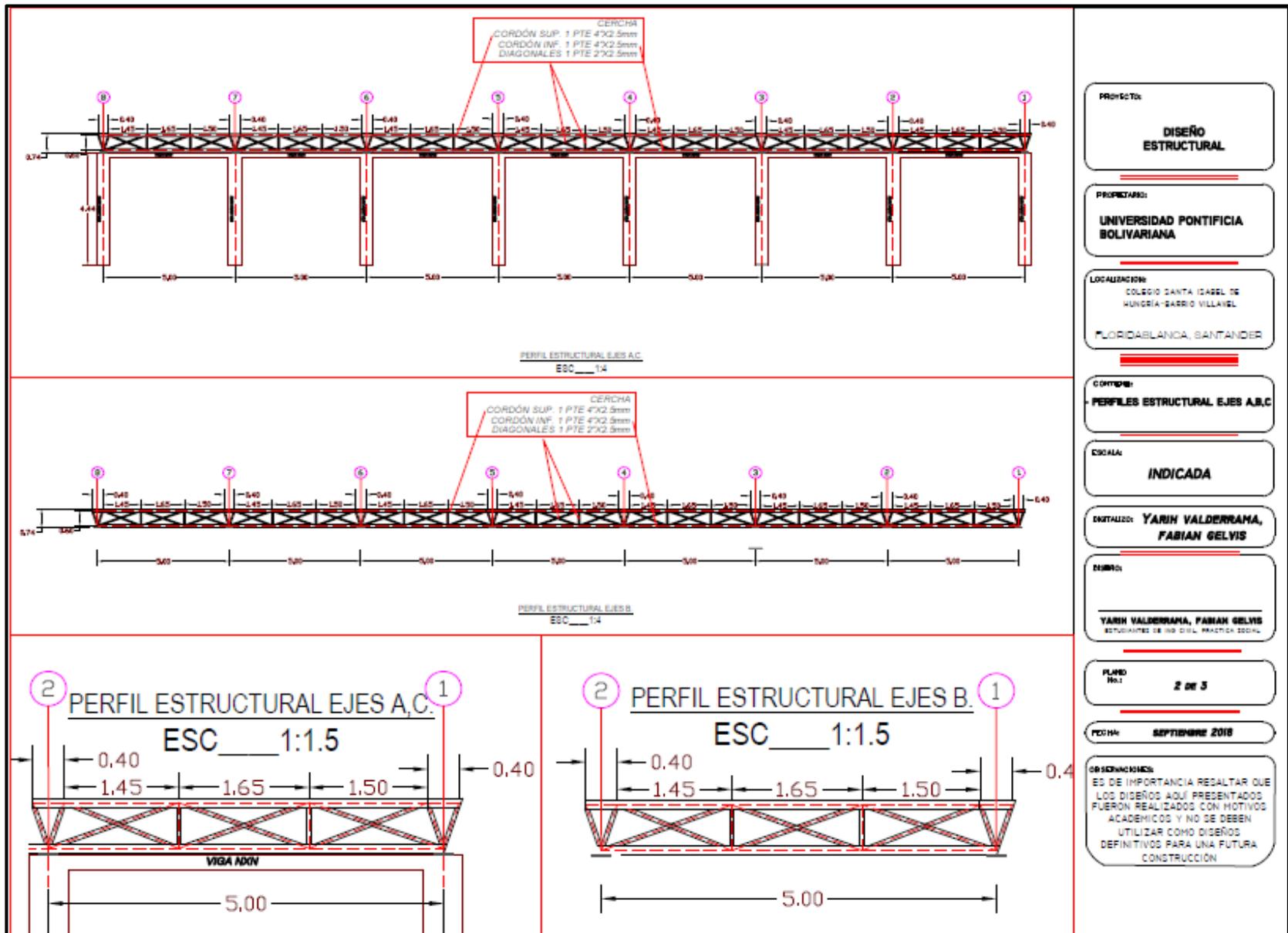


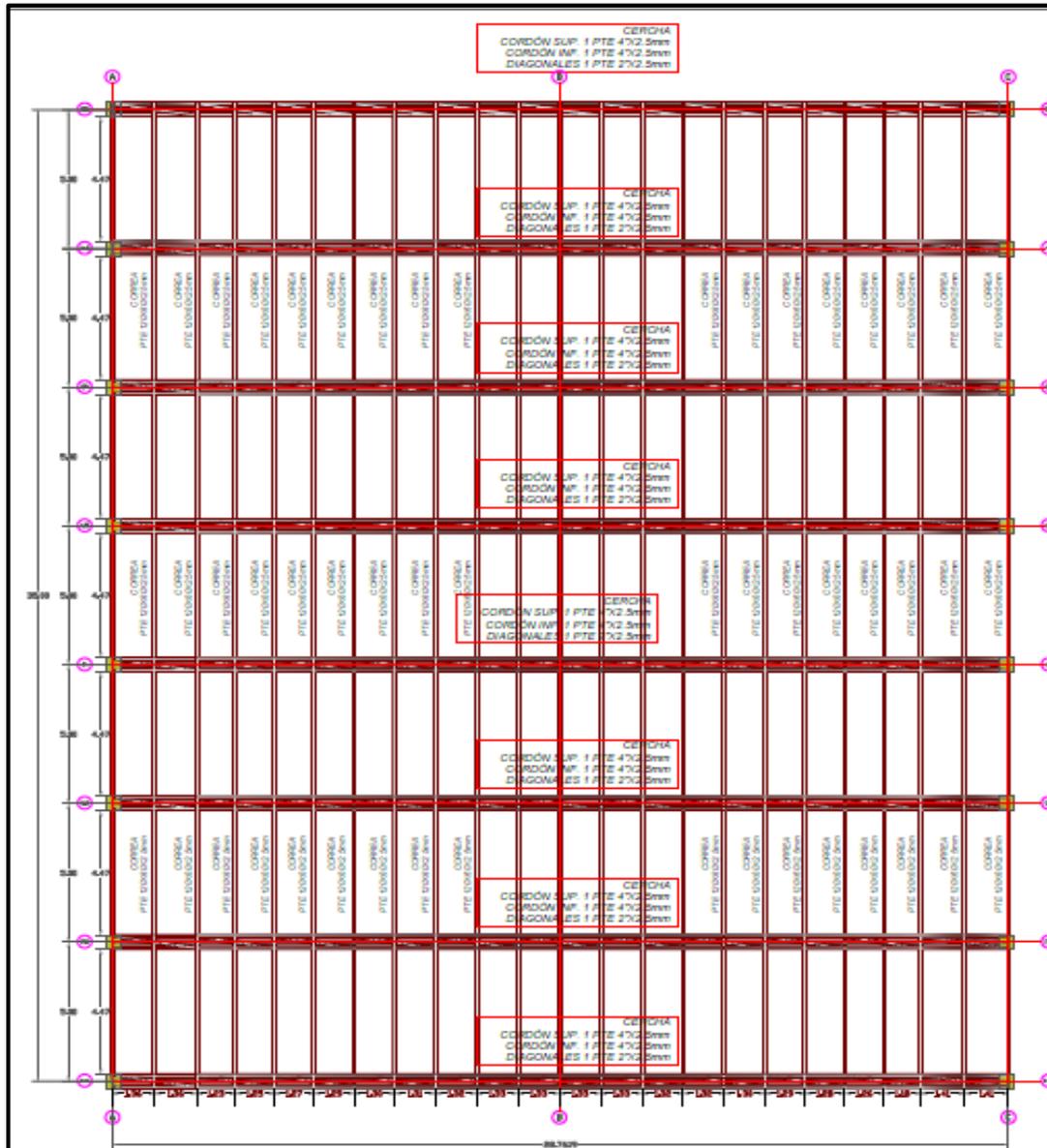
REFERENCIA	ESPESORES EN MILIMETROS										Unidad de Empeque	
	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0		10,0
Tubos Rectangulares (mm)	Peso Teórico Calculado (kg / m)											
60 x 40	2,24	2,93										100
76 x 38	2,57	3,37	4,15	4,90								72
90 x 50		4,19	5,17	6,13								60
100 x 50		4,50	5,56	6,60								50
120 x 60		5,45	6,74	8,01								50
150 x 100				11,31	14,87		21,69					32
200 x 70				12,25	16,13		23,58					40
200 x 100				13,67	18,01		26,40					28
250 x 100				16,02		26,18						28
250 x 150						30,11						18
300 x 100				18,38		30,11		41,43		52,34		24
300 x 150									53,22		65,49	10

Estructural Negro y Galvanizado A500 Grado C
Estructural Negro A500 Grado C

9.5 Planos de la cercha estructural

Anexo 17: Planos de la cercha metálica.





PLANTA CUBIERTA
ESC. 1:5

PROYECTO:

**DISEÑO
ESTRUCTURAL**

PROFESOR:

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA
BOLIVARIANA**

LOCALIDAD:

COLEGIO SANTA ISABEL DE
HUNGRÍA-SARRIO VILLAVEL

FLORIDABLANCA, SANTANDER

COMIDA:

VISTA EN PLANTA Y DIMENSIONES

ESCALA:

INDICADA

DISEÑADO:

**YARIB VALDERRAMA,
FABIAN GELVIS**

DISEÑO:

YARIB VALDERRAMA, FABIAN GELVIS
ESTUDIANTES DE ING. CIVIL, PRACTICA SOCIA.

PLANO

Nº

3 de 3

FECHA:

SEPTIEMBRE 2018

OBSERVACIONES:

ES DE IMPORTANCIA RESALTAR QUE
LOS DISEÑOS AQUÍ PRESENTADOS
FUERON REALIZADOS CON MOTIVOS
ACADEMICOS Y NO SE DEBEN
UTILIZAR COMO DISEÑOS
DEFINITIVOS PARA UNA FUTURA
CONSTRUCCION