

**UNIVERSIDAD AMAZONICA DE PANDO  
AREA DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**



**PROYECTO DE GRADO**

**DISEÑO DE CONSTRUCCIÓN DE UN AUDITORIO SINFÓNICO  
EN LA UNIVERSIDAD AMAZÓNICA DE PANDO**

**AUTOR:**

UNIV. ALVARO VACA ARAÚZ

**ASESOR:**

ING. ADRIANA YUGAR ORTIZ

**TUTOR COLECTIVO:**

ING. GIOVANNI MUÑOZ BELTRÁN

Cobija, septiembre 2021

## AGRADECIMIENTO

A Dios por regalarme la vida y la oportunidad de cumplir mis metas trazadas.

A mis padres que con grande esfuerzo lograron darme su apoyo en muchos factores de la vida, ofreciendo consejos y aliento para culminar la carrera universitaria; sobre todo por brindarme el deseo de emprender nuevos retos al ejercer los conocimientos en el campo laboral.

A los docentes comprometidos con la carrera por estar siempre en disponibilidad y constante apoyo desde el inicio hasta el final de la elaboración de mi proyecto.

Al Arquitecto Wilder por el apoyo y ayuda del diseño arquitectónico del Auditorio

A los ingenieros, compañeros y amigos que con pequeños detalles marcaron grandes diferencias.

## DEDICATORIA

*Este trabajo está dedicado a*

*Mis padres: Raúl Vaca Noza*

*Y Leticia Araúz Yubánure*

*Por darme su apoyo incondicional*

# INDICE

<b>CAP.</b>	<b>PAG.</b>
<b>RESUMEN</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>CAPITULO I</b>	
1.1 Antecedentes .....	1
1.2.Planteamiento del problema.....	3
• Solución propuesta.....	3
1.3.Objetivos del proyecto.....	4
• Objetivo general.....	4
• Objetivos específicos .....	4
1.4.Justificación.....	4
• Justificación económica.....	4
• Justificación Social.....	4
• Justificación técnica.....	4
• Justificación Ambiental.....	5
1.5.Alcances del proyecto.....	5
1.6.Metodología.....	6
1.7.Herramientas y programas software que se utilizaron.....	6
1.8.Diseño arquitectónico.....	8
• Descripción de ambiente – Planta Baja.....	9
• Descripción de ambiente – Planta Alta.....	9
<b>CAPITULO II</b>	
<b>ESTUDIO SOCIOECONÓMICO.....</b>	<b>10</b>
2.1 Ubicación del proyecto.....	10
2.2 Problemática y solución del problema.....	11
2.3 Aspectos económicos.....	12
2.4 Beneficio social.....	12
2.4.1 Beneficiarios directos e indirectos.....	13

### **CAPITULO III**

<b>ESTUDIO TOPOGRÁFICO</b> .....	14
3.1. Equipos y materiales.....	15
3.2. Trabajo de Campo.....	16
3.3. Trabajo de Gabinete.....	17
3.4. Resumen.....	18

### **CAPITULO IV**

<b>ESTUDIO GEOTÉCNICO</b> .....	19
4.1. Trabajo de Campo.....	21
4.2. Trabajo de laboratorio.....	25
4.3. Ensayo de penetración estándar SPT.....	30
4.4. Capacidad portante del suelo.....	34
4.5. Resumen.....	35

### **CAPITULO V**

<b>BASE DE CÁLCULO</b> .....	36
5.1. Especificaciones de Diseño.....	36
5.2. Materiales.....	36
5.3. Método de los estados Límites.....	37
5.4. Diseño de fatiga.....	39
5.5. Predimensionamiento.....	39
5.6. Combinaciones de Carga y Acciones.....	41
5.7. Determinación de cargas en el diseño.....	42

### **CAPITULO VI**

<b>DISEÑO ESTRUCTURAL</b> .....	46
6.1. Disposición geométrica.....	46
6.2. Estructuración.....	47
6.3. Modelación estructural Sap2000v.14.....	47
6.4. Diseño estructural.....	48
- Diseño de vigas.....	48
- Diseño de columnas.....	52
- Diseño Losa.....	56

- Diseño Abaco .....	61
- Diseño de escaleras.....	63
- Diseño de rampa .....	66
- Diseño de Zapatas.....	67

## **CAPITULO VII**

<b>ESTUDIO DE REVERBERACIÓN Y MATERIAES ACÚSTICOS</b> .....	72
7.1. Definiciones importantes.....	72
7.2. Propagación del sonido.....	73
• Velocidad de propagación del sonido (c).....	73
• Propagación del sonido en el espacio libre.....	73
• Propagación del sonido en un recinto cerrado.....	75
7.3. Normativas para realizar el estudio de reverberación .....	77
7.3.1 Ley De Medio Ambiente – NB N°1333.....	77
7.3.2 Análisis frecuencial – NORMA ISO 266.....	78
7.4. Tiempo de reverberación por banda de frecuencias (t60).....	80
7.4.1 Calculo de tiempo de Reverberación.....	81
7.5. Materiales adecuados para el auditorio sinfónico .....	87

## **CAPITULO VIII**

<b>COSTOS Y PRESUPUESTOS</b> .....	88
8.1. Presupuesto general del proyecto.....	88
8.2. Cómputos métricos.....	88
8.3. Precios unitarios.....	88
8.4. Cronograma de obra.....	89

## **CAPITULO IX**

<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	90
9.1. Conclusiones.....	90
9.2. Recomendaciones.....	91
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	92

## **ANEXOS**

## INDICE DE TABLAS

	<b>PAG.</b>
Tabla 1.1. Resumen de Superficie por niveles.....	7
Tabla 2.1. Beneficiarios directos, 2014-2021.....	13
Tabla 3.1 Coordenadas de Partida.....	15
Tabla 3.2 Coordenadas Auxiliares Est/01 y Est/02.....	15
Tabla 4.1 tabla de espaciamiento aproximado de las perforaciones.....	22
Tabla 4.2. Registro de campo de diferentes profundidades para extracción de muestra.....	24
Tabla 4.3. Consistencia y Color de diferentes profundidades de Sondeo S.P.T.....	24
Tabla 4.4 Ensayos realizados en el laboratorio de mecánica de Suelo de la U.A.P.....	25
Tabla 4.5 serie de Tamizado empleado para el ensayo de granulometría.....	27
Tabla 4.6. Clasificación de muestra (SUCS) SPT.....	29
Tabla 4.7. Registro de Campo del número de Golpes de SPT.....	30
Tabla 4.8 Variación de <b>nh</b> .....	32
Tabla 4.9 Variación de <b>nb</b> .....	32
Tabla 4.10 Variación de <b>ns</b> .....	33
Tabla 4.11 Variación de <b>nr</b> .....	33
Tabla 4.12. Resumen de datos obtenidos de SPT.....	34
Tabla 5.1. Barra de Armaduras Comerciales en Bolivia.....	36
Tabla 5.2 Designación de acero por ASTM.....	37
Tabla 5.3 Espesor mínimo para diseño de viga.....	39
Tabla 5.4 peso específico de algunos materiales.....	43
Tabla 5.5cargas permanentes en la planta alta (mezzanine).....	43
Tabla 5.6 cargas permanentes en escalera y rampa.....	43
Tabla 5.7 Sobrecargas de uso.....	44
Tabla 5.8 Resumen de Cargas de la Estructura.....	45
Tabla 6.1 Deflexiones Permisibles Máximas Calculadas (T – 6.1 pg. 152).....	57
Tabla 6.2. Tensión Admisible.....	68
Tabla 7.1. Frecuencias centrales de las bandas de octavas estandarizadas.....	78
Tabla 7.2. Presión para diferentes frecuencias.....	78

Tabla 7.3 - Niveles de presión sonora correspondientes a sonidos y ruidos típicos, y valoración subjetiva asociada.....	79
Tabla 7.4. Valores recomendados de <b>RT</b> para diferentes tipos de salas..... para las bandas de frecuencias 500hz – 1000 hz	81
Tabla 7.5. Valor de Hz Para Coeficiente de Absorción Acústica.....	81
Tabla 7.6. Resumen y descripción de los materiales Acústicos a Utilizar.....	87

## INDICE DE FIGURAS

	<b>PAG.</b>
Figura 1.1 Vista frontal del Auditorio Sinfónico de la U.A.P.....	1
Figura 1.2. Corte longitudinal del Auditorio Sinfónico de la U.A.P.....	7
Figura 1.3. Vista en Planta del Auditorio Sinfónico de la U.A.P. – Planta Baja.....	8
Figura 1.4. Vista en Planta del Auditorio Sinfónico de la U.A.P. – Planta Alta.....	8
Figura 1.5. Ubicación del Proyecto.....	9
Figura 2.1 Mapa político de Pando.....	10
Figura 2.2 Ubicación del predio.....	11
Figura 3.1 Ubicación donde se realizó el levantamiento topográfico.....	14
Figura 3.2. topografía del terreno – emplazamiento del Auditorio Sinfónico.....	18
Figura 4.1 Ubicación de Sondeo para el estudio Geotécnico.....	19
Figura 4.2 Ubicación de la estructura en el Terreno.....	20
Figura 4.3. Vista panorámica del ensayo de S.P.T.....	21
Figura 4.4 ubicación de las perforaciones para el estudio geotécnico.....	22
Figura 4.5 Vista de perfil de la ubicación de la perforación para el estudio geotécnico.....	23
Figura 4.6 Muestra para determinar Contenido de Humedad.....	26
Figura 4.7. Curva granulométrica de la muestra -1 del sondeo.....	27
Figura 4.8 Muestra para determinar los límites de Consistencia.....	28
Figura 4.9 Símbolos para la clasificación de suelo según (USCS).....	28
Figura 4.10. Perfil estratigráfico del suelo.....	29
Figura 4.11. Toma de Muestra de campo.....	31
Figura 6.1 Vista en planta “Auditorio Sinfónico”.....	46
Figura 6.2 Modelo estructural – Vista frontal en 3D.....	47
Figura 6.3 Modelo estructural – Vista posterior en 3D.....	48
Figura 6.4 grafica de deformación Longitudinal en Viga.....	49
Figura 6.5 grafica de deformación Longitudinal en Viga – Tabla de datos.....	50
Figura 6.6 grafica de deformación Transversal en Viga.....	51
Figura 6.7 grafica de Esfuerzo Axial en la estructura.....	52
Figura 6.8 grafica de Esfuerzo a flexión en la estructura.....	54

Figura 6.9 Armado de Columna .....	55
Figura 6.10 Sección Viga tipo T .....	56
Figura 6.11 grafica de deformación en Losa .....	57
Figura 6.12 Mapa de Esfuerzo Momentos Flectores en dirección Longitudinal .....	59
Figura 6.13 Mapa de Esfuerzo Momentos Flectores en dirección Transversal .....	60
Figura 6.14 Mapa de Esfuerzo Momentos Flectores en dirección Transversal .....	61
Figura 6.15 Mapa de Esfuerzo Momentos Flectores en dirección Transversal .....	63
Figura 6.16 Mapa de Esfuerzo Momentos Flectores en dirección Transversal .....	66
Figura 6.17. Planilla de Esfuerzo internos para cálculo de cimentación .....	67
Figura 6.18 esfuerzos en fundaciones .....	70
Figura 7.1. Ejemplo de propagación esférica en el espacio libre .....	74
Figura 7.2. Ejemplo de propagación esférica en el espacio libre .....	75
Figura 7.3. Campo directo y Reverberado .....	76

## **ABSTRACT**

The following project proposes the design of an Auditorium at a structural level for more than 1500 people capacity, located on the University campus of the UAP and has been divided into nine chapters. The first chapter is where the architectural configuration of the structure is described. The second chapter presents the topography of the terrain and conditions for the settlement of the structure. The third comprises the study and analysis of the soil in order to obtain the bearing capacity of the land for the foundation of the structure. Chapter four presents the structural design methodology to be used by performing a pre-design. The fifth chapter talks about the modeling of the structure on the computer using the SAP2000 program and using the results obtained to present the defined structural design. The sixth chapter shows a specific Acoustic study of the Auditorium with the appropriate materials to improve the reverberation. The seventh chapter presents the cost of the project by analyzing the budget, calculations and execution schedule. In the eighth chapter, he concludes by carrying out a general analysis of the project considering the importance of the results provided by the sap2000.v14 software, giving recommendations in case the structure is built.

## **RESUMEN**

El siguiente proyecto plantea el diseño de un Auditorio a nivel estructural para más de 1500 personas de capacidad, ubicado en el campus Universitario de la UAP y se ha dividido en nueve capítulos. El primer capítulo es donde se describe la configuración arquitectónica de la estructura. El segundo capítulo presenta la topografía del terreno y condiciones para el asentamiento de la estructura. El tercero comprende el estudio y análisis del suelo con fines de obtener la capacidad portante del terreno para la cimentación de la estructura. El capítulo cuatro presenta la metodología de diseño estructural a utilizarse realizando un pre diseño. El capítulo quinto habla sobre la modelación de la estructura en el computador mediante el programa SAP2000 y Mediante los resultados obtenidos dar a conocer el diseño estructural definido. El sexto capítulo muestra un estudio Acústico específico del Auditorio con los materiales adecuados para mejora de la reverberación. El séptimo capítulo presenta el costo del proyecto realizando un análisis de presupuesto, cómputos y cronograma de ejecución. En el octavo capítulo concluye realizando un análisis general del proyecto considerando la importancia de los resultados proporcionados por el software sap2000.v14 dando recomendaciones en caso se construya la estructura.

## INTRODUCCIÓN

Las construcciones de estructuras civiles en la Universidad Amazónica de Pando son de gran importancia por el crecimiento estudiantil y académico el cual lleva a la necesidad de ambientes de estudios y actividades académicas.

Aunque de antemano es importante saber que, antes que una obra se ejecute tiene que verificar una serie de requerimientos para que estas cumplan con normas vigentes; así la estructura contará con un diseño recomendable y garantizará óptimo funcionamiento de la misma.

Se diseña la edificación de un Auditorio Sinfónico que es una estructura que, sin utilizar tantos servicios como bodegas y talleres de escenografía, puede brindar una prestación totalmente óptima implementando lo necesario, que es una buena acústica. Estos tipos de auditorios son de mucha importancia en la sociedad por el uso que se da y la cantidad de eventos que se pueden realizar.

Existen grandes auditorios sinfónicos que son elementales en tema artístico y cultural en el mundo, sobre todo Europa siendo un continente que brinda en un 80% a 90% su cobertura al arte, tanto musical como cultural.

Los auditorios más reconocidos se encuentran en España, Países bajos y Rusia, aunque centro América y norte América también cuentan con auditorios musicales que representan a la música contemporánea, opera y música clásica en recintos específicamente diseñados para este tipo de eventos.

En la ciudad de Cobija contamos con auditorios con ambiente generalizados para eventos social y cultural, pero que no cuentan con la acústica necesaria para realizar eventos sinfónicos.

Por tal motivo se planteó la idea de realizar un proyecto a diseño estructural de un auditorio específicamente para la Universidad Amazónica de Pando y que también pueda brindar su servicio a la población en general, que pueda contar con la acústica requerida y el espacio suficiente para realizar eventos de ópera, orquestas sinfónicas, conciertos y eventos especiales de danza regional, nacional e internacional.

Por su parte el diseño arquitectónico trata de no ser afectado en la etapa de realizarse el diseño estructural, tomando en cuenta diferentes elementos que actúan en conjunto con la estructura; juntamente para lograr una mejor funcionalidad de la estructura en condición de servicio.

## CAPITULO I

---

### 1.1 ANTECEDENTES

Desde su creación, la Universidad Amazónica de Pando no ha contado con ambientes adecuados para los eventos culturales y artísticos e inclusive no contaba con personal para formar profesionales en el ámbito cultural.

El inicio del programa cultura y arte en la comunidad universitaria se dio el año 2014, desde entonces surgió la necesidad de ambientar alumnos en un espacio adecuado para los eventos de danzas, cantos y eventos internacionales.

De esta necesidad se plantea construir un Auditorio Sinfónico con el espacio y acústica suficiente para eventos artísticos, en un área que no pase los límites definidos de 2500 m<sup>2</sup> dentro del Campus Universitario.

Para realizar el análisis estructural se utilizará un Software de modelación llamado SAP2000.v14. que es un programa de elementos finitos, con interfaz gráfico 3D orientado a objetos preparados para realizar de forma integrada la modelación, análisis y dimensionamiento de lo más amplio conjunto de problemas de estructuras.



*Figura 1.1. Vista frontal del Auditorio Sinfónico de la U.A.P.*

*Fuente: Elaboración propia*

### 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Desde el año 2014 el programa “UAP cultura” ha Formado estudiantes en el sector musical con una cantidad de más de 70 estudiantes hasta el presente año. Implementando así los cursos como ser orquestas musicales y coros de voces sinfónicos; es por tal motivo que este mismo necesitará de más espacio y funcionamiento adecuado.

El programa “UAP cultura” es un programa de estudios basados en arte y música que incentiva a los estudiantes y población en general al aprendizaje de instrumentos musicales, La Universidad Amazónica de Pando no cuenta con establecimientos específicamente para el desarrollo artístico y cultural por lo que actualmente los ambientes de comedor y servicio son utilizados para estos fines.

### **1.3 SOLUCIÓN PROPUESTA**

De acuerdo al planteamiento del problema la solución es desarrollar un proyecto de una edificación apta para este tipo de eventos.

Realizado el cálculo estructural del Auditorio Sinfónico analizaremos y adoptaremos los datos y resultados posteriores los cuales servirán para una futura ejecución del proyecto a Diseño final.

### **1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO**

#### **OBJETIVO GENERAL**

Realizar el diseño de Construcción de un Auditorio sinfónico para la Universidad Amazónica de Pando, utilizando normativas y Software necesarios que servirán para obtener resultados óptimos.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Elaborar plano arquitectónico
- Realizar un levantamiento topográfico en la ubicación del proyecto
- Realizar un estudio de suelo en el área del proyecto
- Realizar el análisis y diseño estructural del auditorio sinfónico.
- Realizar un análisis y mejora de Acústica del Auditorio proponiendo materiales de construcción acústicos.
- Realizar un análisis de presupuesto general del proyecto

## **1.4 JUSTIFICACIÓN**

### **Justificación económica**

Para el diseño estructural de un auditorio sinfónico, en la fase de construcción se pretende brindar acceso y trabajo a obreros y personal capacitado dentro del ámbito estructural, además que la elaboración de costos y presupuestos serán con materiales de la región.

Para el análisis de vida útil del auditorio se estima el beneficio que recibirá la Universidad amazónica de Pando dado que dicha estructura podrá cumplir con los requisitos para eventos especiales en el ámbito cultural.

### **Justificación Social**

Este proyecto conseguirá dar un mejor servicio a la sociedad, tanto a nivel académico como a la población en general en la ciudad de Cobija, permitiendo centralizar a los estudiantes y maestros de diferentes disciplinas artísticas para que desarrollen sus actividades en un ambiente amplio.

### **Justificación Técnica**

La superficie el cuál ocupará el Auditorio será de manera funcional arquitectónicamente, tratando así de ocupar la mayor superficie posible en espacios útiles para la comunidad universitaria ya que el auditorio contará con espacios para músicos, coros y orquestas. De esta forma dará solución práctica, estética, segura y funcional para los concurrentes y para la Universidad Amazónica de Pando.

### **Justificación ambiental**

El plan de manejo ambiental está orientado a prevenir, y controlar los probables impactos ambientales originados por las actividades que se desplegaran durante la fase de construcción y puesta en funcionamiento del proyecto cumpliendo la ley 1333 (Ley de Medio Ambiente, promulgada el 27 de abril de 1992)

## **1.5 ALCANCES DEL PROYECTO**

Este proyecto pretende solucionar los espacios universitarios, con fines académicos y administrativos para el programa de *UAP cultura*, de manera que cuente con ambiente propio para permitir la comodidad requerida y así seguir cumpliendo con la misión y visión de la Dirección de Infraestructura de la Universidad Amazónica de Pando.

Debido a la importancia de la construcción del auditorio, el presente trabajo contempla la elaboración del proyecto a Diseño Estructural, es decir que incluye los estudios técnicos necesarios para el diseño estructural.

Enmarcado dentro de la naturaleza del proyecto “**Diseño de construcción de un Auditorio Sinfónico dentro de la Universidad Amazónica de Pando**” se diseña una estructura que se encuentre dentro de los lineamientos de las actuales especificaciones del diseño estructural.

Además, se utilizó software para el cálculo de esfuerzos internos conjuntamente las cargas que tendrá la estructura, con fin de obtener un resultado óptimo.

Se analiza los siguientes objetivos de forma de entender y comprender de manera óptica el alcance del proyecto:

- Realizar el levantamiento topográfico:
  - o *Reconocimiento del terreno*
  - o *Levantamiento topográfico con estación total*
  - o *Trabajo de gabinete*
- Realizar el estudio de Suelo:
  - o *Trabajo de Campo*
  - o *Trabajo de Laboratorio*
- Diseño estructural:
  - o *Revisión de la normativa para el cálculo estructural*
  - o *Determinación de cargas actuantes*
  - o *Procedimiento de análisis de la estructura*
  - o *Diseño estructural*
  - o *Elaboración de los planos del proyecto estructural*
- Realizar un estudio de Acústica de ambiente:
  - o *Realizar un estudio de Reverberación y propuesta de materiales para mejoramiento de la Acústica del Auditorio Sinfónico*
- Realizar un análisis de Costos y presupuesto del Proyecto
  - o *Elaboración de cálculos métricos,*
  - o *análisis de precios de los materiales,*
  - o *presupuesto de materiales, maquinarias y Equipos*

## **1.6 METODOLOGÍA**

El presente proyecto se lo realizará por el método analítico – deductivo en el cual se distingue los elementos de un fenómeno y se proceden a revisar ordenadamente cada uno de ellos por separados.

Consiste en la extracción de las partes de un todo, con el objetivo de estudiarlas y examinarlas individualmente, para ver las relaciones entre las mismas tomando conclusiones generales para explicaciones particulares y de comprobar su validez; sobre todo aplicarlos a soluciones o hechos particulares.

## **1.7 HERRAMIENTAS Y PROGRAMAS SOFTWARE QUE SE UTILIZARON**

### **Levantamiento topográfico**

Se efectuó el levantamiento topográfico (Taquimetría) del área donde se ubicó el predio, con equipo de topografía (Estación Total y Accesorios).

Para la generación de planos topográficos se utilizó software Civil 3D 2017 mediante los datos obtenidos en el campo.

### **Estudio de suelo**

El estudio de mecánica de suelo determina la resistencia del terreno sobre las que se desplantan las edificaciones. Para ello dicho estudio se ha realizado con el apoyo de la Universidad Amazónica de Pando, con sus equipos del laboratorio de mecánica de suelo, como ser: Estándar Penetration Test (SPT), Equipo de Tamices para granulometría del suelo, Cuchara de casa Grande, balanza y horno para determinar la humedad del mismo.

Norma: ASTM (American Society for Testing and materials); ASTM D1586, ASTM D2216, ASTM D4318, ASTM D

### **Base de Cálculo**

La memoria de cálculo son los procedimientos descritos de forma detallada de cómo se realizaron los cálculos que intervienen en el desarrollo de un proyecto de construcción; la memoria de cálculo más importante es la memoria de cálculo estructural, la cual en este apartado se describe los cálculos y los procedimientos que se llevaron a cabo para determinar los elementos estructurales. Así mismo para ello se han hecho el uso de las siguientes normas y software de ingeniería:

Norma de Diseño estructural: NB-1225004(Norma Boliviana)

Programas: SAP2000v14. Calculo estructural

Excel 2016, programa para la realización de hojas de cálculo.

### **Diseño de planos estructurales**

Para la conclusión de los planos estructurales y detalles constructivos, se han desarrollado con programas de dibujo Autodesk (AutoCAD 2017) y también se utilizaron normas vigentes para el desarrollo del proyecto.

### **Estudio de Revelación Acústica**

El estudio de reverberación determina los tipos de materiales Acústicos que van a ser usados en el auditorio, para ello se utilizó libros como (Architecture EBook) Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos; NB 1333

### **Costos y presupuesto**

Para el análisis de costos y presupuestos se tomará en cuenta el programa de PRESCOM.13. Programa eficiente para elaboración de este capítulo del proyecto.

## **1.8 DISEÑO ARQUITECTÓNICO**

Para el cumplimiento del diseño estructural, se estudiará la arquitectura del edificio (Anexo A – Planos Arquitectónicos) en cuanto a la distribución de los diferentes elementos estructurales para así evitar problemas que el edificio pudiese tener en su vida útil.

Posteriormente teniendo la estructura definida del auditorio se procederá a modelar la misma en el software SAP2000v.14, esta modelación trata de ingresar datos como: características del suelo, características de materiales empleados en la estructura, combinación de carga, etc.

Los planos Arquitectónicos fueron diseñados en un espacio de 1474.76 m<sup>2</sup> con una superficie total de construcción de 1816.86 m<sup>2</sup>.

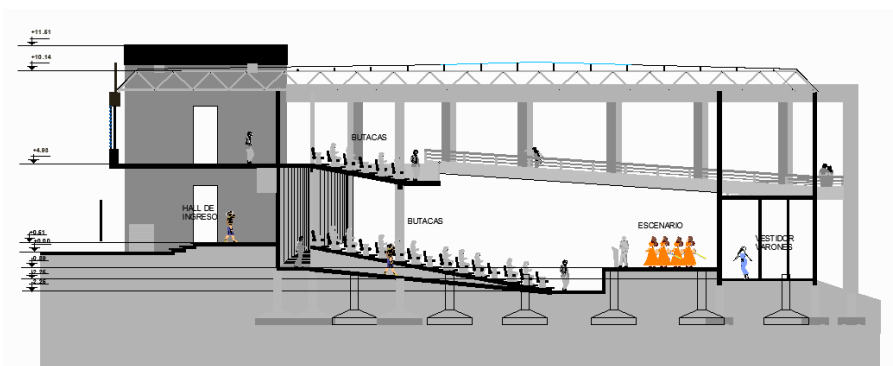
En la siguiente tabla se detalla la superficie de cada plaza del auditorio previsto en el diseño.

<b>AMBIENTE</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE</b>	<b>SUPERFICIE (M2)</b>
Ingreso	Ingreso Principal, hall de Ingreso.	376.65
Baño	Baño público latero izquierdo y derecho, Vestidores.	113.47
Pasillo	División espacio escenario y butaca.	164.6

Escalera	Ramplas laterales, escalera a mezzanine.	384.54
Butaca	Espacio principal del auditorio específicamente para los espectadores	428.14
Mezzanine	Espacio elevado añadido a la estructura para aumentar la capacidad de espectadores en el auditorio	243.57
Escenario	Espacio principal para realizar los eventos	105.89
<b>TOTAL</b>		<b>1816.86 m<sup>2</sup></b>

*Tabla 1.1. Resumen de superficie por niveles.*

*Fuente: Elaboración propia*



*Figura 1.2. Corte longitudinal del Auditorio Sinfónico de la U.A.P.*

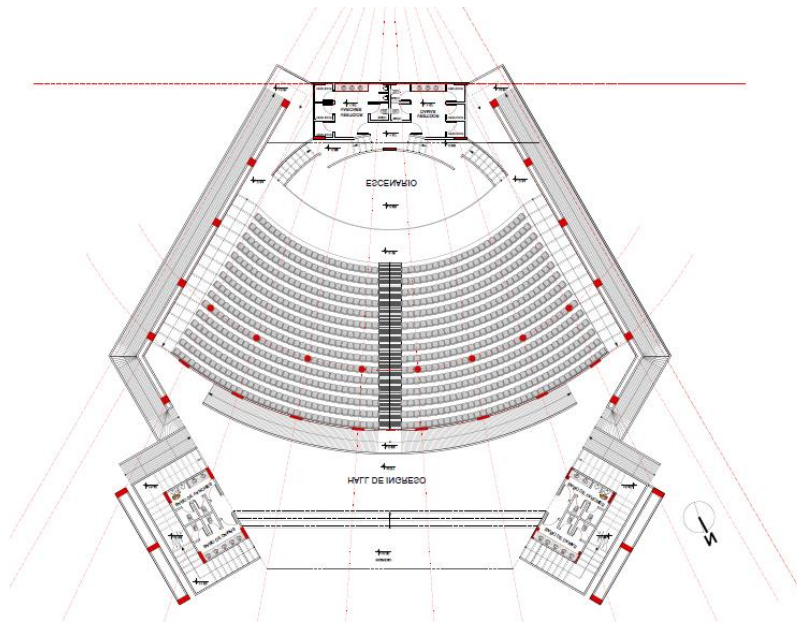
*Fuente: Elaboración propia*

- **Descripción de ambiente – Planta baja**

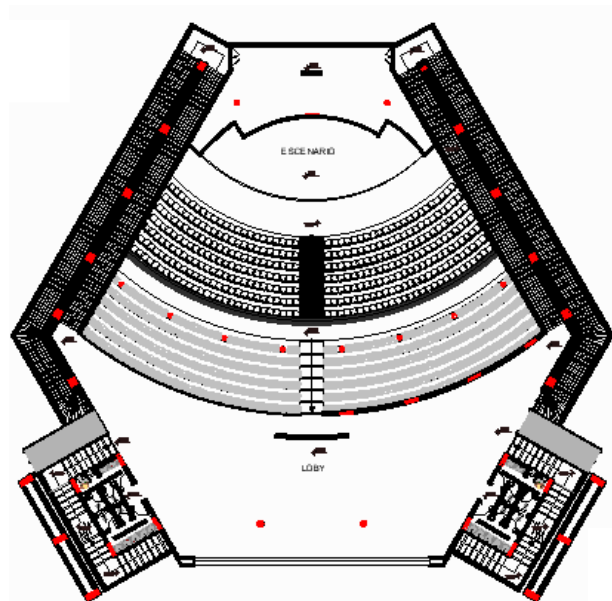
El auditorio sinfónico de la Universidad Amazónica de Pando cuenta con diferentes niveles; este nivel está compartido con diferentes espacios como ser: sanitarios para varones y damas, Sala de ingreso principal a galería, escenario principal, Vestíbulos de Acceso, escaleras a segundo piso y rampa de acceso.

- **Descripción de ambiente – planta Alta**

El siguiente nivel cuenta con: losa principal de Ingreso (sala Principal), sanitarios para varones y damas, gradería (mezzanine), control de iluminación y sonido, caseta de proyección y butacas.



*Figura 1.3. Vista en Planta del Auditorio Sinfónico de la U.A.P. – Planta Baja*  
*Fuente: Elaboración propia*



*Figura 1.4. Vista en Planta del Auditorio Sinfónico de la U.A.P. – Planta Alta*  
*Fuente: Elaboración propia*

La estructura civil en estudio, estará dentro del campus Universitario ubicada en la Av. Las Palmas, como se muestra en la figura 1.5



*Figura 1.5. Ubicación del predio*

*Fuente: Imagen satelital – Campus Universitario, Software Google Earth 2018*

## CAPITULO II

### ESTUDIO SOCIOECONÓMICO

#### 2.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto “Diseño de Construcción de un Auditorio sinfónico en la Universidad Amazónica de Pando” de la Ciudad de Cobija, del departamento de Pando.

El municipio de cobija es considerado la Capital del departamento de Pando, por el cual es el centro turístico Natural Amazónico fronterizo al País de Brasil.

Según el último censo de 2012 realizado por el instituto Nacional de Estadística de Bolivia (INE) la ciudad de cobija cuenta con una población de 55.682 habitantes.

Situada a 280 m.s.n.m. (Dato obtenido mediante [https://es.wikipedia.org > wiki > Cobija \(Bolivia\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Cobija_(Bolivia)))

#### Ubicación:

Departamento: Pando.

Provincia: Nicolás Suarez.

Municipio: Cobija

Lugar: Universidad Amazónica de Pando



Figura 2.1: Mapa Político de Pando

Fuente: Educa.com.bo

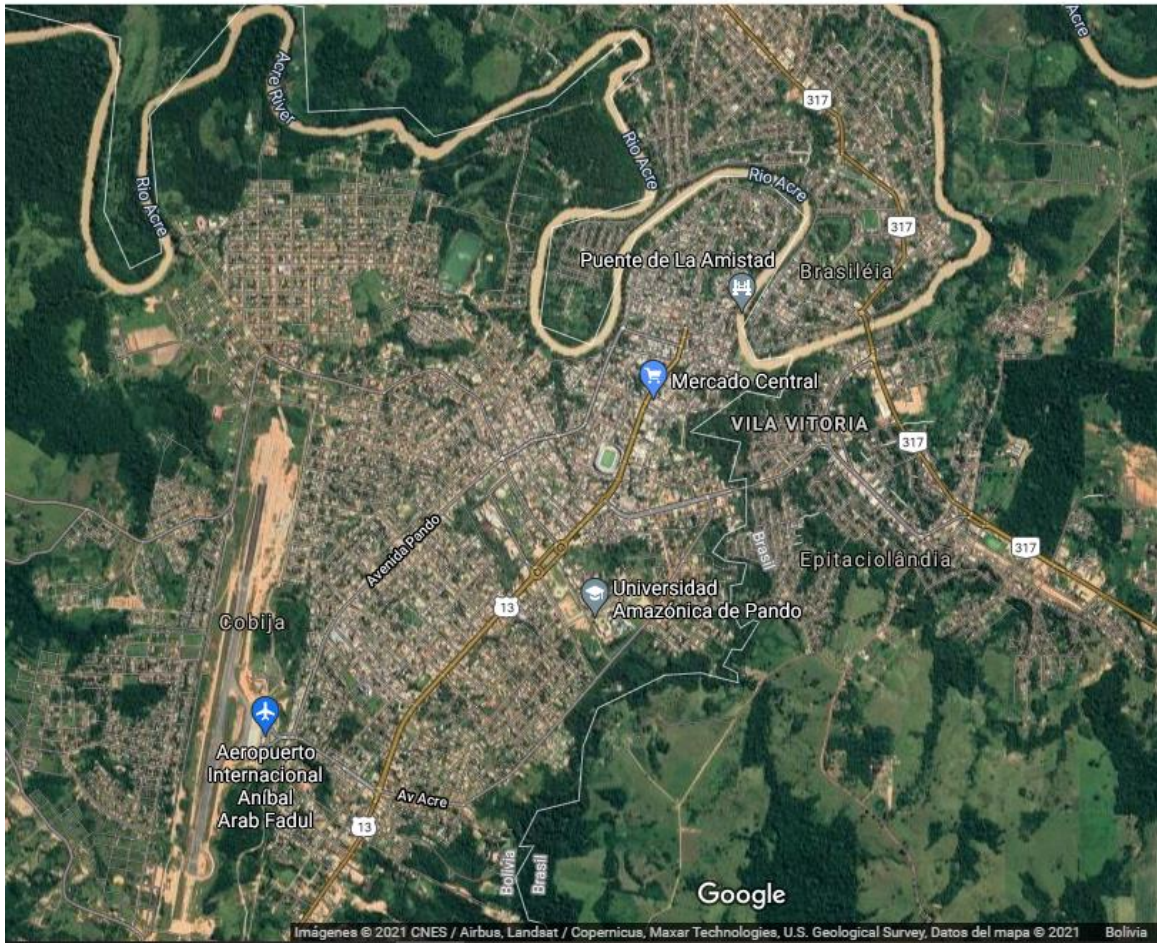


Figura 2.2 Ubicación del predio

Fuente: Imagen satelital – Campus Universitario, Software Google Earth 2021

## 2.2. PROBLEMÁTICA Y SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

Decreto Supremo N° 1720, 11 de septiembre de 2013 refiere lo siguiente:

Que el Parágrafo III del Artículo 91 del Texto Constitucional, establece que la educación superior está conformada por las universidades, las escuelas superiores de formación docente, y los institutos técnicos, tecnológicos y artísticos, fiscales y privados.

Que el Artículo 47 de la [Ley N° 070](#), señala que la Formación Superior Artística es la formación profesional destinada al desarrollo de capacidades, competencias y destrezas artísticas, articulando teoría y práctica, para el fortalecimiento de las expresiones culturales y el desarrollo de las cualidades creativas de las bolivianas y los bolivianos.

la Universidad Amazónica de Pando y la ciudad de Cobija como Capital del departamento de Pando no cuentan con establecimientos adecuado para actividades artísticas mencionadas en el artículo 47 de la ley N° 070.

A través de una investigación y análisis de auditorios musicales, se concluye que dentro de nuestro municipio se encuentra auditorio para actividades sociales y no culturales ya que los requisitos para auditorio sinfónico es contar con Acústica adecuada y espacio suficiente para diferentes tipos de eventos culturales.

Mediante esa investigación se da a entender la gran necesidad de ambientes específicos para todo tipo de actividad cultural, actividades muy necesarias en nuestro departamento de Pando.

Por lo tanto, se realiza el proyecto de un “auditorio sinfónico en la Universidad Amazónica de Pando” que cumpla con el espacio, ambiente, acústica adecuada y todo tipo de requerimientos cultural.

### **2.3. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS**

El enfoque cultural del municipio de Cobija esta en creses, por lo tal toda actividad cultural de Danza, Orquestas, operas, Musicales, causan efectos de impacto dentro de nuestra sociedad y al igual del crecimiento poblacional los centros artísticos y culturales producen fondos económicos y productos eficientes los cuales satisfacen en gran parte las necesidades económicas en la población. De esta forma se genera empleos a los artistas y personal de apoyo.

Realizando las actividades dentro de un auditorio Sinfónico se estima el beneficio que recibirá la Universidad amazónica de Pando dado que dicha estructura podrá cumplir con los requisitos para eventos especiales en el ámbito cultural.

### **2.4. BENEFICIOS SOCIAL**

La construcción de un Auditorio Sinfónico conseguirá dar un mejor servicio a la sociedad, tanto a nivel académico como a la población en general en la ciudad de Cobija, permitiendo centralizar a los estudiantes y maestros de diferentes disciplinas artísticas para que desarrollen sus actividades en un ambiente amplio y que logre cumplir los requerimientos acústicos.

#### 2.4.1 BENEFICIARIOS DIRECTOS E INDIRECTOS

##### BENEFICIARIOS DIRECTOS

Desde su inicio el programa de UAP Cultura ha considerado la implementación de actividades artísticas, formando estudiantes capacitados en distintas ramas musicales como ser: Musical y Valed.

Realizando una investigación se considera como beneficiarios directos lo descrito en la siguiente tabla:

<b>RAMA ARTÍSTICA</b>	<b>CANTIDAD DE ESTUDIANTES</b>
Musical - Guitarra	84
Musical - Piano	97
Musical – Violín	211
Valed – Regional	295
Escenografía – Teatro	165
<b>TOTAL BENEFICIARIOS DIRECTOS</b>	<b>852</b>

*Tabla 2.1. Beneficiarios directos, 2014-2021*

*Fuente: Elaboración Propia*

##### BENEFICIARIOS INDIRECTOS

Como beneficiarios indirectos se describe a: funcionarios, administrativos, docentes y estudiantes llegando a la actualidad con más de 12500 estudiantes, cantidad fijada desde el 2018 por MONITOREO Y SEGUIMIENTO DE LICITACIONES EN BOLIVIA.

## CAPITULO III

---

### ESTUDIO TOPOGRÁFICO

El objetivo es ejecutar un levantamiento topográfico en el área de emplazamiento de la estructura y elaborar un plano con todos los detalles que presente realmente el terreno.

El levantamiento topográfico se realizó colindante a la guardería de la Universidad Amazónica de Pando ubicada dentro del Campus universitario (Ver figura 3.1)



*Figura 3.1 Ubicación donde se realizó el levantamiento topográfico.*

*Fuente: Imagen satelital – Campus Universitario, Software Google Earth 2019*

Utilizando un aparato electro – óptico denominado Estación total y sus respectivos accesorios se tomó como base de partida dos localizaciones que tienen sus respectivos códigos catastral denominados “CO” con coordenadas UTM<sup>4</sup> zona/huso 19<sup>5</sup> WGS84<sup>6</sup>. Las dos localizaciones más próximas al área de emplazamiento del edificio se muestran en las siguientes tablas:

Punto #	Norte	Este	Elevación
BASE P1	8780221.420	526149.826	232.392
BASE P2	8780227.875	526157.718	231.992

*Tabla 3.1 Coordenadas de Partida*

*Fuente: Datos obtenidos de RTK*

De las localizaciones para empezar a trabajar el levantamiento topográfico no se tenía visibilidad, es por tal motivo que se situaron dos estaciones desde los cuales se extenderán las observaciones; las mismas fueron encontradas usando los datos de la tabla 3.1; se denominaron Est/01 y Est/02 respectivamente.

Las dos estaciones para el inicio del levantamiento topográfico se muestran en la siguiente tabla:

	Norte	Este	Elevación
Est/01	8780090,789	526212,688	228,584
Est/02	8780099,069	526226,621	228,842

*Tabla 3.2 Coordenadas Auxiliares Est/01 y Est/02*

*Fuente: Elaboración propia*

### **3.1. EQUIPOS Y MATERIALES**

- Una estación total
- Un trípode
- Un bastón con prisma
- Un flexómetro
- Clavos de calaminas
- Libreta de anotaciones

### 3.2. TRABAJO DE CAMPO

- a) Se colocó el trípode de manera que la plataforma base quede lo más nivelada posible a simple vista y que las aberturas de las patas transfieran estabilidad al instrumento para una caída accidental.
- b) Se ubicó la estación sobre la plataforma base (trípode), (previamente se aconseja que los tornillos de nivelación de la plataforma nivelante del instrumento estén a la mitad del recorrido). El instrumento se debe agarrar por su asa y no se soltará hasta que esté atornillado a la base del trípode.
- c) Se niveló la plataforma nivelante y se situó la estación sobre el punto a estacionar, (en este caso se realizó sobre un banco de marca con código catastral “BM” o “CO” ubicada en la Av. Las palmas) el levantamiento se inició en este punto por sobre el banco de nivel o banco de marca más próximo al predio del edificio a diseñar para luego así acercarnos con coordenadas conocidas y realizar el levantamiento del terreno.
- d) A continuación, se encendió la estación total (marca Sokkia cx-105) y con ayuda de la plomada láser terminamos de situarla sobre el punto base de la estación.
- e) Se empleó el estacionamiento propiamente dicho haciendo el uso de la memoria interna y los programas que posee, el cual consta en establecer el nombre del trabajo, las coordenadas del punto base sobre el que estamos situados, la altura del instrumento y la orientación de la estación.
- f) Para las alturas tanto de la estación total como el prisma; se realizó una medición con el flexómetro, en el caso de la estación fue desde el punto hasta la altura de la mira de la estación. Para la medición de la altura del prisma, primero se realizó la medición del mismo, se colocó el bastón porta prisma sobre el punto que vamos a visar revisando el nivel esférico quede centrado; y hasta estar nivelado el prisma se procede a medir desde el punto hasta la altura del prisma.
- g) Se observó a través del ocular del anteojo para luego usar la mirilla de puntería para traer el prisma al campo visual girando el tornillo de movimiento preciso vertical y horizontal hasta alinear el prisma al retículo, de tal forma que quede centrada.
- h) Se manipuló la pantalla principal de la estación total e ingreso a la función MEAS<sup>7</sup> después a COORD<sup>8</sup> para ingresar a los datos del banco de marca (BM o CO) y a partir

de ese punto apuntar el prisma para que este proyecte las coordenadas del punto visado y así obtener Est/01 y Est/02 respectivamente.

- i) Nombramos en el inciso anterior para acercarnos al terreno para su respectivo levantamiento topográfico ya que desde el banco de marca (BM o CO) que está fuera de los predios del Campus Universitario no es posible visar todo el terreno y obtener más coordenadas.
- j) Una vez obtenidas las coordenadas dentro del Campus Universitario (Est/01 y Est/02) se procedió al trasladar la estación total al punto mencionado entonces se realizó los procedimientos anteriormente descritos, desde este punto (Est/02) se empieza a visar todos los puntos necesarios (al prisma) para guardar sus respectivas coordenadas asignando nombre de punto para cada punto visado, además de esto se guardarán automáticamente en la memoria interna de la estación total; Al ser un área apartada ya no se necesitó trasladar la estación total ya que desde este punto todo el perímetro del terreno es visible. Una vez visado y guardado todos los puntos se procede al trabajo de gabinete.

### **3.3. TRABAJO DE GABINETE**

Toda la información adquirida en el campo fue transmitida a la computadora de trabajo a través del programa Leica-Survey; Esta información ha sido procesada por el módulo básico haciendo posible tener un archivo de radiaciones sin errores de cálculo, con su respectiva codificación de acuerdo a la ubicación de punto. Seguidamente para el procedimiento de datos se utiliza el software AutoCAD para verificar los resultados del trabajo.

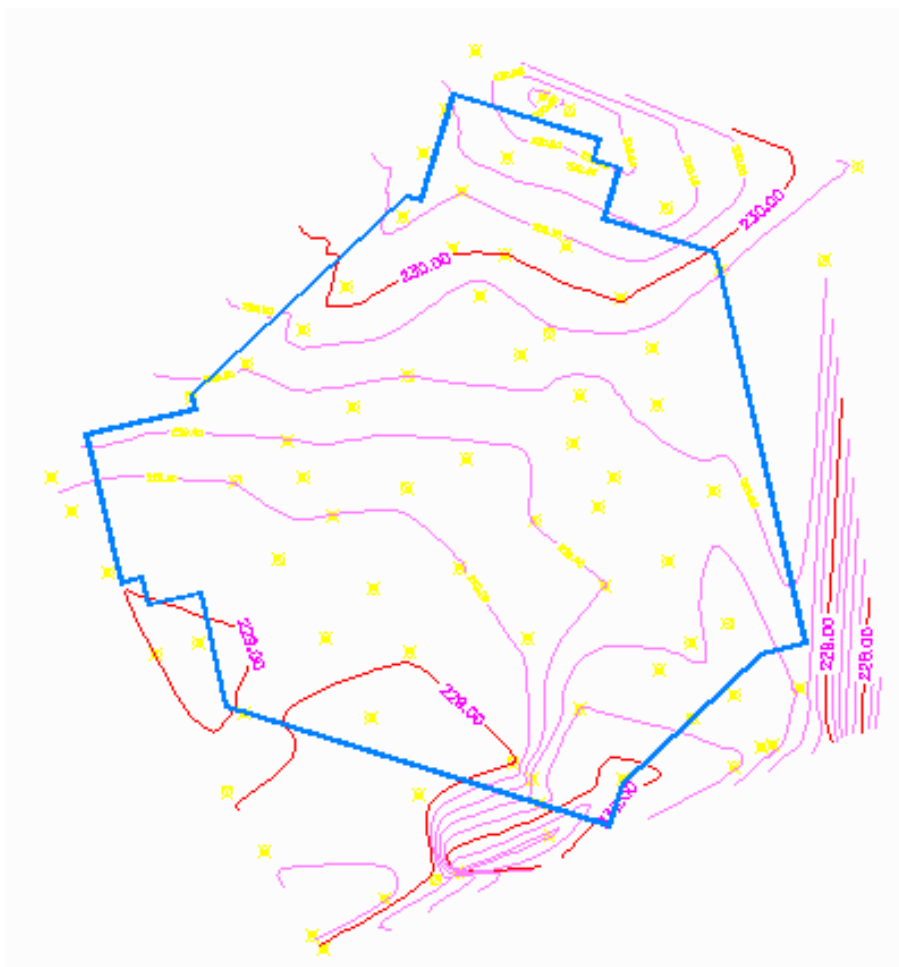
Con el programa Leica-Survey se logró realizar lo siguiente:

- Colocar los Puntos según las coordenadas x-y-z.
- Realizar las triangulaciones entre puntos.
- Interpolar los triángulos según las alturas.
- Dibujar las curvas de niveles.

Los resultados del trabajo de gabinete se pueden observar en el Anexo B

### 3.4. RESUMEN

Realizado el estudio topográfico se consideró un terreno accesible en sus mediciones para la ejecución de la estructura, cumpliendo con las medidas requeridas el terreno tiende a sufrir un pendiente luego de los 47.12 metros longitudinales, realizando el análisis correspondiente la superficie cumple con las características y formas del Auditorio sinfónico.



*Figura 3.2. topografía del terreno – emplazamiento del Auditorio Sinfónico.*

*Fuente: Elaboración Propia*

## CAPITULO IV

### ESTUDIO GEOTÉCNICO

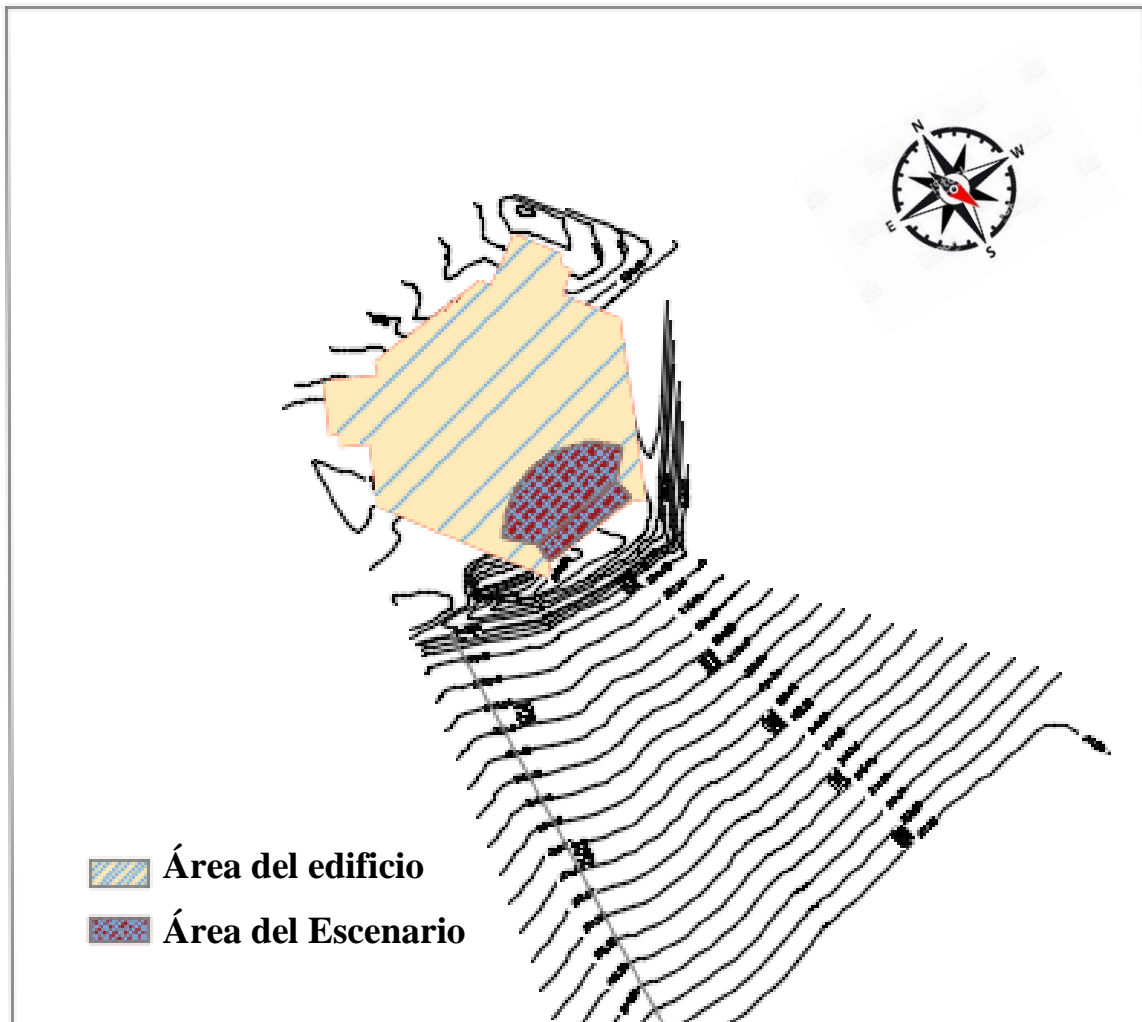
El objetivo de este capítulo es realizar un estudio geotécnico, ya que antes de iniciar una edificación es necesario conocer las características del terreno involucrado, para luego definir la tipología y dimensiones de las cimentaciones y las obras de contención (si las requiere); de tal forma que las cargas generadas por la estructura y cargas generadas por empuje del terreno no produzcan situaciones de inestabilidad o movimientos excesivos de la propia estructura o del terreno, que haga peligrar la obra estructural o funcionalmente.

El punto de sondeo realizado en campo, está ubicado en el Campus universitario de la universidad Amazónica de Pando.



Figura 4.1 Ubicación de Sondeo para el estudio Geotécnico.

Fuente: Elaboración propia



*Figura 4.2 Ubicación de la estructura en el Terreno.*

*Fuente: Elaboración propia.*

Las actividades a desarrollar en este capítulo son:

- Sondeo S.P.T. con la profundidad mínima de 10 mts. Para conocer las características especiales de dicho terreno (1 sondeo)
- Determinación las propiedades geotécnicas del suelo
- Determinación la capacidad portante del suelo
- Elaboración del perfil estratigráfico del subsuelo

## 4.1 TRABAJO DE CAMPO

Los estudios geotécnicos principales se los han realizado mediante sondeos mecánicos de exploración a percusión, ya que estas exploraciones son mediante perforaciones, se determinó el punto de perforación y la profundidad del área del proyecto “Auditorio sinfónico de la U.A.P.” ubicado en el campus universitario.



*Figura 4.3. Vista panorámica del ensayo de S.P.T.*

*Fuente: elaboración propia*

### 4.1.1 ESPACIAMIENTO APROXIMADO DE LAS PERFORACIONES

No existen reglas fijas para determinar el espaciamiento de las perforaciones, pero hay parámetros que contribuyen a encontrar el mismo.

En el libro *cimentaciones B. M., 2016* indica que el espaciamiento puede incrementar o disminuir, dependiendo de la condición del subsuelo. Si varios estratos de suelo son más o menos uniformes y predecibles, se necesitarán menos perforaciones que estratos de suelo no homogéneos.

<b>Tabla - Espaciamiento Aproximado de las perforaciones.</b>	
<b>Tipo de proyecto</b>	<b>Espaciamiento (m)</b>
Edificios de muchos pisos	10-30
Plantas industriales de un piso	20-60
Carreteras	250-500
Subdivisión residencial	250-500
Presas y diques	40-80

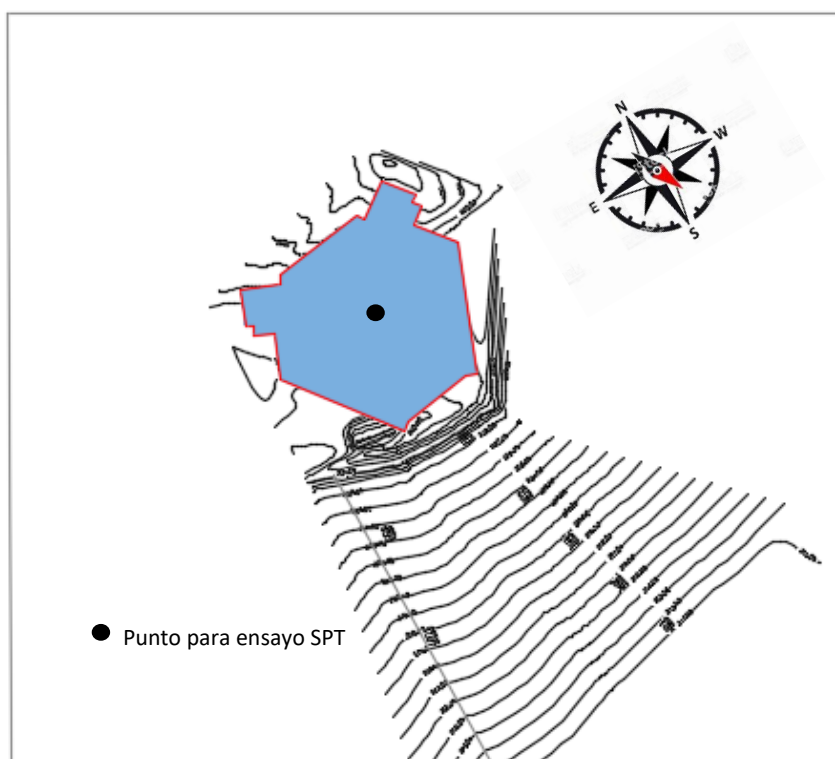
*Tabla 4.1 tabla de espaciamiento aproximado de las perforaciones.*

*Fuente: Braja M. Das (1983). Fundamento de Ingeniería de Cimentaciones (7ma Ed.)*

*Exploraciones exploratorias en el Campo. (Tabla 2.4, pag 77.)*

Teniendo en cuenta estos parámetros queda establecido que es pertinente y esencial una perforación ya que el auditorio tiene una longitud total de 45 metros y una superficie de construcción en planta de 1474.76 m<sup>2</sup>

En la siguiente figura se muestra la ubicación del punto para la perforación



*Figura 4.4 ubicación de las perforaciones para el estudio geotécnico*

*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.1.2 PROFUNDIDAD DE LAS PERFORACIONES

Para determinar la profundidad de la perforación para edificios Sowers y Sowers utiliza e siguiente criterio: (Cimentaciones B. M., 2016, pag. 76)

$$\frac{D_b}{S^{0.7}} = \alpha$$

Donde:

$D_b$ = Profundidad de perforación

$S$ =Número de Pisos

(la Altura del Auditorio sinfónico es de 12 metros por tal se toma  $S$  como un edificio de 4 pisos.)

$\alpha = 3$  (si  $D_b$  está en metros)

Empleando la fórmula 3.1 se encuentra la profundidad de perforación para el edificio.

$$\frac{D_b}{4^{0.7}} = 7.91 \text{ metros}$$

Para el punto de perforación queda establecida la profundidad mínima de 7.91 metros desde la superficie.

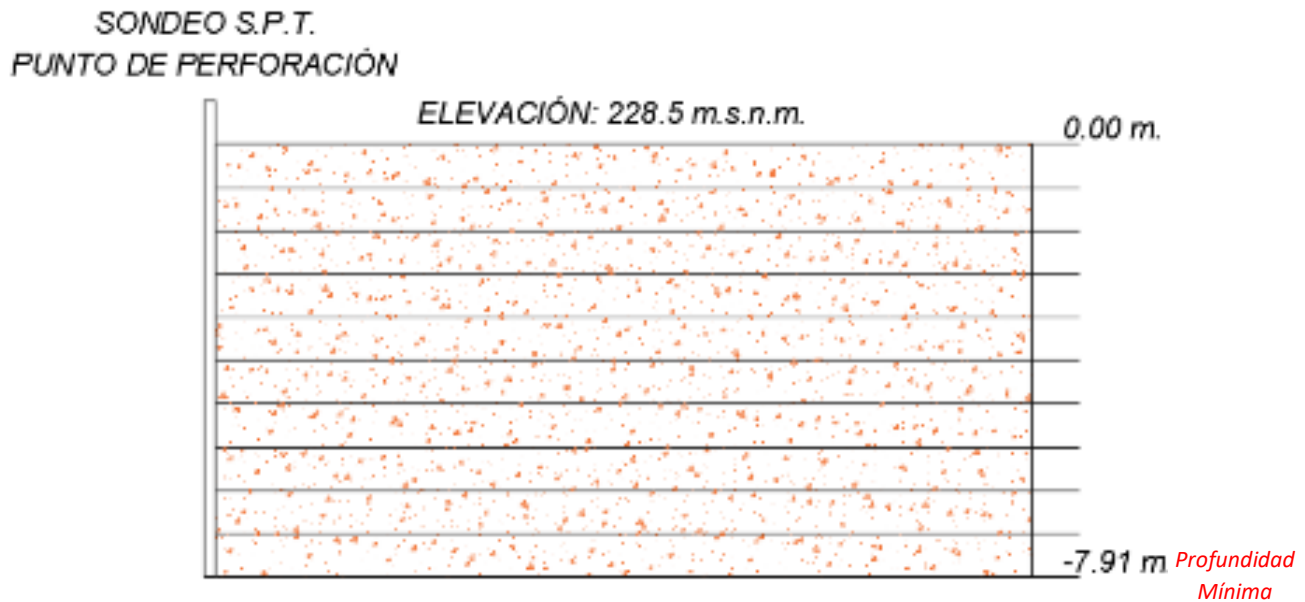


Figura 4.5 Vista de perfil de la ubicación de la perforación para el estudio geotécnico

Fuente: elaboración Propia

En la tabla 4.2 indica el número de muestra y la profundidad que se realizó el ensayo de S.P.T. para el punto de penetración.

<b>MUESTRA</b>	<b>PROFUNDIDAD (M)</b>
M-1	1.18
M-2	2.38
M-3	3.56
M-4	5.10
M-5	6.40
M-6	8.05

*tabla 4.2. Registro de campo de diferentes profundidades para extracción de muestra.*

*Fuente: Elaboración Propia*

A continuación, en la tabla 4.3 se describe los resultados obtenidos de la humedad

<b>Sondeo S.P.T. – en campo</b>				
<b>Identificación de la muestra</b>	<b>Profundidad (m)</b>	<b>Color</b>	<b>Consistencia o compacidad</b>	<b>Humedad</b>
Muestra 1	1.18	Rojizo	Blanda	Húmeda
Muestra 2	2.38	Rojizo	Blanda	Húmeda
Muestra 3	3.56	Rojizo claro	Firme	Húmeda
Muestra 4	5.10	Rojizo	Blanda	Húmeda
Muestra 5	6.40	Rojizo claro	Muy blanda	Húmeda
Muestra 6	8.05	Rojizo Amarillento	Muy blanda	Húmeda

*tabla 4.3. Consistencia y Color de diferentes profundidades de Sondeo S.P.T.*

*Fuente: Elaboración Propia*

El ensayo de campo fue realizado con un equipo de 4 personas; el ingeniero laboratorista de la Universidad Amazónica de Pando, un técnico de laboratorio, dos auxiliares de apoyo.

Esta fase de campo determina la ejecución de las siguientes actividades:

- Reconocimiento preliminar del terreno
- Ensayo de penetración dinámica
- Toma de muestra de diferentes profundidades.

Estas actividades se muestran fotográficamente en el anexo A

## 4.2 TRABAJO DE LABORATORIO

Los ensayos geotécnicos de laboratorio efectuados para el presente proyecto de grado, consistieron en la determinación de las características geotécnicas del terreno; estos ensayos se realizaron sobre la muestra previamente obtenida en el terreno con el SPT del punto respectivamente y con la colaboración del laboratorio de mecánica de Suelo de la Universidad amazónica de Pando.

Los ensayos realizados fueron ejecutados de acuerdo a los estándares de la Sociedad Americana para ensayos de materiales (ASTM) que se detallan en la tabla 4.4.

DESCRIPCIÓN	ASTM
Humedad Natural	D-2216
Granulometría	D-422
Límites de atterberg	D-4318
Clasificación de suelo (SUCS)	D-2487

Tabla 4.4 Ensayos realizados en el laboratorio de mecánica de Suelo de la U.A.P.

Fuente: elaboración propia.

### 4.2.1 Determinación de Contenido de Humedad de suelo (ASTMD-2216)

Se determinó el contenido de humedad por masa de una muestra de suelo mediante secado en horno, del punto de sondeo, con los equipos de laboratorio de mecánica de Suelo de la Universidad Amazónica de Pando (U.A.P.).

El contenido de humedad es la relación entre la masa del agua presente en los poros del suelo, ( $M_w$ ), y la masa de los sólidos del suelo ( $M_s$ ). Los resultados son adjuntados en el anexo C.



*Figura 4.6 Muestra para determinar Contenido de Humedad*

*Fuente: Elaboración propia*

#### **4.2.2 Análisis granulométrico por Tamizado (ASTMD-422)**

Se determinó el análisis granulométrico por tamizado con los tamices esenciales recomendados por la norma.

Para poder realizar la clasificación de suelo por el método (SUCS) se utilizaron los equipos de laboratorio de mecánica de suelo de la Universidad Amazónica de Pando; de manera que el ensayo fue elaborado con muestras representativas del sondeo, lo cual fue trabajado principalmente con los siguientes números de tamices:

N° Tamiz	Diámetro (mm)
3"	76.00
2"	50.00
1"	25.00
3/4"	19.00
1/2"	12.50
3/8"	9.50
1/4"	6.30
4	4.75
10	2.00
30	0.600
50	0.300
100	0.150
200	0.075





*Figura 4.8 Muestra para determinar los límites de Consistencia.*

*Fuente: Elaboración Propia*

#### **4.2.4 Determinación de la clasificación de Suelo**

Obtenido los datos de los ensayos realizados anteriormente (granulometría y Consistencia) se procede a la clasificación del tipo de Suelo; Dicha clasificación se realizó mediante el sistema Unificado de Clasificación de Suelo (USCS).

En la Figura 4.9 se muestra los símbolos que utiliza el sistema unificado.

<b>Símbolo</b>	<b>G</b>	<b>S</b>	<b>M</b>	<b>C</b>	<b>O</b>	<b>Pt</b>	<b>H</b>	<b>L</b>	<b>W</b>	<b>P</b>
<b>Descripción</b>	Grava	Arena	Limo	Arcilla	Limos orgánicos y arcilla	Turba y suelos altamente orgánicos	Alta plasticidad	Baja plasticidad	Bien graduado	Mal graduado

*Figura 4.9 Símbolos para la clasificación de suelo según (USCS).*

*Fuente: Braja M. Das (1983). Fundamentos de Ingeniería de cimentaciones (7ma ed.)*

*Sistema de clasificación de suelo Pág. 19.*

Teniendo en cuenta este parámetro, en la tabla 4.6 se indica la clasificación de suelo según el método Sistema Unificado de Clasificación de Suelo (SUCS) de cada muestra recolectada para cada punto de sondeo respectivamente.

En apartado anterior se detalló el procedimiento de los ensayos de laboratorio; a continuación, se describe los resultados de clasificación de suelo.

Sondeo S.P.T. – en campo			
Identificación de la muestra	Profundidad (m)	Clasificación del suelo según (SUCS)	Simbología De grupo
Muestra 1	1.18	Arcilla de baja compresibilidad arenoso	CL
Muestra 2	2.38	Arcilla de baja compresibilidad arenoso	CL
Muestra 3	3.56	Arcilla de Alta compresibilidad	CH
Muestra 4	5.10	Arcilla de baja compresibilidad con arena	CL
Muestra 5	6.40	Arcilla de baja compresibilidad con arena	CL
Muestra 6	8.05	Arcilla de Alta compresibilidad con arena	CH

Tabla 4.6. Clasificación de muestra (SUCS) SPT

Fuente: elaboración Propia.

Sustentando los resultados de la tabla 4.6 se realizó un perfil estratigráfico de la perforación estudiada, como se muestra en la siguiente figura.

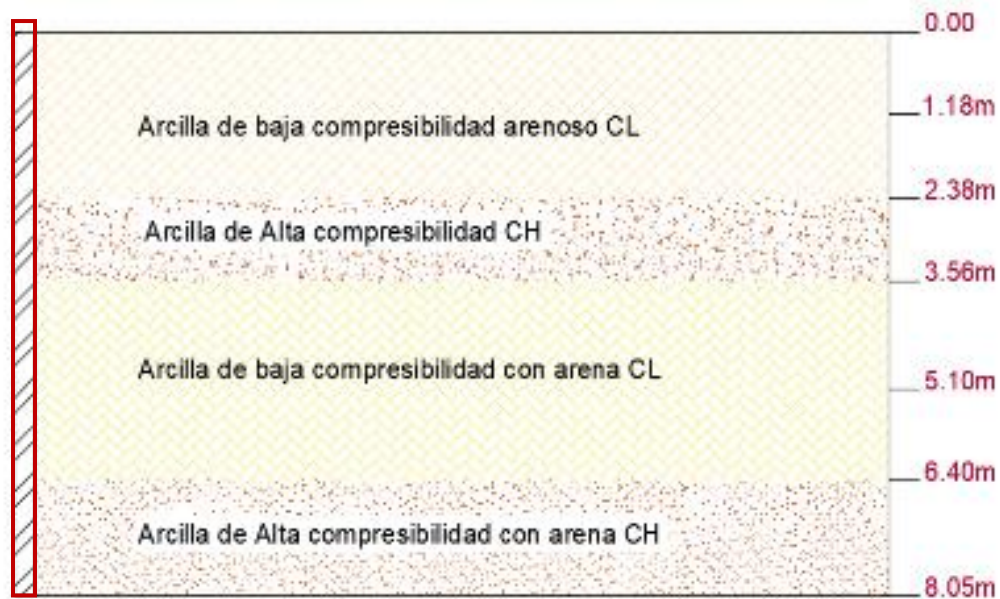


Figura 4.10. Perfil estratigráfico del suelo

Fuente: elaboración propia

### 4.3 ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR SPT

El presente ensayo tiene como propósito obtener muestras representativas del suelo para ensayos de laboratorio y su clasificación. Consiste en contar el número de golpes necesarios para que se introduzca a una determinada profundidad con una cuchara (cilíndrica y hueca) que permita tomar una muestra como indica la norma ASTM D-1586;

Realizado el ensayo se obtuvo los siguientes resultados del sondeo mostrado en la Tabla 4.7.

De la Misma forma la Tabla 4.7 describe solamente el número de golpes SPT, cada 45 cm por muestra y profundidad de cada muestra, mismo que utilizo en el laboratorio para determinar la caracterización del suelo.

<b>SONDEO SPT</b>					
<b>Identificación De la muestra</b>	<b>Profundidad (m)</b>	<b>N (Valor obtenido in situ)</b>			<b>N (SPT) 30 cm</b>
		<b>15 cm</b>	<b>15 cm</b>	<b>15 cm</b>	
Muestra 1	1.18	2	4	4	8
Muestra 2	2.38	3	4	5	9
Muestra 3	3.56	4	6	6	12
Muestra 4	5.10	2	4	5	9
Muestra 5	6.40	2	3	4	7
Muestra 6	8.05	5	6	9	15

Tabla 4.7. Registro de Campo del número de Golpes de SPT

Fuente: elaboración Propia

En la siguiente figura se muestra la identificación fotográfica correcta de la toma de datos de la muestra utilizando la cuchara terzagui, el tablero de anotación y el flexómetro para las mediciones respectivas.



Figura 4.11. Toma de Muestra de campo

Fuente: Elaboración propia

### 4.3.1 Factores de corrección para el valor del número de golpes “N”

#### 4.3.1.1. Correcciones para $N_{60}$

El ensayo está sometido a diferentes variables que afectan el resultado del mismo, para la corrección se empleara el número de penetración estándar como una función de la energía de entrada de hincado y su disipación alrededor del muestreador hacia el suelo.

(cimentaciones B.M.,2016 pág.84)

Las variaciones de  $n_H$ ,  $n_B$ ,  $n_S$ , y  $n_R$  con base en recomendaciones de Seed y colaboraciones (1985) y Skemton (1986). La cual se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Energía teórica de Entrada} = W \times h$$

Donde:

W=peso del martinete 63.5 kg

h=altura de caída 0.76 m

$$\text{Energía teórica de entrada} = 63.5 \text{kg} \times 0.76 \text{m} = 48.26 \text{kg} \times \text{m}$$

El resultado anterior de energía teórica de entrada 48,26 kg x m, indica el impacto de martillo que debe ser verificado al momento de los ensayos.

$$N_{60} = \frac{N \times n_H \times n_B \times n_S \times n_R}{60}$$

Donde:

$N_{60}$ =número de penetración estándar, corregido por las condiciones en el campo

N=Número de penetración medido

$n_H$ = eficiencia del martinete (%)

$n_B$ = Corrección por el diámetro de la perforación

$n_S$ = Corrección del muestrador

$n_R$ = Corrección por longitud de la barra

A continuación, se describe las tablas de variación para la corrección del número de penetración estándar, corregido por las condiciones en el campo. (Cimentaciones B. M., 2016, pág. 84).

**Tabla 2.5** Variación de  $\eta_H, \eta_B, \eta_S$ , y  $\eta_R$  [Ec. (2.6)].

**1. Variación de  $\eta_H$**

País	Tipo de martinete	Liberación del martinete	$\eta_H$ (%)
Japón	Toroide	Caída libre	78
	Toroide	Cuerda y polea	67
Estados Unidos	De seguridad	Cuerda y polea	60
	Toroide	Cuerda y polea	45
Argentina	Toroide	Cuerda y polea	45
China	Toroide	Caída libre	60
	Toroide	Cuerda y polea	50

**Tabla 4.8** Variación de  $n_H$

Fuente: Braja M. Das (1983). *Fundamento de Ingeniería de Cimentaciones* (7ma. Ed.).

Depósitos naturales de suelo y exploración del subsuelo. (Tabla 2.5 pág 84).

**2. Variación de  $\eta_B$**

Diámetro, mm	$\eta_B$
60-120	1
150	1.05
200	1.15

**Tabla 4.9** Variación de  $n_B$

Fuente: Braja M. Das (1983). *Fundamento de Ingeniería de Cimentaciones* (7ma. Ed.).

Deposito naturales de suelo y exploración del subsuelo. (Tabla 2.5 pág 84).

### 3. Variación de $\eta_S$

Variable	$\eta_S$
Muestreador estándar	1.0
Con recubrimiento para arena y arcilla densas	0.8
Con recubrimiento para arena suelta	0.9

Tabla 4.10 Variación de  $n_S$

Fuente: Braja M. Das (1983). *Fundamento de Ingeniería de Cimentaciones (7ma. Ed.)*.

Deposito naturales de suelo y exploración del subsuelo. (Tabla 2.5 pág 84).

### 4. Variación de $\eta_R$

Longitud de la barra, m	$\eta_R$
> 10	1.0
6-10	0.95
4-6	0.85
0-4	0.75

Tabla 4.11 Variación de  $n_R$

Fuente: Braja M. Das (1983). *Fundamento de Ingeniería de Cimentaciones (7ma. Ed.)*.

De acuerdo a los factores puntualizados anteriormente, se desarrolló la corrección de los respectivos datos tomados en el campo del SPT, de tal manera que nos proporcionó los resultados del número de golpes corregido  $N_{60}$ . (Ver anexo C)

#### 4.3.2 Peso específico del suelo

El peso específico se realizó a partir de todas las muestras obtenidas de campo del sondeo de diferentes profundidades, en laboratorio de mecánica de suelo de la Universidad Amazónica de Pando. (los pesos específicos de las diferentes muestras se encuentran en el anexo C)

#### 4.4 CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO

Técnicamente la capacidad portante es la máxima presión media de contacto entre la cimentación y el terreno tal que no se produzca un fallo por cortante del suelo o un asentamiento diferencial excesivo.

Se revisó la bibliografía moderna y se encuentran trabajos de investigación en el vecino país de Brasil para suelos residuales muy similar al nuestro, de misma forma que el presente ensayo de penetración estándar.

Fernando Schnaid, nos dice en su libro Ensaio de campo e suas aplicacoes a Engenharia de fundacoes.

$$q_{adm} = 9.54 \times N_{SPT,60} \quad (\text{KN/m}^2)$$

De los puntos tomados para las muestras de suelo en el estudio de laboratorio es predominante el suelo arcilloso CL. A continuación, se presenta una tabla donde muestra un resumen con los resultados de la capacidad portante de suelo y datos de laboratorio.

SONDEO SPT								
Identificación De la muestra	Prof. (m)	Clasif. Simb.	Correg N <sub>60</sub>	Qadm Kg/cm <sup>2</sup>	IP %	LL %	γ seca Kn/m <sup>3</sup>	Contenido Humedad %
Muestra 1	1.18	CL	16	0.61	24.88	14.54	18.52	24.1
Muestra 2	2.38	CL	14	0.52	16.72	18.46	18.45	21.6
Muestra 3	3.56	CH	15	0.58	29.02	27.50	18.70	22.4
Muestra 4	5.10	CL	9	0.41	20.36	10.76	18.50	23.7
Muestra 5	6.40	CL	6	0.31	20.07	11.38	18.20	20.6
Muestra 6	7.65	CH	12	0.57	31.98	21.33	18.25	27.5

Tabla 4.12. Resumen de datos obtenidos de SPT

Fuente: Elaboración Propia

#### **4.5. RESUMEN**

En conclusión, el espacio donde se construirá el Auditorio Sinfónico es un terreno aceptable para la ejecución.

Con las observaciones in situ, las pruebas realizadas y a través de las muestras obtenidas en laboratorio de mecánica de suelo de la Universidad Amazónica de Pando se puede indicar lo siguiente:

- No se encontró el nivel freático, y según sondeos a las construcciones aleñadas no existo ojo de agua en el lugar.
- Analizado el sondeo para la construcción de la estructura a una profundidad de 2 metros el  $q_{adm}$ . Considerado es  $0.52\text{kg/cm}^2$  por lo tanto se trata de un suelo arcilloso de baja compresibilidad
- El tipo de fundación recomendada según el tipo de suelo son pilotes o zapatas de fundación.

## CAPITULO V

---

### BASE DE CÁLCULO

#### 5.1.ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

En todo el proceso de análisis y diseño estructural se utilizarán las siguientes normas.

- Hormigón Armado NB1225001-1
- Acción de Viento Norma ASCE-07-05
- Geotecnia Norma ASTM

#### 5.2.MATERIALES

##### A) CARACTERISTICAS DEL HORMIGON ARMADO

El hormigón armado es un material compuesto por hormigón (grava, arena, cemento, agua, aditivo) y acero; para resistir los refuerzos de compresión y tracción respectivamente. Sus características mecánicas son:

- Resistencia especificada a la compresión  $f_c' = 21 \text{ Mpa}$
- Peso específico  $= 2500 \text{ kg/m}^3 = 25 \text{ KN/m}^3$
- Módulo de elasticidad  $E = 4700 \times \sqrt{f_c'}$

##### B) CARACTERISTICAS DEL ACERO DE REFUERZO

Todas las barras para el hormigón armado son de acero corrugado ASTM A615-Grado 60, con las siguientes propiedades:

- Fierro corrugado AH 500 N
- Límite de fluencia ( $f_y$ ):  $500 \text{ MPA} = 50 \text{ KN/cm}^2$
- Coeficiente de seguridad ( $\gamma$ ): 1.15 (s/CBH)
- Resistencia a la tracción (R):  $550 \text{ MPA} = 55 \text{ KN/cm}^2$

Dimensiones y pesos nominales:

DIAMETRO NOMINAL $d_b$ mm	DIAMETRO REAL mm	ÁREA NOMINAL $\text{Mm}^2$	MASA NOMINAL, Kg/m
4,2	4,2	14	0.111
6	6,0	28	0.222
8	8,0	50	0.395
10	9,6	72,9	0.573
12	12,0	113	0.888
16	16,0	201	1.578
20	20,0	314	2.466
25	25,0	491	3.853
32	32,0	804	6.313

Tabla 5.1. Barra de Armaduras Comerciales en Bolivia

Fuente: Norma Boliviana NB1225001-01

### C) CONDICIONES PARA CUBIERTAS METÁLICA

Los perfiles laminados en frío, planchas (calaminas) y barras, deben cumplir con lo especificado en la Norma ASTM A36. KSI

#### Designaciones ASTM

Productos de acero en conformidad con alguna de las siguientes especificaciones ASTM son aceptables para ser usados con esta especificación.

Perfiles Estructurales Laminados en frío	ASTM A1043/A1043M
Laminas	ASTM A606/A606M ASTM A1011/A1011M SS,

Tabla 5.2 Designación de acero por ASTM

Fuente: Elaboración propia.

#### Características de los perfiles laminados en frío

para resistir los refuerzos de compresión y tracción respectivamente. Sus características mecánicas son:

- ❖ Módulo de elasticidad 10 MPA
- ❖ Límites de fluencia (espesor  $\leq 200\text{mm}$ ) A36  $F_y = 248\text{MPA}$
- ❖ Calaminas ASTM A-709
- ❖ Límites de fluencia 230MPA
- ❖ Peso específico  $= 7693 \text{ kg/m}^3 = 76.93\text{KN/m}^3$

#### Características de las planchas de cubierta

- ❖ Módulo de elasticidad 0.001 MPA
- ❖ Peso específico  $= 10.00 \text{ KN/m}^3$
- ❖  $e = 0.01\text{cm}$

### 5.3.MÉTODO DE LOS ESTADOS LIMITES

#### *Definición de los estados Límites*

Toda estructura debe reunir las consideraciones adecuadas de seguridad, funcionalidad y durabilidad, con objeto de que pueda rendir el servicio para el que ha sido proyectada.

Se denominan estados límites aquellas situaciones tales que, al ser rebasadas colocan a la estructura fuera de servicio.

Los estados límites pueden clasificarse en: Estado Límite Último y estado Límite de Servicio. **Estado límite Ultimo**, esta denominación engloba todos aquellos correspondientes a una puesta fuera de servicio de la estructura, ya que por colapso o rotura de la misma o de una parte de ella.

Estos estados límites incluyen:

- a) estado límite en equilibrio, definido por la pérdida de estabilidad estática de una parte, o del conjunto de la estructura, considerada como un cuerpo rígido (se estudia a nivel de estructura o elemento estructural completo).
- b) Estado límite de agotamiento o de rotura, Definido por el agotamiento resistente o la deformación plástica excesivas de una o varias secciones de los elementos de la estructura. Cabe considerar que el agotamiento por solicitaciones normales y por solicitaciones tangentes (se estudia a nivel de sección de elemento estructural)
- c) Estado límite de inestabilidad o de pandeo, de una parte, o del conjunto de la estructura (se estudia en general, a nivel de elemento estructural)
- d) Estado límite de adherencia, caracterizado por la rotura de la adherencia entre las armaduras y el hormigón que las rodea (se estudia de forma local en las zonas de anclaje)
- e) Estado límite de fatiga, caracterizado por la rotura de alguno de los materiales de la estructura por efecto de la fatiga, bajo la acción de las cargas dinámicas (se estudia a nivel de sección)

**Estado límite de servicio**, se incluyen bajo la denominación de estados límites de utilización de todas aquellas situaciones de la estructura para las que, la misma queda fuera de servicio, por razones de durabilidad, funcionales o estéticas.

Por razón de durabilidad se incluye el estado límite de figuración controlada, caracterizado por el hecho de que la abertura máxima de las fisuras de una pieza alcance un determinado valor límite (se estudia a nivel de sección de la pieza)

Relacionados con las condiciones funcionales que ha de cumplir la estructura, se encuentra los siguientes estados límites de utilización:

- a) Estado límite de deformación, caracterizado por alcanzarse una determinada deformación (flecha, giros) en un elemento de la estructura (se estudia a nivel estructura o elemento estructural).

- b) Estado límite de vibraciones, caracterizado por la presencia de vibraciones de una determinada amplitud o frecuencia de la estructura (se estudia a nivel estructura o elemento estructural).

#### 5.4.DISEÑO DE FATIGA.

No es necesario verificar el diseño a fatiga, en el caso de sismo o viento en edificaciones diseñadas adecuadamente con cubiertas reforzadas.

#### 5.5.PREDIMENCIONAMIENTO

Para la realización del proyecto Diseño estructural de un Auditorio Sinfónico en la Universidad amazónica de Pando, se desarrollan los criterios que se toman en cuenta para el predimensionamiento de los elementos estructurales que conforman la edificación.

##### 5.5.1. Predimensionamiento de viga

Las cargas que actúan, en una estructura, ya sean cargas vivas de gravedad o de otro tipo, tales como cargas horizontales de viento o las debidas a contracción y temperatura, generan flexión y deformación de los elementos estructurales que la constituyen. La flexión en viga es el resultado de la deformación causada por los esfuerzos de flexión debida a cargas externas que actúan perpendicularmente a su eje mayor.

Debido a los datos de entrada y de acuerdo a la configuración arquitectónica para el análisis de secciones difieren de lo que se requieren para el diseño.

A continuación, en la siguiente tabla optamos por desarrollar el espesor mínimo de viga para el Prediseño de la estructura. (altura o espesor mínimo de vigas pretensadas o losas armadas en una dirección a menos que calculen la deflexión.)

	ESPESOR MÍNIMO, h(mm)			
		Simplemente apoyados	Con un extremo continuo	En voladizo
Elementos	Elementos que no soporten o estén logados a divisiones u otro tipo de elementos susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes.			
Losa maciza en una dirección	L/20	L/24	L/28	L/10
Vigas o losas nervadas en una dirección	L/16	L/18.5	L/21	L/8

Tabla 5.3 Espesor mínimo para diseño de viga

Fuente: Norma Boliviana NB1225001-01.

Para sección económica de viga con losa a un solo lado es L/12\* (8.11.3)

### 5.5.2. Predimensionamiento de columna

Las columnas transmiten las cargas de los pisos superiores hasta la planta baja y después al suelo a través de las fundaciones. Puesto que las columnas son elementos a compresión, la falla de una columna en un lugar crítico puede causar el colapso progresivo de los pisos superiores y por último el colapso de la estructura completa.

Es importante pre diseñar las columnas que serán utilizadas en el auditorio. Por lo tal se toman las siguientes ecuaciones para el prediseño:

- Tamaño de columna

$$b = h = \sqrt{A_{g(\text{requerida})}}$$

- Área bruta del hormigón requerido

$$A_g = \frac{P_u}{0,85\phi(0,85f'_c(1 - \rho_g) + f'_y\rho_g)}$$

- Cuantía según normativa

La cuantía del acero según la Norma boliviana se toma por sección económica,

El cual se encuentra entre 1% y 2%

$$\rho_g \text{ Asumido } = 0,01012$$

### 5.5.3. Predimensionamiento de losa

Las losas son elementos estructurales bidimensionales, en los que la tercera dimensión es pequeña con las otras dos dimensiones básicas. Las cargas que actúan sobre las losas son esencialmente perpendiculares al plano principal de las mismas, por lo que su comportamiento está dominado por la flexión.

Se toman las siguientes ecuaciones para el prediseño:

Previamente se realiza el análisis de verificación de losa a una o dos direcciones

$$\frac{l_a}{l_b} < 2 \quad \text{Losa en dos direcciones}$$

$$\frac{l_a}{l_b} > 2 \quad \text{Losa en una dirección}$$

- Espesor mínimo de losa en dos direcciones,  $H_{min}$

$$h_{min} \geq \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 - 9\beta} \geq 9cm$$

## 5.6.COMBINACIONES DE CARGA Y ACCIONES

La resistencia requerida  $U$  debe ser por lo menos igual al efecto de las cargas mayoradas en las Ecuaciones 9-1 a 9-7. Debe investigarse el efecto de una o más cargas que no actúan simultáneamente.

$$\text{Estructura vacía: } U = 1.4(D + F) \quad (9-1)$$

$$\text{Estructura con sobrecargas: } U = 1.2(D + F + T) + 1.6(L + H) + 0.5(L_r \text{ ó } S \text{ ó } R) \quad (9-2)$$

$$\text{Estructura de Cubierta: } U = 1.2D + 1.6(L_r \text{ ó } S \text{ ó } R) + (1.0L \text{ ó } 0.80W) \quad (9-3)$$

$$\text{Acción de viento: } U = 1,2 D + 1,0 W + 1,0 L + 0,5 (L_r \text{ ó } S \text{ ó } R) \quad (9-4)$$

$$\text{Acción de viento + Empuje de suelo } U = 0,9 D + 1,0 W + 1,6 H \quad (9-6)$$

Donde:

D= Cargas muertas

E= Efectos de cargas producidos por el sismo

F= Cargas debidas al peso y presión de fluidos con densidades bien definidas y alturas máximas controlables.

H= Cargas debidas al peso y empuje del suelo, del agua en el suelo, u otros materiales.

L= Cargas vivas

L<sub>r</sub>= Cargas vivas de cubierta

R= Cargas por lluvia.

S= Cargas por nieve

T= Efectos acumulados de variación de temperatura, fluencia lenta, retracción, asentamiento diferencial, y retracción del hormigón de retracción compensada

U= Resistencia requerida para resistir las cargas mayoradas

W= Carga por viento

## FACTORES DE REDUCCIÓN DE CAPACIDAD DE CARGA

En la siguiente tabla muestra los factores de reducción de resistencia

Valor de $\Phi$	Descripción
0.65	Factor de reducción de resistencia para secciones controladas por compresión
0.75	Secciones neta de conexión en tracción
0.9	Secciones total en tracción

### 5.7.DETERMINACION DE CARGAS EN EL DISEÑO

Las acciones y cargas en el proyecto que se consideraron son las siguientes:

- Carga muerta
- Carga variable

#### 5.7.1 CARGA MUERTA “G”

Se interpreta como carga muerta, el peso propio de todos los elementos estructurales basados en las dimensiones de diseño, y el peso permanente de materiales y artículos, tales como: muros, cielo falso, mezzanine, pisos, cubierta, escaleras, equipos fijos y todas las cargas que no son la estructura resistente. Son cargas que tendrán variablemente el mismo peso y localización durante el tiempo de vida útil de la estructura.

##### - **Peso propio**

Para el diseño estructural el peso propio de los elementos trascendentales (columna, viga, losa, etc.) se calculó mediante las secciones de los elementos, sus longitudes y peso específico de los materiales utilizados.

##### - **Carga permanente**

El peso de los elementos constructivos se calculará mediante su peso específico y la multiplicación de su volumen por su peso específico.

Para los materiales de construcción se tomarán los valores establecidos en la siguiente tabla

<b>Materiales</b>	<b>Peso Específico (KN/m3)</b>
Hormigón de peso normal	20.00
Acero	77.00
Madera (semidura)	8.00
Mortero (arena y cemento)	21.00
Baldosa de cerámica	18.00
Ladrillo de 6 huecos (% huecos>50)	10.00
Ladrillo macizo	18.00
Cielo falso de yeso con enlistonado	.20
vidrio	26.00

Tabla 5.4 peso específico de algunos materiales.

Fuente: Norma NB. 1225002-1, Carga Gravitatorias, Tabla 3.1 – 3.2

El diseño del auditorio se caracterizó por dos niveles, planta baja (auditorio), y planta alta (mezzanine).

En la siguiente tabla se determinan las cargas permanentes detalladas para la estructura.

<b>Material</b>	<b>Espesor (m)</b>	<b>Peso específico (KN/m3)</b>	<b>Peso total (KN/m2)</b>
Mortero (arena y cemento)	0.03	18	0.54
Piso Parquet	0.007	18.00	058.07
Cielo falso (paneles acústicos)			0.15
Cubiertas livianas (techo de calaminas)			0.5
Instalaciones eléctricas			0.05
Instalaciones sanitarias			0.05
total			1.36
<b>Adoptamos 1.40 KN/m2</b>			

Tabla 5.5cargas permanentes en la planta alta (mezzanine)

Fuente elaboración propia

<b>Material</b>	<b>Espesor (m)</b>	<b>Peso específico (KN/m3)</b>	<b>Peso total (KN/m2)</b>
Baldosa cerámica	0.007	18	0.126
Morteros	0.03	18	0.54
Total			0.66
<b>Adoptamos 0.70 KN/m2</b>			

Tabla 5.6 cargas permanentes en escalera y rampa

Fuente elaboración propia

### 5.7.2. CARGA VARIABLE “Q”

Son cargas no permanentes producidas por personas en constantes movimiento.

Personas que salen y entran en una edificación, pueden ser consideradas como carga viva (sobrecarga de uso) e incluso el almacenamiento de materiales.

Para simplificar los cálculos de cargas vivas son expresadas como cargas uniformes aplicadas sobre el área de edificación.

Las cargas vivas que se utilicen en el diseño de la estructura deben ser las cargas máximas debidas a la ocupación y servicio que presta la estructura.

A continuación, se detallan algunas cargas vivas en el diseño.

<b>TIPO DE SERVICIO</b>	<b>SOBRECARGA DE SERVICIO (KN/M2)</b>
<b>Baños</b>	<b>3.00</b>
Corredores planta baja	5.00
Corredores planta alta	5.00
<b>Escaleras</b>	<b>5.00</b>
Vestidores	2.50
Asientos fijos	3.00
Asientos móviles	5.00
<b>Escenario</b>	<b>5.00</b>
<b>Balcón</b>	<b>3.00</b>
plataformas	6.00

*Tabla 5.7 Sobrecargas de uso*

*Fuente: Fuente: Norma NB. 1225002-1, sobrecarga de servicio*

### **Resumen**

Se concluye demostrando a través de la siguiente tabla las cargas ocupadas en el diseño estructural del Auditorio:

<b>CARGAS ADOPTADAS</b>		
Carga Muerta	Mezzanine	1.40 Kn/m <sup>2</sup>
	Estudio de Sonido	1.40 Kn/m <sup>2</sup>
	Sala de Ingreso	1.40 Kn/m <sup>2</sup>
	Sanitarios segunda P.	1.40 Kn/m <sup>2</sup>
	Losa de Cubierta	1.00 Kn/m <sup>2</sup>
	Rampa de Acceso	0.70 Kn/m <sup>2</sup>
	Escaleras	0.70 Kn/m <sup>2</sup>
Carga Variable	Mezzanine	3.00 Kn/m <sup>2</sup>
	Estudio de Sonido	5.00 Kn/m <sup>2</sup>
	Sala de Ingreso	3.00 Kn/m <sup>2</sup>
	Sanitarios segunda P.	3.00 Kn/m <sup>2</sup>
	Losa de Cubierta	1.00 Kn/m <sup>2</sup>
	Rampa de Acceso	5.00 Kn/m <sup>2</sup>
	Escaleras	5.00 Kn/m <sup>2</sup>

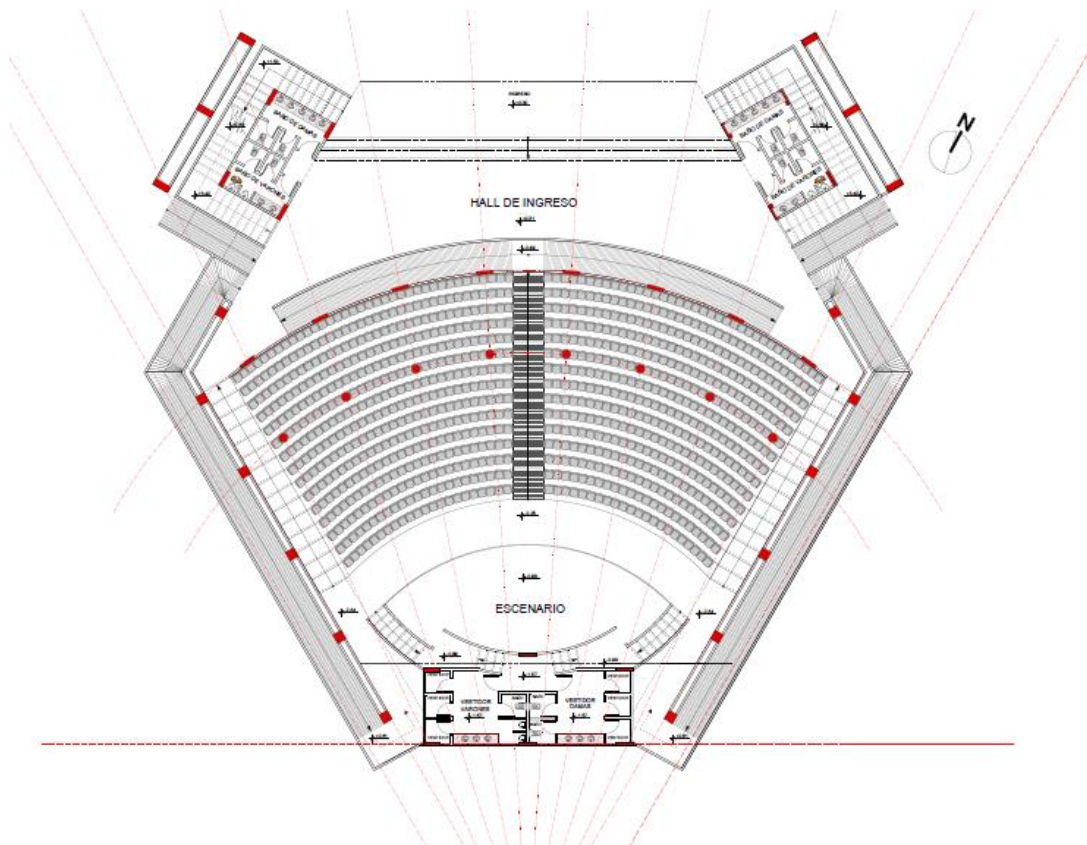
*Tabla 5.8 Resumen de Cargas de la Estructura*

*Fuente: Elaboración Propia*



### 6.1. DISPOSICIÓN GEOMÉTRICA

En el presente capítulo se verifica el cumplimiento de las condiciones de resistencia del auditorio Sinfónico y se realiza el diseño estructural de las diferentes partes de la estructura.



*Figura 6.1 Vista en planta "Auditorio Sinfónico"  
Fuente: elaboración propia*

## 6.2. ESTRUCTURACIÓN

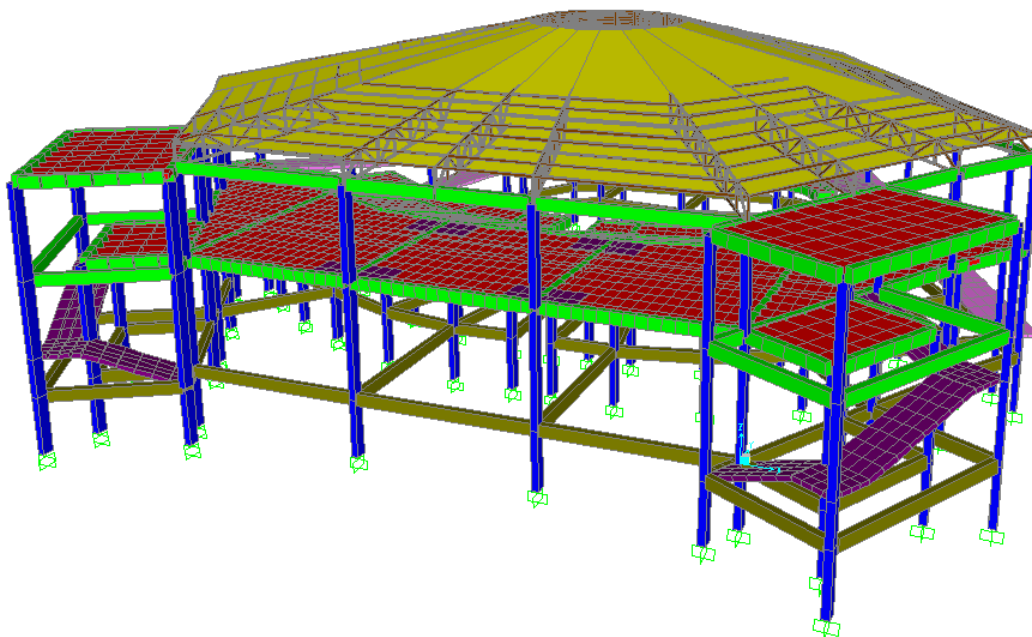
El sistema de losa a utilizarse es Losa nervada aligerada bidireccional ya que la geometría así lo permite, esta descansa sobre vigas reforzadas y a su vez su sistema vertical de soporte está formado por columnas y ábacos de concreto reforzado, formando así un sistema rígido.

La estructura es considerada como un sistema especial de elementos de concretos reforzados.

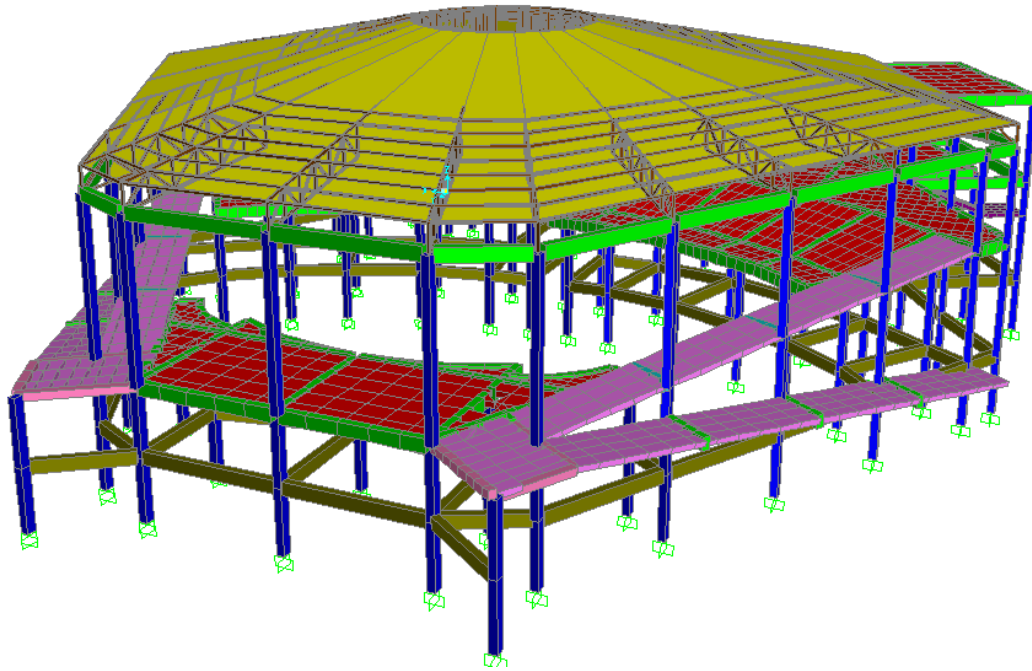
La forma de la estructura es hexagonal y a su vez cuenta con columnas circulares y rectangulares el cual brindan una agradable armonía y estética al Auditorio.

## 6.3. MODELADO ESTRUCTURAL SAP2000V14

Para el análisis estructural del Auditorio Sinfónico se realizó un modelo tridimensional idealizado a través del método de Teoría Clásico, método adoptado por la Norma a utilizar. Al modelar la estructura se pueden obtener resultados más precisos a través de la interacción de los diferentes elementos estructurales.



*Figura 6.2 Modelo estructural – Vista frontal en 3D  
Fuente: elaboración propia*



*Figura 6.3 Modelo estructural – Vista posterior en 3D  
Fuente: elaboración propia*

## 5.1.DISEÑO ESTRUCTURAL

### D.1. VIGA

Para el cálculo de viga adoptamos la luz más larga de la estructura; adoptamos la viga  $w'=7.35\text{mts}$ .

$$h = \frac{L}{12}$$

$$h = \frac{7.35 \text{ m}}{12}$$

$$h = 0.60 \text{ m}$$

USAR

SECCION	
<b>h</b>	50

<b>b</b>	30
----------	----

➤ **CUANTIA MINIMA DE REFUERZO LONGITUDINAL**

$$\rho_{min} = \frac{0.0018 * 420}{f_y}$$

$$\rho_{min} = \frac{0.0018 * 420}{5000}$$

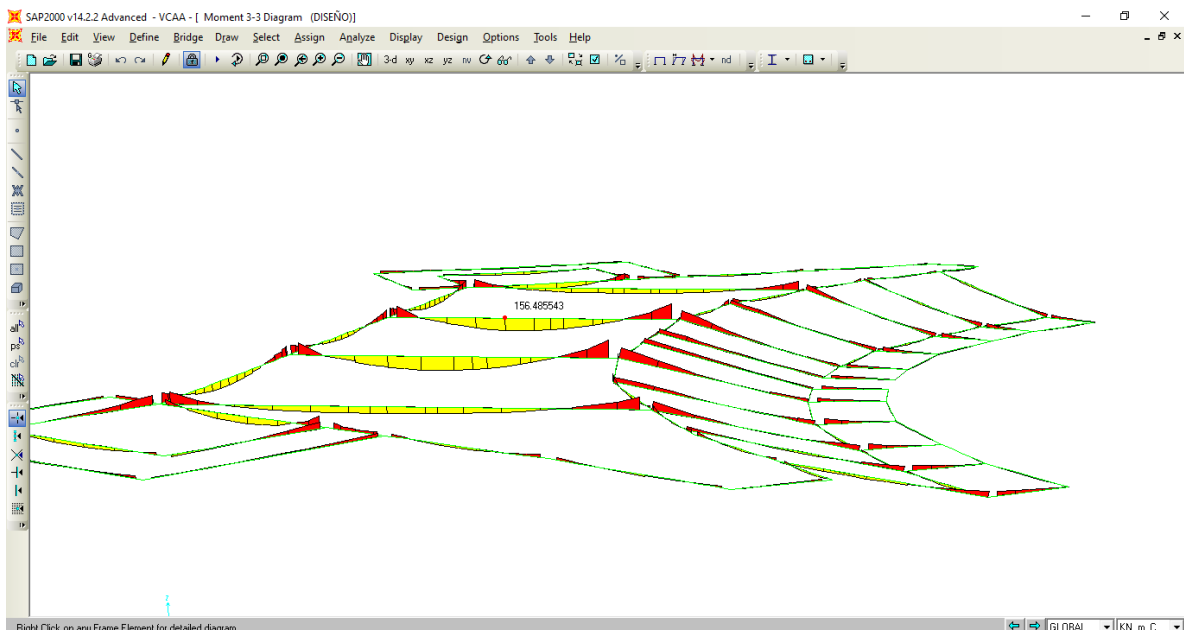
$$\rho_{min} = 0.0015$$

➤ **CUANTIA MAXIMA DE REFUERZO LONGITUDINAL**

$$\rho_{max} = 0.01806$$

➤ **ESFUERZOS EN EL ELEMENTO**

○ **ACERO DE REFUERZO LONGITUDINAL**



*Figura 6.4 grafica de deformación Longitudinal en Viga  
Fuente: elaboración propia*

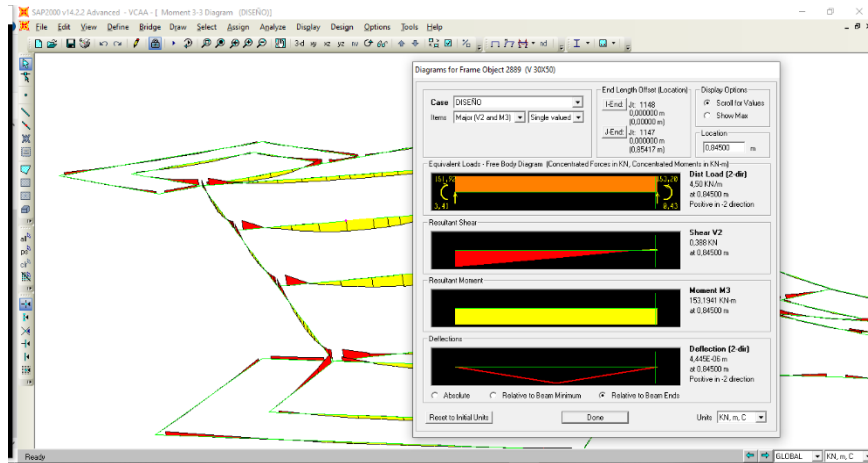


Figura 6.5 grafica de deformación Longitudinal en Viga – Tabla de datos  
Fuente: elaboración propia

### VANO

$$M_U = 51.46 \text{ KN} - m$$

$$M_U = \phi * 0.85 * f_c' * b * a * (h - r_{mec} - a/2)$$

$$51.46/1000 = 0.9 * 0.85 * 21 * 0.3 * a * (0.50 - 0.030 - a/2)$$

$$a = 0.0233 \text{ m}$$

$$N_C = \phi * 0.85 * f_c' * b * a$$

$$N_C = 0.9 * 0.85 * 21 * 0.3 * 0.08304$$

$$N_C = 0.11227 \text{ KN}$$

$$N_C = F$$

$$\sigma = F/A$$

$$A_s = N_C / \phi * \sigma$$

$$A_s = 0.11227 / 0.9 * 500$$

$$A_s = 2.49 \text{ cm}^2$$

**USAR: 2Ø12 mm+1Ø14 mm**

## ➤ ACERO DE REFUERZO TRANSVERSAL

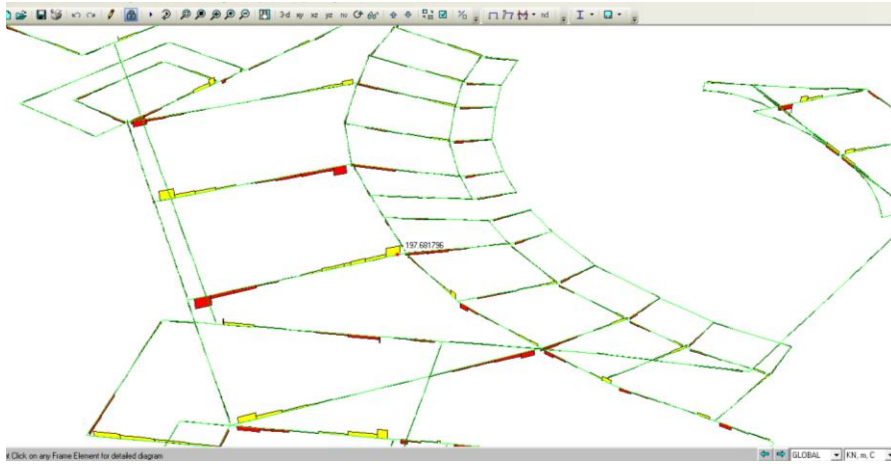


Figura 6.6 grafica de deformación Transversal en Viga  
Fuente: elaboración propia

### CORTANTE

$$V_n = 171.50 \text{KN}$$

### Hormigón

$$\phi V_c = \phi * \frac{\sqrt{f'_c}}{6} * b * d$$

$$\phi V_c = 0.75 * \frac{\sqrt{21}}{6} * 0.3 * 0.47$$

$$\phi V_c = 80.0 \text{KN}$$

### Acero

$$\phi V_s = V_n - \phi V_c = \phi * \frac{d * A_s * f_y}{Sep}$$

$$171.50 - 80.8 = 0.75 * \frac{0.465 * 2 * A_s / 100^2 * 413000}{Sep}$$

$$3.11 * Sep = A_s$$

$$A_s = 0.47 \text{ cm}^2$$

**USAR: Ø8mm c/15cm**

## D.2. COLUMNA

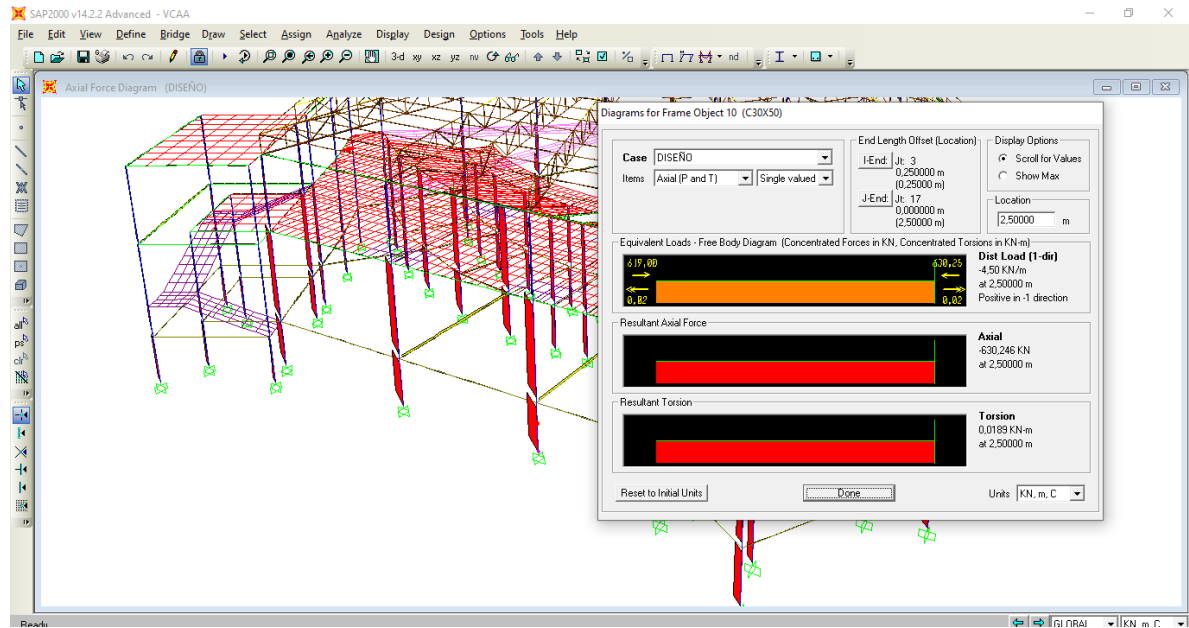


Figura 6.7 grafica de Esfuerzo Axial en la estructura  
Fuente: elaboración propia

### ➤ DIMENSIONAMIENTO DE COLUMNAS

$$A_c \geq \frac{P}{0.40 * f_c}$$

$$A_c \geq \frac{610.83}{0.40 * 21000}$$

$$A_c \geq 727.17 \text{ cm}^2$$

USAR

SECCION	
<b>h</b>	40
<b>b</b>	30

$$1200 \text{ cm}^2 \geq 727.17 \text{ cm}^2 \quad \text{CUMPLE}$$

➤ **AREA DE ACERO DE REFUERZO LONGITUDINAL**

$$A_S = \rho * A_C$$

$$A_S = 0.012 * 1200$$

$$A_S = 14.4 \text{ cm}^2$$

**USAR: 8Ø16mm**

$$A_{S \text{ req.}} = 16.08 \text{ cm}^2$$

➤ **CUANTIA MINIMA DE REFUERZO LONGITUDINAL**

$$\rho_{MIN} = 0.01 \text{ Artículo } 10.9.1 - NB -1225001$$

$$A_S = 0.01 * 40 * 30$$

$$A_{Smin} = 12.00 \text{ cm}^2$$

$$A_{S \text{ req.}} > A_{Smin} \text{ OK}$$

➤ **CUANTIA MAXIMA DE REFUERZO LONGITUDINAL**

$$\rho_{MAX} = 0.08 \text{ Artículo } 10.9.1 - NB -1225001$$

$$A_S = 0.08 * 40 * 30$$

$$A_S = 96.00 \text{ cm}^2$$

$$➤ A_{S \text{ max}} > A_{S \text{ req.}} \text{ OK}$$

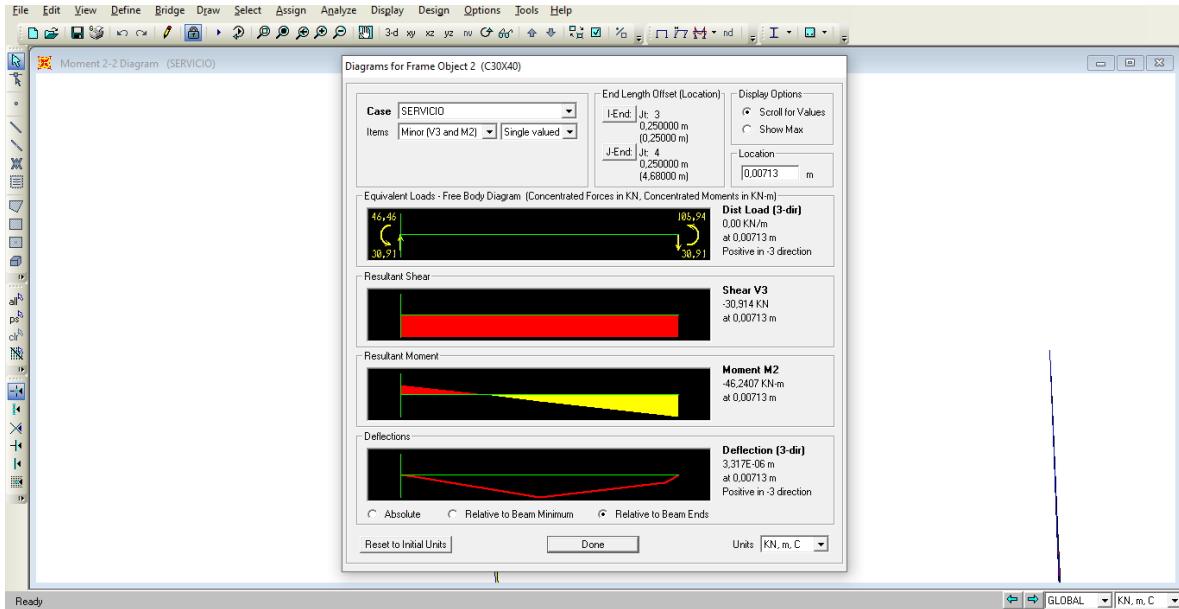


Figura 6.8 grafica de Esfuerzo a flexión en la estructura  
Fuente: elaboración propia

### ➤ EFECTOS DE ESBELTEZ EN COLUMNAS

“Para marcos sin desplazamiento lateral, los efectos de esbeltez pueden ignorarse con satisfacción con la siguiente expresión”

$$\frac{K * l_u}{r} \leq (34 - 12 * \frac{M_1}{M_2}) < 40$$

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$r_x = \sqrt{\frac{30 * 40^3}{12 * 30 * 40}}$$

$$r_x = 11.54 \text{ cm}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{40 * 30^3}{12 * 30 * 40}}$$

$$r_y = 8.66 \text{ cm}$$

$$K = 1$$

$$l_u = 4.93 \text{ m}$$

$$\frac{K * l_u}{r} = \frac{1 * 493}{20.20} = 24.40 \leq 34 - 12 * \frac{46.2407}{105.7233} \leq 40$$

$$24.40 \leq 28.75 \leq 40$$

“Diseñar como columna corta”

➤ **AREA DE ACERO DE REFUERZO TRANSVERSAL**

Los estribos para elementos sometidos a compresión deben cumplir con lo siguiente:

$$d_{be} = \begin{cases} \geq 6 \text{ mm} \\ \geq 0.25 d_b \end{cases}$$

**Adoptamos estribos:**

$$\varnothing 8 \text{ mm}$$

➤ **DISTANCIA MAXIMA ENTRE ESTRIBOS**

$S \leq$ Adoptamos $S = 18 \text{ cm}$	$12 d_b = 12 * 16 = 192 \text{ mm}$
	$36 d_{be} = 36 * 8 = 288 \text{ mm}$
	$b = 300 \text{ mm}$

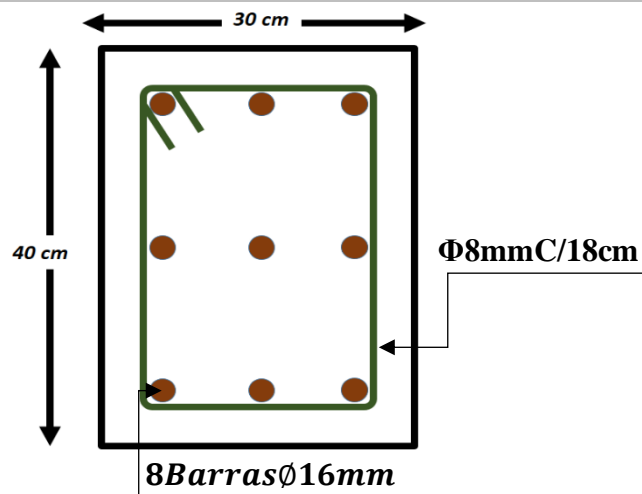


Figura 6.9 Armado de Columna  
Fuente: elaboración propia

### D.3. LOSA

#### ➤ DIMENSIONAMIENTO

$$h = \frac{L}{20}; \frac{L}{24}$$

$$h = \frac{\frac{8.50 + 6.00}{2}}{20} = 0.36m$$

$$h = \frac{\frac{8.50 + 6.00}{2}}{24} = 0.30m$$

$$h = 0.30 m$$

USAR

SECCION	
<b>h</b>	30 cm

#### Datos Característicos:

h = 30 cm  
be = 50 cm  
bw = 10 cm  
hf = 5 cm  
d = 27cm

#### HA-21 Hormigón

F'c= 21.00 MPA

F'cd= 14.00 MPA

#### B 500 S Acero

F'y= 500 MPA

F'yd= 434.78 MPA

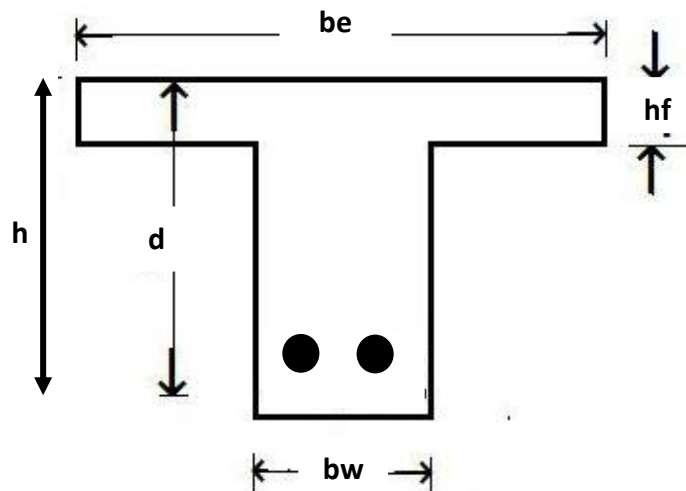


Figura 6.10 Sección Viga tipo T

Fuente: elaboración propia

## ➤ VERIFICACIÓN A LA DEFORMACIÓN

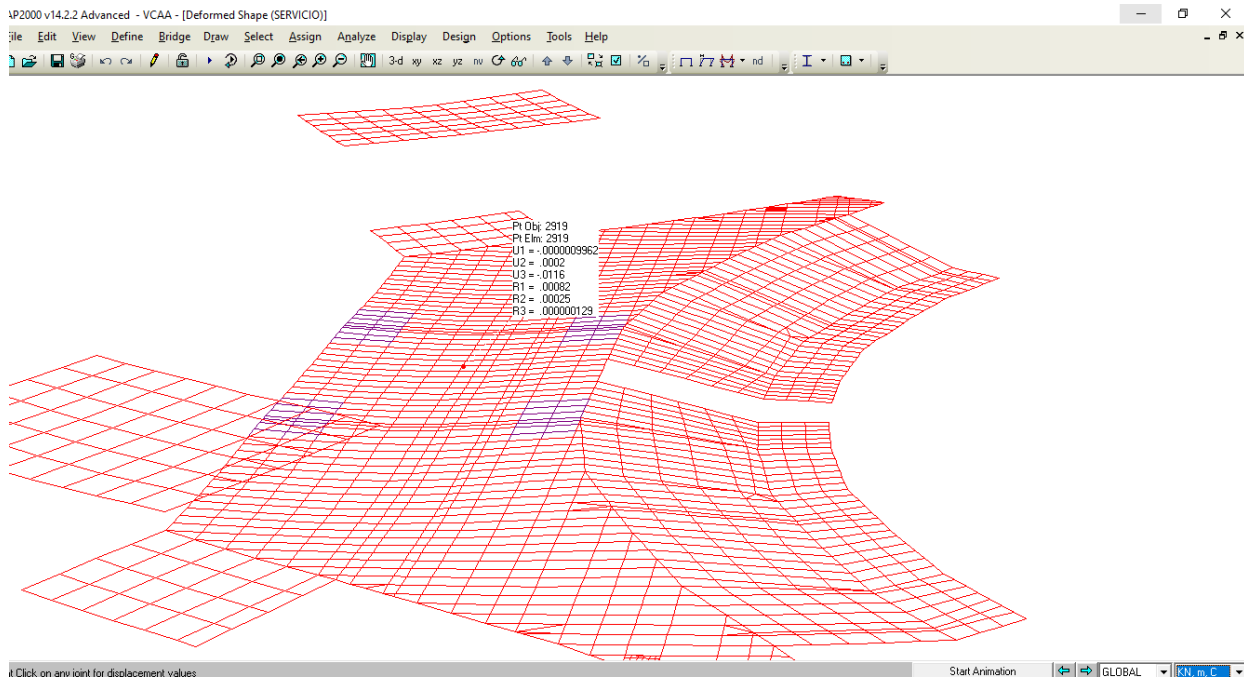


Figura 6.11 grafica de deformación en Losa  
Fuente: elaboración propia

### Deflexiones permisibles máximas calculadas.

Techo o piso que carguen construcción o ligados a elementos no estructurales que pueden resultar dañados por deflexiones grandes	Aquella parte de la deflexión total que ocurre después de la conexión de los elementos no estructurales (suma de la deflexión a largo plazo debida a todas las cargas sostenidas y la deflexión inmediata debido a cualquier carga viva adicional) <sup>†</sup>	$\frac{l^3}{480}$
Techo o piso que carguen construcción o ligados a elementos no estructurales que pueden resultar dañados por deflexiones grandes		$\frac{l^3}{240}$

\*El límite puede ser excedido si se provee una combadura de manera que la deflexión total menos la combadura no exceda el límite.

Tabla 6.1 Deflexiones Permisibles Máximas Calculadas T – 6.1 pg. 152  
Fuente: Diseño de Concreto reforzado - Jack C. Mc Cormac

Para verificar si la deformación permisible establecida cumple con la deformación máxima usamos la siguiente formula:

$$\delta_{max} = \frac{l}{240}$$

Datos:

$$\delta_{\text{modelo}} = 0.0116 \text{ (mts)}$$

luz máxima establecida 8.25mts; 8.50mts

$$L_t = \frac{8.25 + 8.50}{2} = 8.375 \text{mts}$$

$$\delta_{\text{max}} = \frac{8.375}{240} = 0.03489 \text{ (m)}$$

Verificamos:

$$\delta_{\text{total}} = \delta_{\text{inicial}} + \delta_{\text{diferida}}$$

$$\delta_{\text{Total}} = 3\delta_{\text{inicial}}$$
$$\delta_{\text{Total}} = 3(0.0116) = 0.0348 \text{ (m)}$$

$$\delta_{\text{max}} \geq \delta_{\text{Total}} \text{ ¡Cumple!}$$

Nota: en caso que la deformación total sea mayor a la deformación máxima, realizamos el uso de combadura como indica en la tabla 6.1

➤ **CUANTIA MINIMA DE REFUERZO LONGITUDINAL**

$$\rho_{\text{min}} = \frac{0.0018 * 420}{f_y}$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{0.0018 * 420}{5000}$$

$$\rho_{\text{min}} = 0.001$$

➤ **CUANTIA MAXIMA DE REFUERZO LONGITUDINAL**

$$\rho_{\text{max}} = 0.01806$$

## ➤ ESFUERZOS EN EL ELEMENTO

### ACERO DE REFUERZO LONGITUDINAL

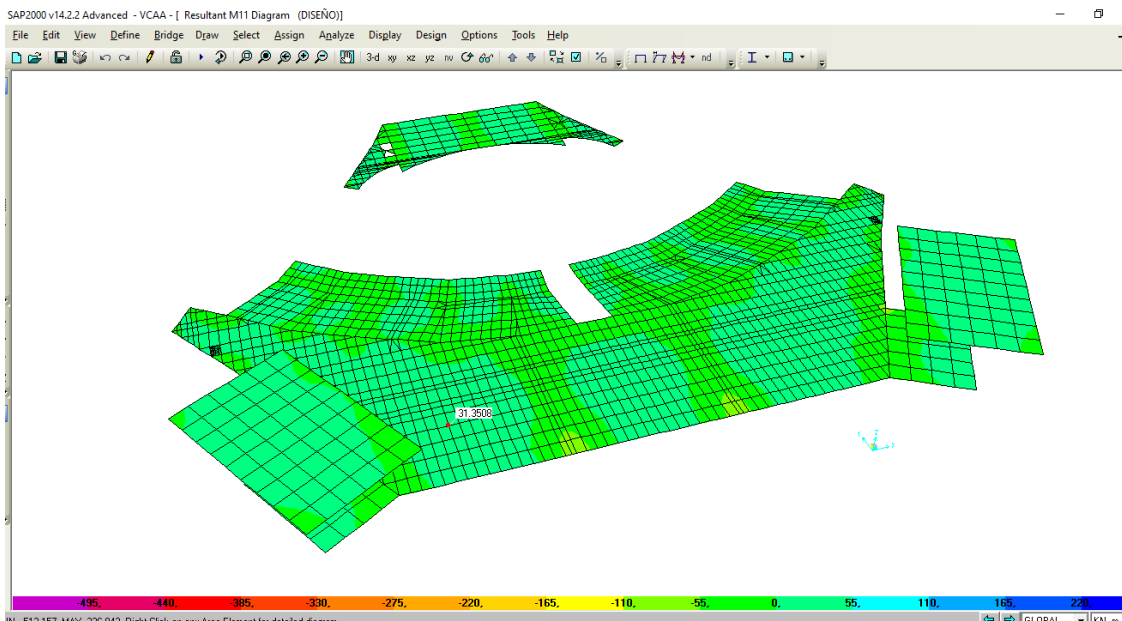


Figura 6.12 Mapa de Esfuerzo Momentos Flectores en dirección Longitudinal  
Fuente: elaboración propia

#### DATO INICIAL:

$$M_u = 31.35 \text{ kn-m}$$

Calculo para  $A_{smin}$ .

$$M_u = \phi * 0.85 * f_c' * b * a * (h - r_{mec} - a/2)$$

$$31.35/1000 = 0.9 * 0.85 * 21 * 1 * a * (0.30 - 0.03 - a/2)$$

$$a = 0.00729 \text{ m}$$

$$N_c = \phi * 0.85 * f_c' * b * a$$

$$N_c = 0.9 * 0.85 * 21 * 1 * 0.00729$$

$$N_c = 0.13011 \text{ MN}$$

$$N_c = F$$

$$\sigma = F/A$$

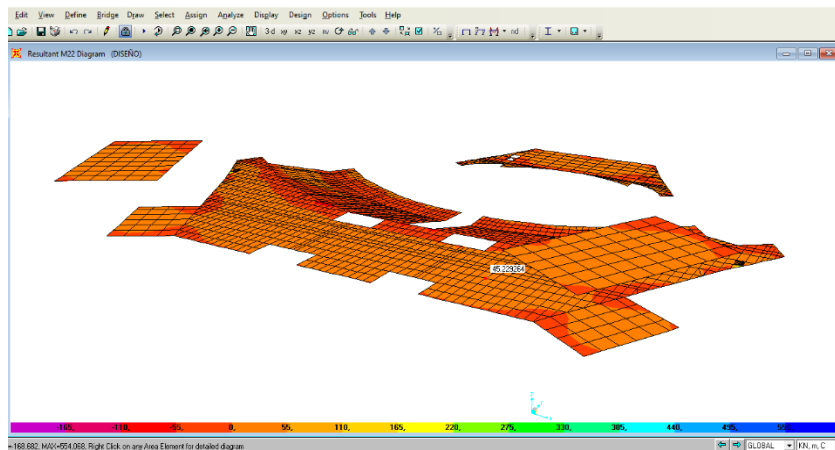
$$A_s = N_c / \phi * \sigma$$

$$A_s = 0.13011 / 0.9 * 500$$

$$A_s = 2.60 \text{ cm}^2$$

*Usar acero mínimo: 2Ø10 mm c/nervio*

## ACERO DE REFUERZO TRANSVERSAL



*Figura 6.13 Mapa de Esfuerzo Momentos Flectores en dirección Transversal  
Fuente: elaboración propia*

### DATO INICIAL:

$$M_u = 45.22 \text{ kn-m}$$

$$M_u = \phi * 0.85 * f_c' * b * a * (h - r_{mec} - a/2)$$

$$45.22 / 1000 = 0.9 * 0.85 * 21 * 1 * a * (0.30 - 0.03 - a/2)$$

$$a = 0.0106 \text{ m}$$

$$N_c = \phi * 0.85 * f_c' * b * a$$

$$N_c = 0.9 * 0.85 * 21 * 1 * 0.0106$$

$$N_c = 0.170846 \text{ MN}$$

$$N_c = F$$

$$\sigma = F/A$$

$$A_s = N_c / \phi * \sigma$$

$$A_s = 0.170846 / 0.9 * 500$$

$$A_s = 3.80 \text{ cm}^2$$

usar acero mínimo: 3Ø10 mm c/nervio

### ACERO DE RETRACCION Y TEMPERATURA NB1225001-1 / 7.12.2

$$A_s = 0.0015 * b * hf$$

$$A_s = 0.0015 * 100 * 5$$

$$A_s = 0.90 \text{ cm}^2$$

$$S_{min} \begin{cases} \leq 3h \text{ (de la losa)} \\ \leq 300 \text{ mm} \end{cases}$$

USAR: Ø6mmC/25cm

### D.3.1. ABACO

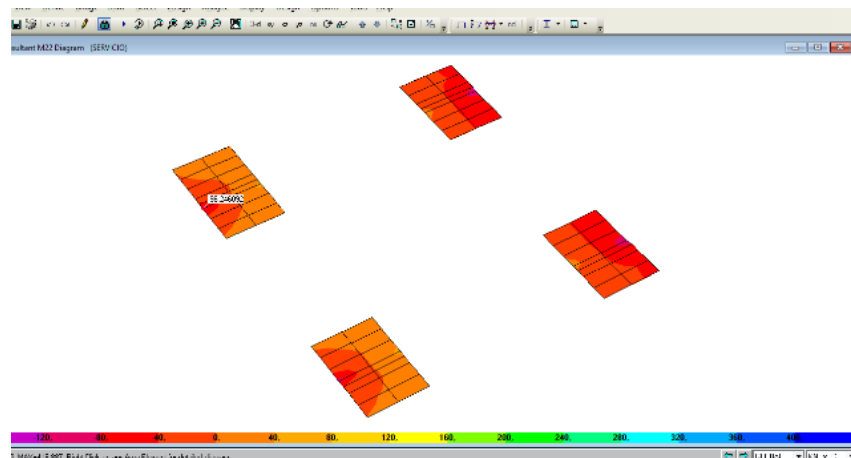


Figura 6.14 Mapa de Esfuerzo Momentos Flectores en dirección Transversal  
Fuente: elaboración propia

DATO INICIAL:

$$M_u = 96.24 \text{ KN-m}$$

$$M_u = \phi * 0.85 * f_c' * b * a * (h - r_{mec} - a/2)$$

$$96.24/1000 = 0.9 * 0.85 * 21 * 1 * a * (0.30 - 0.03 - a/2)$$

$$a = 0.0232 \text{ m}$$

$$N_c = \phi * 0.85 * f_c' * b * a$$

$$N_c = 0.9 * 0.85 * 21 * 1 * 0.0232$$

$$N_c = 0.37243 \text{ MN}$$

$$N_c = F$$

$$\sigma = F/A$$

$$A_s = N_c / \phi * \sigma$$

$$A_s = 0.37243 / 0.9 * 500$$

$$A_s = 8.28 \text{ cm}^2$$

**USAR ACERO: Ø12 mm C/12cm**

## D.4. ESCALERA

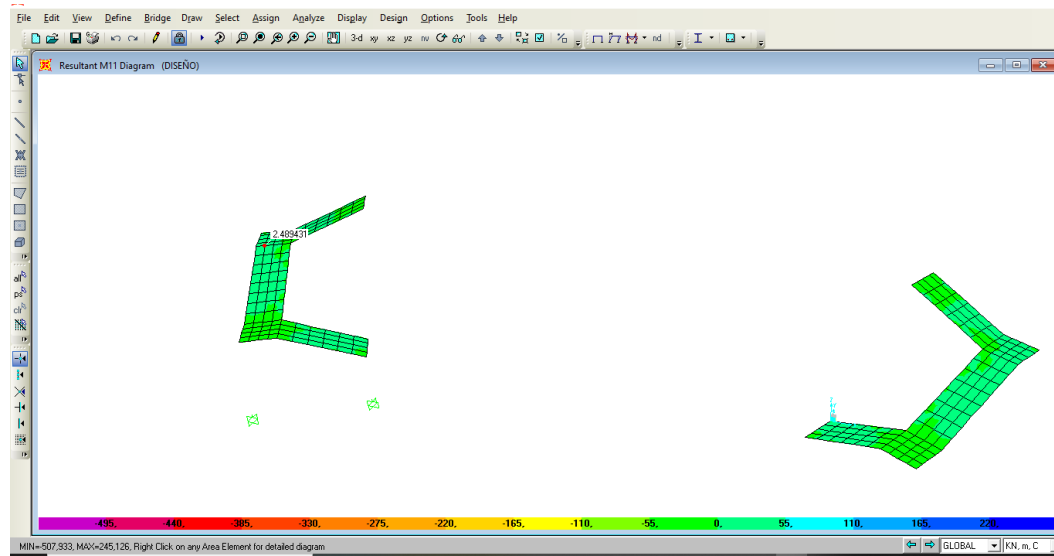


Figura 6.15 Mapa de Esfuerzo Momentos Flectores en dirección Transversal  
Fuente: elaboración propia

### PREDISEÑO

Sección A – A' Datos iniciales:

$$L_{\text{horizontal}} = 3.72 \text{ mt}$$

Contra Huella CH= 17cm

Huella

$$H + 2CH = 0.65$$

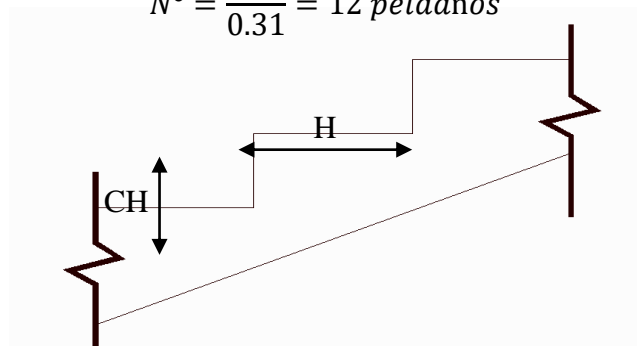
$$H = 0.65 - 2(0.17)$$

$$H = 31 \text{ cm}$$

Numero de Peldaño

$$N^{\circ} = \frac{L_{\text{horizontal}}}{H}$$

$$N^{\circ} = \frac{4.93}{0.31} = 12 \text{ peldaños}$$



### ARMADURA PRINCIPAL SECCION A – A´

$$M_U = 47.34 \text{ KN} - m$$

$$M_U = \phi * 0.85 * f_c' * b * a * (h - r_{mec} - a/2)$$

$$47.34/1000 = 0.9 * 0.85 * 21 * 1 * a * (0.30 - 0.03 - a/2)$$

$$a = 0.0183 \text{ m}$$

$$N_C = \phi * 0.85 * f_c' * b * a$$

$$N_C = 0.9 * 0.85 * 21 * 1 * 0.0183$$

$$N_C = 0.2943309 \text{ MN}$$

$$N_C = F$$

$$\sigma = F/A$$

$$A_s = N_C / \phi * \sigma$$

$$A_s = 0.2943309 / 0.9 * 500$$

$$A_s = 6.54 \text{ cm}^2$$

**USAR ACERO: Ø12 mm C/16cm**

### ARMADURA PRINCIPAL SECCION B – B´

$$M_U = 52.09 \text{ KN} - m$$

$$M_U = \phi * 0.85 * f_c' * b * a * (h - r_{mec} - a/2)$$

$$52.09/1000 = 0.9 * 0.85 * 21 * 1 * a * (0.30 - 0.03 - a/2)$$

$$a = 0.0203 \text{ m}$$

$$N_C = \phi * 0.85 * f_c' * b * a$$

$$N_C = 0.9 * 0.85 * 21 * 1 * 0.0203$$

$$N_C = 0.325851 \text{ MN}$$

$$N_C = F$$

$$\sigma = F/A$$

$$A_s = N_C / \phi * \sigma$$

$$A_s = 0.325851 / 0.9 * 500$$

$$A_s = 7.24 \text{ cm}^2$$

**USAR ACERO: Ø14 mm C/20cm**

### **ARMADURA PRINCIPAL SECCION C – C'**

$$M_U = 45.18 \text{ KN} - m$$

$$M_U = \phi * 0.85 * f_c' * b * a * (h - r_{mec} - a/2)$$

$$45.18/1000 = 0.9 * 0.85 * 21 * 1 * a * (0.30 - 0.03 - a/2)$$

$$a = 0.0174 \text{ m}$$

$$N_C = \phi * 0.85 * f_c' * b * a$$

$$N_C = 0.9 * 0.85 * 21 * 1 * 0.0174$$

$$N_C = 0.2801317 \text{ MN}$$

$$N_C = F$$

$$\sigma = F/A$$

$$A_s = N_c / \phi * \sigma$$

$$A_s = 0.2801317 / 0.9 * 500$$

$$A_s = 6.23 \text{ cm}^2$$

**USAR ACERO: Ø12 mm C/16cm**

### ACERO TRANSVERSAL - NB1225001-1 / 7.12.2

$$A_s = 0.0015 * b * hf$$

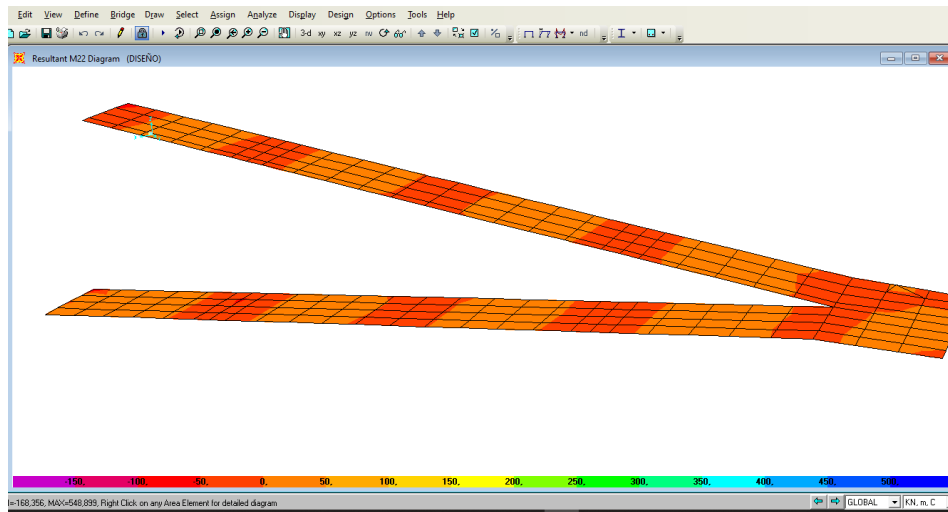
$$A_s = 0.0015 * 100 * 17$$

$$A_s = 2.57 \text{ cm}^2$$

$$S_{min} \begin{cases} \leq 3h \text{ (de la losa)} \\ \leq 300\text{mm} \end{cases}$$

USAR: Ø10mmC/20cm

## D.5. RAMPA



*Figura 6.16 Mapa de Esfuerzo Momentos Flectores en dirección Transversal  
Fuente: elaboración propia*

$$M_U = 28.44 \text{ Kn} - m$$

$$M_U = \phi * 0.85 * f_c' * b * a * (h - r_{mec} - a/2)$$

$$28.44/1000 = 0.9 * 0.85 * 21 * 1 * a * (0.30 - 0.25 - a/2)$$

$$a = 0.0104 \text{ m}$$

$$N_C = \phi * 0.85 * f_c' * b * a$$

$$N_C = 0.9 * 0.85 * 21 * 1 * 0.0104$$

$$N_C = 0.1675 \text{ MN}$$

$$N_C = F$$

$$\sigma = F/A$$

$$A_s = N_C / \phi * \sigma$$

$$A_s = 0.1675 / 0.9 * 500$$

$$A_s = 3.72 \text{ cm}^2$$

**USAR ACERO: Ø12 mm C/25cm**

## D.6. ZAPATAS

$N_K$ (kg)	$N_U$ (kg)	$M_U$ (kg-cm)
24838.349	31890.046	70499.836

Figura 6.17. Planilla de Esfuerzo internos para cálculo de cimentación

Fuente: Elaboración Propia

Análisis Zapata C- 18

### ➤ PRE DIMENSIONAMIENTO EN PLANTA

$$A = \frac{N_K}{\sigma_{adm}}$$

## TABLAS DE TENSIÓN ADMISIBLE

Recomendados por la Norma brasileña de Fundaciones (NBR 6122)

Clase	Descripción	σ <sub>adm</sub> (MPa)
1	Rocas sanas, sin laminación	3.0
2	Rocas laminadas	1.5
3	Rocas alteradas o en descomposición	depende
4	Suelos granulares conglomerados	1.0
5	Gravas compactas	0.6
6	Gravas sueltas	0.3
7	Arenas muy compactas	0.5
8	Arenas compactas	0.4
9	Arenas medianamente compactas	0.2
10	Arcillas duras	0.3
11	Arcillas rígidas	0.2
12	Arcillas medias	0.1
13	Limos duros (muy compactos)	0.3
14	Limos rígidos (compactos)	0.2
15	Limos medios (medianamente compactos)	0.1

*Tabla 6.2. Tensión Admisible*

*Fuente: Norma brasileña – NBR 6122*

$$A = \frac{24838.349}{1.00} = 24838.349 \text{ cm}^2$$

**USAR: A=180cm**

**B=180cm**

### ➤ DIMENSIONAMIENTO EN ELEVACION

Considerando datos Iniciales:

$$h = 40 \text{ cm} \quad \Phi = 12 \text{ mm}$$

$$r = r_c + 1.5\phi$$

$$r=9.20 \text{ cm}$$

$$d = H - r$$

$$d = 30.80 \text{ cm}$$

### VERIFICACION A CORTE POR PUNZONAMIENTO

$$q_u = \frac{Pu}{Area}$$

$$q_u = \frac{31890.046}{180^2}$$

$$q_u = 0.9842607 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_u = [B^2 - (a + d)(b + d) * q_u]$$

$$V_u = 30556.515 \text{ kg}$$

$$V_C = 1.1 * \lambda * \sqrt{f'_c} * b_o * d$$

$$V_C = 129244.54 \text{ kg}$$

$$P_z = \phi V_C$$

$$P_z = 96933.406 \text{ kg}$$

$$P_z \geq V_u \dots \text{OK}$$

➤ **CALCULO DE ACERO DE REFUERZO POR FLEXION**

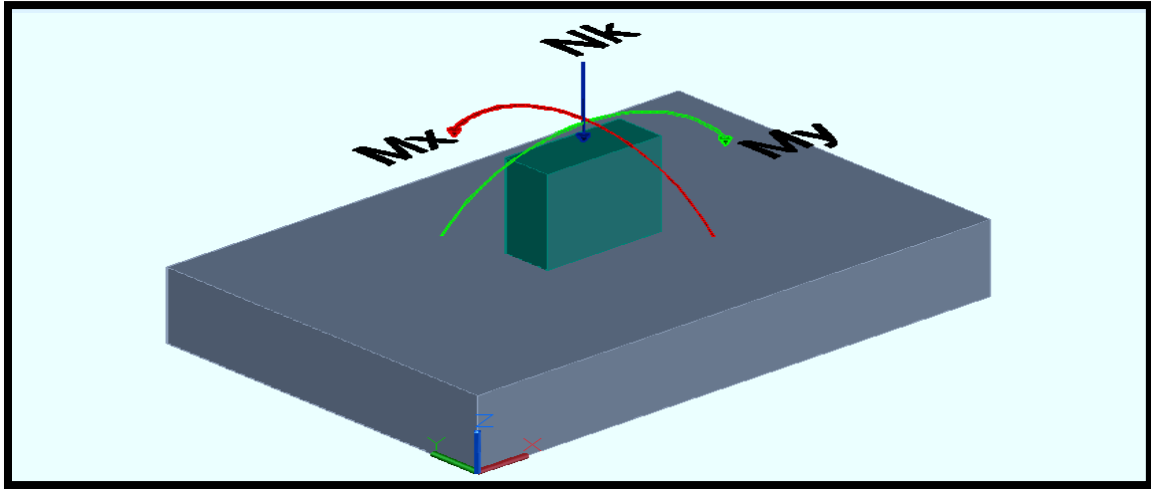


Figura 6.18 esfuerzos en fundaciones

Fuente: elaboración propia

EN DIRECCION LONGITUDINAL

$$M_u = 70499.836 \text{ Kg} - \text{cm}$$

$$C = \frac{d + \varepsilon_{cu}}{\varepsilon_y + \varepsilon_{cu}}$$

$$C = \frac{30.805 + 0.003}{0.002 + 0.003} = 18.5 \text{ cm}$$

$$\beta_1 = 0.85 - \frac{0.05 * (f_c - 280)}{70}; 0.65 \leq \beta_1 \leq 0.85$$

$$\beta_1 = 0.85$$

$$a = \beta_1 * C = 15.7 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{M_u}{\phi * f_y * \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_s = \frac{70499.836 \text{ kg} - \text{cm}}{\phi * 5000 * \left(30.8 - \frac{15.7}{2}\right)}$$

$$A_s = 6.38 \text{ cm}^2$$

#### VERIFICACIÓN ACERO MÍNIMO

$$A_{s \text{ MIN}} = \frac{14}{f_y} * bw * d$$

$$A_{s \text{ MIN}} = \frac{14}{5000} * 180 * 30.8$$

$$A_{s \text{ MIN}} = 15.5 \text{ cm}^2$$

**USAR: 14Ø12mm c/12cm**

#### 7.1. DEFINICIONES IMPORTANTES

- **Reverberación**

La reverberación es un fenómeno sonoro producido por la reflexión, que consiste en una ligera permanencia del sonido una vez que la fuente original ha dejado de emitirlo.

- **Acústica**

La acústica es una rama de la física interdisciplinaria que estudia el sonido, infrasonido y ultrasonido, es decir ondas mecánicas que se propagan a través de la materia por medio de modelos físicos y matemáticos. A efectos prácticos, la acústica estudia la producción, transmisión, almacenamiento, percepción o reproducción del sonido

- **Decibeles**

El **decibelio** o **decibel**, con símbolo **dB**, es una unidad que se utiliza para expresar la relación entre dos valores de presión sonora, o tensión y potencia eléctrica (no es una unidad de medida).

Los decibelios se emplean en acústica, electricidad, telecomunicaciones y otras especialidades para expresar la relación entre dos potencias: la magnitud que se estudia y una magnitud de referencia.

- **Hertz**

Unidad de frecuencia del Sistema Internacional, de símbolo Hz, que equivale a la frecuencia de un fenómeno periódico cuyo período es 1 segundo.

- **RT**

Traducido del inglés *reverberation time*; mide la duración durante la cual el ruido disminuye después de haber terminado de forma brusca.

El tiempo de reverberación es una medida importante para describir las propiedades acústicas de una sala.

## 7.2. PROPAGACIÓN DEL SONIDO

### **Velocidad de propagación del sonido (c)**

La velocidad de propagación del sonido (c) es función de la elasticidad y densidad del medio de propagación. Debido a que, en el aire, ambas magnitudes dependen de la presión atmosférica estática  $P_0$  y de la temperatura, resulta que, considerando las condiciones normales de 1 atmósfera de presión y 22 °C de temperatura, la velocidad de propagación del sonido es de, aproximadamente, 345 m/s.

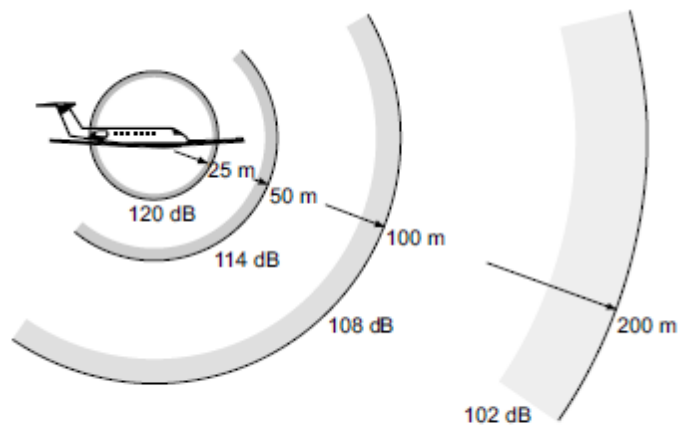
Si bien el aire constituye el medio habitual de propagación de las ondas sonoras, conviene tener presente que el sonido puede propagarse a través de cualquier otro medio elástico y denso. Cuanto más denso y menos elástico sea el medio, mayor será la velocidad del sonido.

### **Propagación del sonido en el espacio libre**

Cuando una fuente sonora es activada en un recinto cerrado genera una onda sonora que se propaga en todas las direcciones. Un oyente ubicado en un punto cualquiera del mismo recibe dos tipos de sonido: el denominado sonido directo, es decir, aquél que le llega directamente desde la fuente sin ningún tipo de interferencia, y el sonido indirecto o reflejado originado como consecuencia de las diferentes reflexiones que sufre la onda sonora al incidir sobre las superficies límite del recinto.

En primer lugar, se considera una fuente sonora omnidireccional, es decir, una fuente que radia energía de manera uniforme en todas las direcciones (factor de directividad  $Q=1$ ).

A medida que uno se aleja de la fuente, la energía sonora se reparte sobre una esfera cada vez mayor, por lo que el nivel SPL en cada punto va disminuyendo progresivamente. En concreto, la disminución del mismo es de 6 dB cada vez que se dobla la distancia a la fuente. Es la denominada ley cuadrática inversa y significa que el valor de la presión sonora se reduce a la mitad. En la figura 7.1 se muestra la mencionada disminución del nivel SPL con la distancia en el caso de que la fuente sonora sea un avión.



*Figura 7.1. Ejemplo de propagación esférica en el espacio libre*

*Fuente: Diseño acústico de espacios arquitectónicos © Los autores, 1998; © Edicions UPC, 1998.*

Para que una fuente sonora radie de forma omnidireccional es necesario que sus dimensiones sean pequeñas respecto a la longitud de onda del sonido emitido y que el receptor esté alejado de la misma.

Si bien existe toda una variedad de fuentes sonoras omnidireccionales, también es cierto que el cumplimiento simultáneo de ambos requisitos es difícil, sobre todo si la banda de frecuencias consideradas es amplia. Es el caso de la voz humana que, como se ha visto en el apartado anterior, constituye un claro ejemplo de fuente directiva.

En la figura 7.2 se representa el mapa de niveles SPL (Sonido en espacio Libre) producidos por un orador situado en el espacio libre, en la banda de 2 kHz, en función de la distancia y del ángulo referido a su eje frontal. Se puede observar la disminución del nivel con la distancia, así como el efecto de directividad de la voz humana, evidenciado por la reducción del nivel a medida que aumenta dicho ángulo.

A través de la realización de una serie de experimentos, se ha podido averiguar que un mensaje oral emitido en una zona silenciosa (en ausencia de fenómenos atmosféricos ruidosos) puede ser oído de forma satisfactoria a una distancia máxima de 42 m en la dirección frontal del orador, de 30 m lateralmente y de 17 m en la dirección posterior. A distancias superiores, el mensaje deja de ser inteligible debido a que queda inmerso en el ruido de fondo existente, independientemente del lugar elegido para llevar a cabo la

experiencia. (Fuente: *Diseño acústico de espacios arquitectónicos* © Los autores, 1998; © Edicions UPC, 1998.)

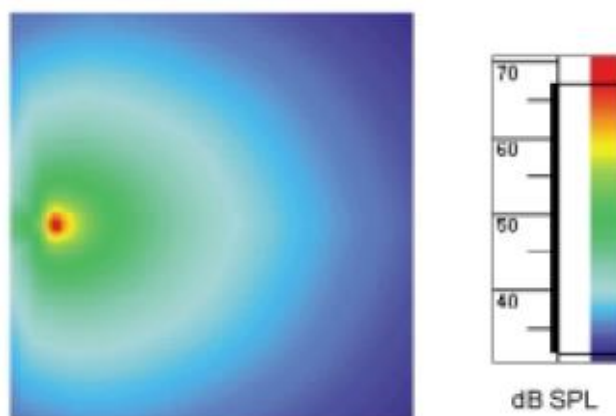


Figura 7.2. Ejemplo de propagación esférica en el espacio libre

Fuente: *Diseño acústico de espacios arquitectónicos* © Los autores, 1998; © Edicions UPC, 1998.

### **Propagación del sonido en un recinto cerrado**

Según se acaba de comentar, la energía radiada por una fuente sonora en un recinto cerrado llega a un oyente ubicado en un punto cualquiera del mismo de dos formas diferentes: una parte de la energía llega de forma directa (sonido directo), es decir, como si fuente y receptor estuviesen en el espacio libre, mientras que la otra parte lo hace de forma indirecta (sonido reflejado), al ir asociada a las sucesivas reflexiones que sufre la onda sonora cuando incide sobre las diferentes superficies del recinto.

En un punto cualquiera del recinto, la energía correspondiente al sonido directo depende exclusivamente de la distancia a la fuente sonora, mientras que la energía asociada a cada reflexión depende del camino recorrido por el rayo sonoro, así como del grado de absorción acústica de los materiales utilizados como revestimientos de las superficies implicadas. Lógicamente, cuanto mayor sea la distancia recorrida y más absorbentes sean los materiales empleados, menor será la energía asociada tanto al sonido directo como a las sucesivas reflexiones.

Cuando recibimos un sonido nos llega desde su emisor a través de dos vías: el sonido directo y el sonido que se ha reflejado en algún obstáculo, como las paredes del recinto. Cuando el sonido reflejado es inteligible por el ser humano como un segundo sonido se denomina eco,

pero cuando debido a la forma de la reflexión o al fenómeno de persistencia acústica es percibido como una adición que modifica el sonido original se denomina reverberación.

La reverberación, al modificar los sonidos originales, es un parámetro que cuantifica notablemente la acústica de un recinto. Para valorar su intervención en la acústica de una sala se utiliza el «tiempo de reverberación». El efecto de la reverberación es más notable en salas grandes y poco absorbentes y menos notable en salas pequeñas y muy absorbentes.

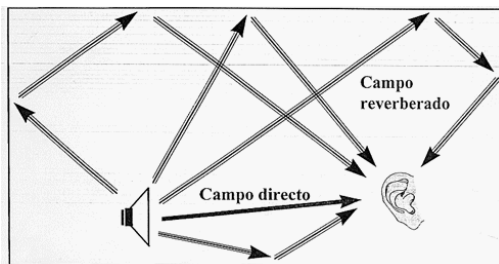


Figura 7.3. Campo directo y Reverberado

Fuente: *Diseño acústico de espacios arquitectónicos* © Los autores, 1998; © Edicions UPC, 1998.

**Nota:**

Cuando la sala es muy grande el efecto de reverberación es más propenso, por lo tanto, para evitar la reverberación en gran magnitud, se colocan los paneles acústicos, de Manera que el sonido emitido será el mismo que llegará hasta los oyentes sin problema alguno de eco o ya sea en reverberación en mínima cantidad.

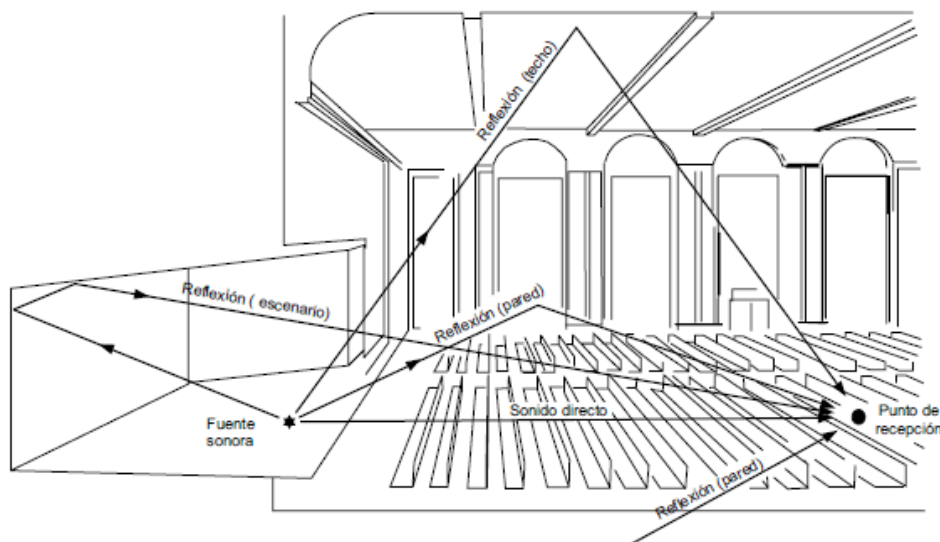


Figura 7.4. Ejemplo de llegada del sonido directo y de las primeras Reflexiones a un receptor

*Fuente Diseño acústico de espacios arquitectónicos © Los autores, 1998; © Edicions UPC, 1998.*

### **7.3. NORMATIVAS PARA REALIZAR EL ESTUDIO DE REBERVERACIÓN**

#### **7.3.1 LEY DE MEDIO AMBIENTE – NB N°1333**

La dirección de medio ambiente del municipio de cobija opta por cumplir con el reglamento **Ley N°1333** Ley de medio ambiente; dando así lugar al cumplimiento de mantener los ruidos y sonido adecuados en ambientes públicos y privados

##### *CAPITULO II –NB N°1333*

##### *DE LAS ACTIVIDADES Y FACTORES SUSCEPTIBLES DE DEGRADAR EL MEDIO AMBIENTE*

*ARTICULO 20°.-* Se consideran actividades y/o factores susceptibles de degradar el medio ambiente; cuando excedan los límites permisibles a establecerse en reglamentación expresa, los que a continuación se enumeran:

a) Los que contaminan el aire, las aguas en todos sus estados, el suelo y el subsuelo.

##### *CAPITULO III –NB N°1333*

##### *DEL AIRE Y LA ATMOSFERA*

*ARTICULO 42°.-* El Estado, a través de sus organismos competentes, establecerá, regulará y controlará los niveles de ruidos originados en actividades comerciales, industriales, domésticas, de transporte u otras a fin de preservar y mantener la salud y el bienestar de la población.

##### **RECOLECCION DE INFORMACIÓN**

Obtenido los datos de las oficinas de Dirección de Medio Ambiente es:

Volumen máximo de recintos del punto fijo a la acera es: 60 db

#### **7.3.2 ANÁLISIS FRECUENCIAL – NORMA ISO 266**

En la mayoría de casos no es suficiente conocer el nivel de presión sonora total  $L_p$  y el nivel ponderado  $LA$ , sino que es necesario disponer de una información más detallada de su espectro, es decir, de su contenido energético a distintas frecuencias. Es lo que se ha convenido en llamar análisis frecuencial de la señal.

Con este fin, existen sonómetros que incorporan un conjunto de filtros eléctricos, cada uno de los cuales sólo deja pasar aquellas frecuencias que están dentro de una banda de

frecuencias determinada (habitualmente se trabaja con bandas de 1 octava). La banda de 1 octava incluye todas las frecuencias comprendidas entre una frecuencia dada y la frecuencia doble.

Dicha denominación tiene su origen en el lenguaje musical. En la tabla 7.1 se indican las frecuencias centrales de tales bandas, según prescribe la norma ISO 266.

<b>FRECUENCIAS CENTRALES DE LAS BANDAS DE OCTAVA ESTANDARIZADAS (ISO 266)</b>										
16	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000

*Tabla 7.1. Frecuencias centrales de las bandas de octavas estandarizadas*

*Fuente: Norma ISO 266*

Por debajo de 2000 Hz y según se va bajando en frecuencia, el oído se vuelve menos sensible. En la siguiente tabla mencionamos Los umbrales de audición para frecuencias menores de 2 kHz

Db	Hz
3	1000
7	500
11	250
21	125
35	63
55	31

*Tabla 7.2. Presión para diferentes frecuencias*

*Fuente: Norma ISO 266*

En la tabla 7.3 verificamos los niveles de presión sonora correspondientes a una serie de sonidos y ruidos típicos, junto con la valoración subjetiva asociada medidos en decibeles (DB); De esta forma tener una mejor referencia sobre los niveles adecuados para el oído

NIVEL DE INTENSIDAD DE SONIDO	FUENTE SONORA
200 dB	Bomba atómica similar a la de Hiroshima y Nagasaki
180 dB	Explosión del volcán Krakalao (a 160km de distancia). Cohete en despegue
142.2 dB	Record Guinness de ruido en un estadio
140 dB	Cohete de fórmula 1
130 dB	Avión en despegue
120 dB	Motor de avión en marcha. Pirotecnia
110 dB	Concierto
100 dB	Perforadora eléctrica
90 dB	Tráfico
80 dB	Tren
70 dB	Aspiradora
50/60 dB	Aglomeración de gente / lavavajillas antiguo
40 dB	Conversación
20 dB	Biblioteca
10 dB	Respiración tranquila
0 dB	Umbral de audición

*Tabla 7.3 - Niveles de presión sonora correspondientes a sonidos y ruidos típicos, y valoración subjetiva asociada*

*Fuente: Diseño acústico de espacios arquitectónicos © Los autores, 1998; © Edicions UPC, 1998.*

#### **7.4. TIEMPO DE REVERBERACIÓN POR BANDA DE FRECUENCIAS (T60)**

El cálculo de la reverberación de un recinto se puede realizar de muchas formas y maneras, ya que existen varios programas y componentes para ello.

Para poder obtener un cálculo de reverberación en una estructura consolidada (estructura ya construida) es necesario el uso de programas como ser el CONTAC 5, DBKaisla; con herramientas como ser el sonómetro.

Para poder obtener los cálculos de modelación de estructuras por construir, se utilizan formulas empíricas como ser FORMULAS DE T60

El tiempo de Reverberación (T60) valorar el tiempo transcurrido en sonido activo y final de sonido que caiga 60dB. Por eso mismo se habla de RT60 o T60.

$$T_{60} = \frac{55,4}{C} * \frac{V}{-S_t * \ln(1 - \bar{\alpha})}$$

Donde:

T60= Tiempo de Reverberación

Hz= Unidad de frecuencia en Hertz

kHz= unidad de frecuencia en Kilo Hertz

$\alpha$  = Coeficiente de Absorción

$\bar{\alpha}$  = Coeficiente de Absorción promedio

T60= Tiempo de reverberación (s)

V= Volumen del recinto (m3)

St= Superficie total (m2)

C= Velocidad del sonido (m/s) = 344 m/s

<b>TIPO DE SALA</b>	<b>RT SALA OCUPADA (en Seg.)</b>
Sala de conferencias	0.7 -1.0
Cine	1.0 – 1.2
Sala polivalente	1.2 – 1.5
Teatro de opera	1.2 – 1.5
Sala de conciertos (Música de cámara)	1.3 – 1.7
<b>Sala de conciertos (música sinfónica)</b>	<b>1.8 – 2.0</b>
Iglesia/catedral (órgano y canto coral)	2.0 – 3.0

Locutorio de radio	0.2 – 0.4
--------------------	-----------

Tabla 7.4. Valores recomendados de **RT** para diferentes tipos de salas para las bandas de frecuencias 500hz – 1000 hz

Fuente: *Diseño acústico de espacios arquitectónicos* © Los autores, 1998; © Edicions UPC, 1998.

Material	Banda de frecuencia (Hz)			
	125	500	2000	4000
Hormigón normal	0.01	0.02	0.023	0.035
Ladrillo, muro con enlucido de yeso	0.013	0.02	0.04	0.05
Parquet	0.04	0.07	0.06	0.07
Vidrio de espejo	0.035	0.027	0.02	0.02
Vidrio ventana Normal	0.035	0.027	0.02	0.02
Techo de metal acústico Perforado con fibra de vidrio	0.65	0.8	0.92	
Moqueta	0.13	0.13	0.46	0.7
Publico general sentado	0.3	0.37	0.36	
Madera Pino Barnizada	0.1	0.1	0.08	
Panel de techo perforado con Fibra de vidrio interior	0.4	0.8	0.6	

Tabla 7.5. Valor de Hz Para Coeficiente de Absorción Acústica

Fuente: *Portal de Sonido – bunker –audio.com*

#### 7.4.1 CÁLCULO DE TIEMPO DE REVERBERACIÓN

Para el siguiente cálculo de tiempo de reverberación optamos por usar la fórmula de T60 nombrada anteriormente:

$$T_{60} = \frac{55,4}{C} * \frac{V}{-S_t * \ln(1 - \infty)}$$

#### CALCULO DE TIEMPO DE REVERBERACIÓN SIN MATERIALES ACUSTICOS

##### **Datos para el diseño**

Volumen del sonido: 344 m/s

Volumen total del recinto: 4814.4 m<sup>3</sup>

Superficie total del recinto: 3140.78 m<sup>2</sup>

### **Cálculo de Coeficiente de absorción**

Se realizó el cálculo de algunos materiales como ejemplo adoptando datos de la tabla 7.5. El cálculo total se muestra en el apartado 7.4.1.1

#### **Dato Inicial:**

Superficie: Pared lateral Izquierda = 257.64 m<sup>2</sup>

Bandas de Frecuencias Adoptadas = Hormigón Normal

Cálculo de coeficiente de absorción de sonido para 125 hz

$$\infty = \text{sup } x \ 0.01$$

$$\infty = 257.64 \times 0.01$$

$$\infty = 2.58$$

Cálculo de coeficiente de absorción de sonido para 500 hz

$$\infty = \text{sup } x \ 0.02$$

$$\infty = 257.64 \times 0.02$$

$$\infty = 5.15$$

Cálculo de coeficiente de absorción de sonido para 2000 hz

$$\infty = \text{sup } x \ 0.23$$

$$\infty = 257.64 \times 0.02$$

$$\infty = 5.15$$

Cálculo de coeficiente de absorción de sonido para 4000 hz

$$\infty = \text{sup } x \ 0.035$$

$$\infty = 257.64 \times 0.035$$

$$\infty = 9.02$$

Coeficiente de Absorción total

Para obtener los resultados de Coeficiente de Absorción total se realiza independientemente el cálculo de cada material de Construcción, posteriormente se realiza la suma de todos los coeficientes para cada banda de frecuencia, dando así los siguientes resultados:

Para: 125 hz=793.148

Para: 500 hz=1009.49

Para: 2000 hz=1150.16

Para: 4000 hz=154.57

### Cálculo del Coeficiente de Absorción de sonido promedio

Para: 125 hz

$$\bar{\alpha} = \frac{\alpha_T}{S_T}$$
$$\bar{\alpha} = \frac{793.148}{3140.78}$$
$$\bar{\alpha} = 0.253$$

Para: 500 hz

$$\bar{\alpha} = \frac{\alpha_T}{S_T}$$
$$\bar{\alpha} = \frac{1009.49}{3140.78}$$
$$\bar{\alpha} = 0.321$$

Para: 2000 hz

$$\bar{\alpha} = \frac{\alpha_T}{S_T}$$
$$\bar{\alpha} = \frac{1150.16}{3140.78}$$
$$\bar{\alpha} = 0.366$$

Para: 4000 hz

$$\bar{\alpha} = \frac{\alpha_T}{S_T}$$
$$\bar{\alpha} = \frac{154.57}{3140.78}$$
$$\bar{\alpha} = 0.049$$

### Cálculo de RT

Para: 125 hz

$$T_{60} = \frac{55.4}{344} \times \frac{4814.4}{-3140.78 * \ln(1 - 0.253)}$$
$$T_{60} = 0.80 \text{ seg}$$

Para: 500 hz

$$T_{60} = \frac{55.4}{344} \times \frac{4814.4}{-3140.78 * \ln(1 - 0.321)}$$
$$T_{60} = 0.6 \text{ seg}$$

Para: 2000 hz

$$T_{60} = \frac{55.4}{344} x \frac{4814.4}{-3140.78 * \ln(1 - 0.366)}$$
$$T_{60} = 0.5 \text{ seg}$$

Para: 4000 hz

$$T_{60} = \frac{55.4}{344} x \frac{4814.4}{-3140.78 * \ln(1 - 0.049)}$$
$$T_{60} = 4.90 \text{ seg}$$

El tiempo de reverberación calculado Para las bandas de frecuencias 125 hz, 500 hz, y 2000 hz cumple con lo requerimiento según la tabla 7.4, pero para 4000 hz no cumple.

## CALCULO DE TIEMPO DE REVERBERACIÓN CON MATERIALES ACUSTICOS

### *Datos para el diseño*

Volumen del sonido: 344 m/s

Volumen total del recinto: 4814.4 m<sup>3</sup>

Superficie total del recinto: 3140.78 m<sup>2</sup>

### **Calculo de Coeficiente de absorción**

Se realizó el cálculo de algunos materiales como ejemplo. El cálculo total se muestra en el apartado 7.4.1.2

Superficie: Piso (Material acústico moqueta) = 1118.55 m<sup>2</sup>

Cálculo de coeficiente de absorción de sonido para 125 hz

$$\infty = \text{sup} x 0.13$$
$$\infty = 1118.55 x 0.13$$
$$\infty = 145.41$$

Cálculo de coeficiente de absorción de sonido para 500 hz

$$\infty = \text{sup} x 0.13$$
$$\infty = 1118.55 x 0.13$$
$$\infty = 145.41$$

Calculo de coeficiente de absorción de sonido para 2000 hz

$$\begin{aligned}\infty &= \text{sup } x \ 0.46 \\ \infty &= 1118.55 \times 0.46 \\ \infty &= 514.53\end{aligned}$$

Calculo de coeficiente de absorción de sonido para 4000 hz

$$\begin{aligned}\infty &= \text{sup } x \ 0.7 \\ \infty &= 1118.55 \times 0.7 \\ \infty &= 782.99\end{aligned}$$

Coeficiente de Absorción total

Para obtener los resultados de Coeficiente de Absorción total se realiza independientemente el cálculo de cada material Acústico adoptado, posteriormente se realiza la suma de todos los coeficientes para cada banda de frecuencia, dando así los siguientes resultados:

Para: 125 hz=1018.405

Para: 500 hz=1543.967

Para: 2000 hz=1660.1554

Para: 4000 hz=783.465

### **Cálculo del Coeficiente de Absorción de sonido promedio**

Para: 125 hz

$$\begin{aligned}\overline{\infty} &= \frac{\infty_T}{S_T} \\ \overline{\infty} &= \frac{1018.405}{3140.78} \\ \overline{\infty} &= 0.324\end{aligned}$$

Para: 500 hz

$$\begin{aligned}\overline{\infty} &= \frac{\infty_T}{S_T} \\ \overline{\infty} &= \frac{1543.967}{3140.78} \\ \overline{\infty} &= 0.492\end{aligned}$$

Para: 2000 hz

$$\bar{\alpha} = \frac{\alpha_T}{S_T}$$
$$\bar{\alpha} = \frac{1660.1554}{3140.78}$$
$$\bar{\alpha} = 0.529$$

Para: 4000 hz

$$\bar{\alpha} = \frac{\alpha_T}{S_T}$$
$$\bar{\alpha} = \frac{783.465}{3140.78}$$
$$\bar{\alpha} = 0.249$$

### Calculo de RT

Para: 125 hz

$$T_{60} = \frac{55.4}{344} x \frac{4814.4}{-3140.78 * \ln(1 - 0.324)}$$
$$T_{60} = 0.63 \text{ seg}$$

Para: 500 hz

$$T_{60} = \frac{55.4}{344} x \frac{4814.4}{-3140.78 * \ln(1 - 0.492)}$$
$$T_{60} = 0.36 \text{ seg}$$

Para: 2000 hz

$$T_{60} = \frac{55.4}{344} x \frac{4814.4}{-3140.78 * \ln(1 - 0.529)}$$
$$T_{60} = 0.33 \text{ seg}$$

Para: 4000 hz

$$T_{60} = \frac{55.4}{344} x \frac{4814.4}{-3140.78 * \ln(1 - 0.249)}$$
$$T_{60} = 0.86 \text{ seg}$$

El tiempo de reverberación calculado Para las bandas de frecuencias 125 hz, 500 hz, 2000 hz, 4000 hz cumple con lo requerimiento según la tabla 7.4.

## 7.5. MATERIALES ADECUADOS PARA EL AUDITORIO

Obtenido los resultados favorables mediante el cálculo de reverberación T60, se emplea utilizar los siguientes materiales acústicos para la estructura del Auditorio Sinfónico de la Universidad Amazónica de Pando:

MATERIAL	DESCRIPCIÓN
Moqueta	Tela gruesa con pelo de lana o alguna fibra similar y trama de cáñamo u otro material flexible, que se emplea para cubrir suelos o tapizar paredes
Madera pino barnizada	Material para revestimiento de pared realizando una decoración eficiente y mejoración de Acústica Ambiente
Panel de techo perforado con fibra de vidrio interior	Material eficaz para reducir la reverberación en ambiente grandes, la forma de los paneles puede ampliarse o reducirse dependiendo al lugar de colocación.
Parquet	Piezas de madera fina acoplada y dispuesta regularmente formando dibujos variados para el piso.
Muro con enlucido de yeso	Material accesible para generar diseño y finalización de acabado de calidad en estructuras artísticas.
Vidrio de espejo	Material usado generalmente para brindar calidad y decoración de ambiente y de igual forma no permitiendo que el sonido logre exponerse fuera del ambiente establecido.

*Tabla 7.6. Resumen y descripción de los materiales Acústicos a Utilizar*

*Fuente: Elaboración Propia*

## CAPITULO VIII

---

### COSTOS Y PRESUPUESTOS

El presupuesto en construcción es una herramienta que tiene por objeto determinar anticipadamente el costo de la ejecución material de una obra hasta que la misma sea terminada.

Se realiza con base a los planos de un proyecto, además de otras condiciones de ejecución, se elaboran los cómputos de los trabajos a ejecutar, se hacen los análisis de precios unitarios de los diversos ítems y se establecen los valores parciales de los cálculos en que se agrupan los ítems.

De manera que obteniendo los datos se logre obtener el valor total de la obra; este valor es simplemente una aproximación el cual dependerá de en gran parte del sistema de cálculo empleado, por tal motivo no es finito ni representa un valor inalterable.

#### 8.1. PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO

El presupuesto general del “Auditorio sinfónico en la Universidad Amazónica de Pando” Ha sido elaborado mediante el programa de PRESCOM v.2013 programa especificado en costos y presupuestos. La edificación del “Auditorio sinfónico en la Universidad Amazónica de Pando” tiene un costo de **10.176.374,66 Bs**

#### 8.2 CÓMPUTOS MÉTRICOS

El cómputo métrico consiste en el cálculo detallado de las cantidades de obras. Se pueden ejecutar utilizando planos marcados y planillas, generando partidas que servirán para elaborar el presupuesto de obra. Para la ejecución del proyecto “Auditorio sinfónico en la Universidad Amazónica de Pando” se cuenta con 61 ITEMS.

#### 8.3 PRECIOS UNITARIOS

Se encuentra desarrollado por el complemento de las siguientes secciones:

- Costo de materiales
- Costo de mano de obra
- Costo de equipos y herramientas

- Gastos generales
- Utilidades

#### **8.4 CRONOGRAMA DE OBRA**

Para el cronograma de obra se elaboró un diagrama de Gantt para poder representar las secuencias y duraciones (plan de acción) de las actividades del proyecto.

Considerando solo seis días laborables por semana según el diagrama el proyecto se ejecutará en 376 días calendarios.

Dicho diagrama es adjuntado en anexo G

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 9.1 CONCLUSIONES:

- Realizado la investigación general del terreno a través del estudio topográfico se consideró el análisis previo de plano del terreno como también datos topográficos para posterior realizar un cálculo considerable de fundación.
- El geotécnico realizado nos permitió identificar la capacidad portante del suelo para un análisis y cálculo de cimentación.  
Es importante recalcar la guía y normativa tomada en este proyecto para mejoramiento de suelo (NBR 6122)
- Para el diseño estructural de hormigón armado se utilizó la norma boliviana NB122501, de igual forma se realizaron combinaciones de cargas establecidas según la norma y se dio uso a factores de reducción tanto para elementos a flexión como a compresión.
- Para el análisis estructural se determinó realizar el uso del software SAP2000v.14 el cual permitió analizar el sistema especial de la cubierta de la estructura.
- Los elementos estructurales son diseñados según el método estructural clásico.  
Se seleccionó por diseñar losas nervadas en dos direcciones, ya que se presenta de un punto de vista estructural como vigas con nervios y alas que adquieren una forma “T”, debido a que los nervios solo se refuerzan al momento positivo del vano.
- El estudio y análisis Acústico ha sido apoyado por profesional en sonido ya que un auditorio sinfónico puede presentar complejidad auditiva tanto en decibeles o reverberación a la hora de desarrollar eventos sinfónicos.
- El presupuesto general de la obra es de **10.176.374,66 Bs (diez millones ciento setenta y seis mil trescientos setenta y cuatro 66/100 bolivianos).**
- El tiempo estimado para culminar la obra es de 376 días calendarios. Según el cronograma Gantt y la ruta crítica.

## 9.2 RECOMENDACIONES:

- Tomar en cuenta los puntos de levantamiento topográfico realizado, ya que servirán de referencias para levantamientos futuros de sectores limítrofes.
- Se recomienda el uso de otro método para el cálculo estructural, para realizar comparaciones de resultados obtenidos en el presente proyecto de grado.
- Se recomienda analizar detalladamente la etapa de fundaciones y considerar opciones de igual o más favorables que las que presentan en el proyecto de grado, esto debido al tipo de suelo.
- Tomar en cuenta los datos obtenidos en el estudio Acústico, ya que puede ser favorable en estructuras de igual similitud.
- Se recomienda realizar una actualización de los precios de los materiales en la etapa de construcción
- Una vez construida la estructura se le debe dar mantenimiento por lo menos una vez al año, sobre todo la estructura de cubierta porque tenderá a oxidarse con el tiempo aun cuando se utilice anticorrosivo.