



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA
ELENA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

TEMA:

**“PRE-DISEÑO ESTRUCTURAL DE GRADERÍOS DE HORMIGON ARMADO
Y CUBIERTA METALICA APLICANDO AISC 360 PARA ESCENARIO
DEPORTIVO”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTORES:

**RAMOS TORRES MABEL IVONNE
SÁNCHEZ GUARNIZO BRANDON ARIEL**

TUTOR:

ING. VIANNA ANDREA PINOARGOTE ROVELLO, MSc.

LA LIBERTAD, ECUADOR

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación está dedicado a mi hijo Willie; desde que empecé a formarme profesionalmente poco a poco hemos celebrado los logros y su presencia ha sido mi fortaleza cuando han surgido tropiezos, hoy su paciencia y comprensión cuando como madre no podía estar presente en sus actividades se ve reflejado en mi realización profesional.

También dedico este trabajo a mi hija Thalía, su ternura me ha hecho ver la vida diferente y a inspirarme aún más para no desistir tras los obstáculos que se presentaron.

Mabel Ivonne Ramos Torres

A mis padres, Leonardo Sánchez y Marilú Guarnizo, quienes me han apoyado y motivado durante toda mi vida, su amor y sacrificio han sido la fuente de inspiración para mi estudio diario, han sabido estar siempre para mí, dándome sus consejos desde la experiencia y conocimiento adquirido durante su vida transcurrida, a mi familia, quienes han sido mi roca y mi apoyo durante todo este proceso, su paciencia, apoyo y comprensión han sido fundamentales para mi éxito y siempre querer seguir adelante

Sánchez Guarnizo Brandon Ariel

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por tener en mi vida el privilegio de estudiar una carrera profesional y los medios necesarios.

Agradezco a todos los docentes por compartir sus conocimientos inculcando siempre la ética profesional y ahora especialmente a la Ingeniera Vianna Pinoargote R. tutora de este valioso proyecto.

Agradezco a mis amigos y compañeros que me brindaron otra perspectiva o motivación para solucionar inconvenientes que surgieron.

A mis padres, a mi familia y a mi pareja, les agradezco haber contado con su apoyo constante.

Mabel Ivonne Ramos Torres

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han contribuido a la realización de nuestra tesis, a nuestra tutora la Ing. Vianna Pinoargote.

También quiero agradecer a mi director de tesis, Ing. Richard Ramírez, por su guía, apoyo y orientación constante a lo largo de este proceso. Su experiencia y conocimiento han sido fundamentales para la realización de esta investigación.

Sánchez Guarnizo Brandon Ariel

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, modalidad Trabajo de Integración Curricular denominado **“PRE-DISEÑO ESTRUCTURAL DE GRADERIOS DE HORMIGON ARMADO Y CUBIERTA METALICA APLICANDO AISC 360 PARA ESCENARIO DEPORTIVO”** elaborado por los Srs. **RAMOS TORRES MABEL IVONNE** y **SÁNCHEZ GUARNIZO BRANDON ARIEL**, egresados de la Carrera de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Ingeniero/s Civil/les, me permito declarar que luego de haberla dirigido, estudiado y revisado, la apruebo en su totalidad.

TUTOR (A)



Validez Únicamente en Firmado:
Firmado digitalmente por:
VIANNA ANDREA
PINOARGOTE ROVELLO

Ing. Pinoargote Rovello Vianna Andrea, MSc.

La Libertad, a los 3 días del mes de agosto del año 2026

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **Ramos Torres Mabel Ivonne y Sánchez Guarnizo Brandon Ariel**

DECLARAMOS QUE:

El Trabajo de Titulación “**PRE-DISEÑO ESTRUCTURAL DE GRADERIOS DE HORMIGON ARMADO Y CUBIERTA METALICA APLICANDO AISC 360 PARA ESCENARIO DEPORTIVO**” previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de nuestra total autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

La Libertad, a los 3 días del mes de agosto del año 2026

EL AUTOR (A)

Mabel Ramos

Ramos Torres Mabel Ivonne



Sánchez Guarnizo Brandon Ariel

AUTORIZACIÓN

Nosotros, **Ramos Torres Mabel Ivonne y Sánchez Guarnizo Brandon Ariel**

Autorizamos a la Universidad Península de Santa Elena la **publicación** en la biblioteca de la Institución del Trabajo de Titulación denominado **“PRE-DISEÑO ESTRUCTURAL DE GRADERIOS DE HORMIGON ARMADO Y CUBIERTA METALICA APLICANDO AISC 360 PARA ESCENARIO DEPORTIVO”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

La Libertad, a los 3 días del mes de agosto del año 2026

EL AUTOR (A)

Mabel Ramos

Ramos Torres Mabel Ivonne



Sánchez Guarnizo Brandon Ariel

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del trabajo de titulación denominado **“PRE-DISEÑO ESTRUCTURAL DE GRADERIOS DE HORMIGON ARMADO Y CUBIERTA METALICA APLICANDO AISC 360 PARA ESCENARIO DEPORTIVO”**, elaborado por los estudiantes **RAMOS TORRES MABEL IVONNE** y **SÁNCHEZ GUARNIZO BRANDON ARIEL**, egresados de la carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Ingeniero/a Civil, me permito declarar que una vez analizado en el sistema anti plagio, luego de haber cumplido con los requerimientos de valoración, el presente trabajo de titulación, se encuentra con un 10% de la valoración permitida, por consiguiente se procede a emitir el siguiente certificado.

Adjunto del reporte de análisis.

Atentamente,



Ing. Vianna Pinoargote Rovello, MSc.

DOCENTE TUTOR

C.I. 2400061632

La Libertad, a los 3 días del mes de agosto del año 2026

REPORTE DE ANÁLISIS (ANTIPLAGIO)



Certificado de análisis
Compilatio Studium

TESIS CORREGIDA 2026 - copia

ID : 70ce5b3382e7413fbec3c94520e4a559afa6b7f4



10%

Textos sospechosos

Nombre del fichero : TESIS CORREGIDA 2026 - copia.txt
Tamaño del archivo original : 770,09 kB
Número de palabras : 21.218

Depositante : Nestor Orrala Vera
Fecha de depósito : 27 de agosto de 2026
Tipo de carga : interface
fecha de fin de análisis : 27 de agosto de 2026

Resumen (sección 1/2)

Localización de los textos sospechosos en el documento :



Incluido en el porcentaje de textos sospechosos :



Similitudes

7%

Pasajes con similitudes a fuentes encontradas en diferentes colecciones.



Detección de IA

4%

Textos estilísticamente próximos a un texto generado por una IA.

Este índice es un indicador y no una prueba. Comprueba con el autor si domina los conocimientos mencionados en el documento.



No incluido en el porcentaje de textos sospechosos :



Textos entre comillas

1%

Pasajes entre comillas, a menudo indicativos de una cita.

CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA

VALIDACIÓN GRAMATICAL Y ORTOGRÁFICA

CERTIFICO

Que, he realizado la revisión y corrección del Trabajo de Integración Curricular para la obtención del título de Ingeniero/a Civil, con el tema: **“PRE-DISEÑO ESTRUCTURAL DE GRADERÍOS DE HORMIGÓN ARMADO Y CUBIERTA METÁLICA APLICANDO AISC 360 PARA ESCENARIO DEPORTIVO”**. Ha sido desarrollado por los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Civil: **MABEL IVONNE RAMOS TORRES** y **BRANDON ARIEL SÁNCHEZ GUARNIZO** de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Que, el trabajo presenta un dominio formal del lenguaje, con expresión clara, coherencia discursiva y solidez interpretativa. Asimismo, garantizando su adecuación a los estándares académicos y formales requeridos.

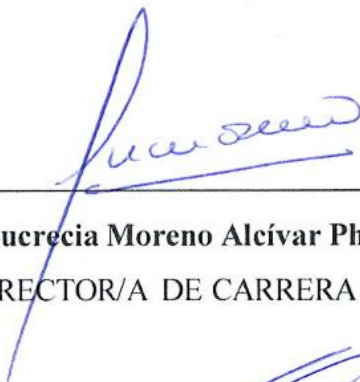
Por lo expuesto, se expide el presente certificado para que los interesados lo utilicen ante las instancias que correspondan.

Atentamente,

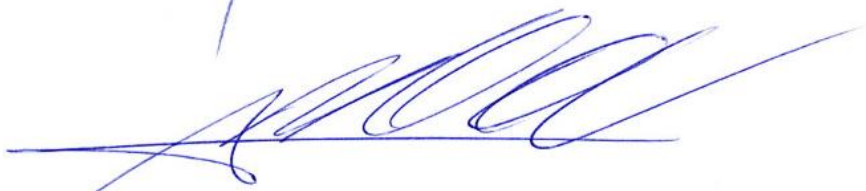


Lic. Mónica Paredes Castro, M.Sc.
Magíster en Educación Básica
Correo: misabelp1017@gmail.com
C.C: 0605353143
Celular: 0969917044

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



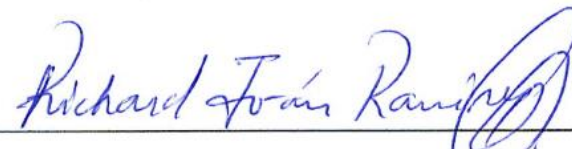
Ing. Lucrecia Moreno Alcívar Ph.D.
DIRECTOR/A DE CARRERA



Ing. Raúl Villao Vera, MSc.
DOCENTE ESPECIALISTA



Ing. Vianna Pinoargote Rovello, MSc.
DOCENTE TUTOR/A



Ing. Richard Ramírez Palma, MSc.
DOCENTE GUÍA DE LA UIC

CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AUTORIZACIÓN	iii
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO	iv
CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA.....	vi
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	vii
CONTENIDO	viii
LISTA DE TABLAS	xii
LISTA DE ILUSTRACIONES	xiv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
1. CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	2
1.2 ANTECEDENTES	3
1.3 HIPÓTESIS	5
1.4 OBJETIVOS	6
1.4.1 Objetivo General	6
1.4.2 Objetivos específicos.....	6
1.5 ALCANCE	7
1.6 VARIABLES.....	7

1.6.1	Variables independientes.....	7
1.6.2	Variables Dependientes.....	7
2.	CAPÍTULO II	8
	MARCO TEÓRICO	8
2.1	GLOSARIO DE TERMINOS TECNICOS.....	8
2.2	TIPOS DE PERFILES DE SUELO.....	14
2.2.1	Factor De Zona Sísmica Z.....	16
2.2.2	Coeficientes De Perfil De Suelo Fa, Fd y Fs.....	17
2.3	CARGAS Y COMBINACIONES DE CARGAS PARA CUBIERTA.....	20
2.3.1	Cargas permanentes (D)	20
2.3.2	Cargas vivas (L)	20
2.3.3	Cargas de viento (W).....	21
2.4	CARGAS Y COMBINACIONES DE CARGAS PARA GRADERIOS.....	25
2.4.1	Cargas permanentes (D)	25
2.4.2	Cargas vivas (L)	25
2.4.3	Combinaciones de cargas para el diseño por última resistencia	27
2.5	CONSIDERACIONES DE DISEÑO SISMORESISTENTE	28
2.5.1	Componentes horizontales de la carga sísmica: Espectros elásticos de diseño	28
2.5.2	Categoría de edificio y coeficiente de importancia.	32
2.5.3	Ductilidad y factor de reducción de resistencia sísmica R.	32
2.5.4	Cortante basal de diseño.....	33
2.5.5	Período de vibración T	34
2.5.6	Regularidad Estructural.....	35
2.5.7	Configuración Estructural	41

2.6	NORMATIVAS APLICADAS AL DISEÑO ESTRUCTURAL	42
2.6.1	Specification for Structural Steel Buildings AISC 360.....	42
2.6.2	American Concrete Institute 318.....	42
2.6.3	American Society of Civil Engineers 7.....	43
2.6.4	Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015.....	43
2.7	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	44
2.7.1	Tipo de investigación	44
2.7.2	Nivel de investigación.....	44
2.8	MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	45
2.8.1	Método	45
2.8.2	Enfoque	45
2.8.3	Diseño de la Investigación	45
3.	CAPÍTULO III.....	46
	METODOLOGIA.....	46
3.1	METODOLOGÍA PARA EL OE.1: DESARROLLAR EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO PRELIMINAR DE LOS GRADERÍOS, CONSIDERANDO ASPECTOS FUNCIONALES, ESTÉTICOS Y DE CONFORT PARA LOS USUARIOS DEL ESCENARIO DEPORTIVO.....	46
3.1.1	NORMATIVAS APLICADAS AL DISEÑO.....	46
3.1.2	UBICACIÓN DEL PROYECTO:.....	47
3.1.3	LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN EN SITIO.	48
3.1.4	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	49
3.1.5	DESARROLLO ARQUITECTÓNICO DEL GRADERÍO.....	51
3.1.6	DESARROLLO ARQUITECTÓNICO DE LA CUBIERTA	54
3.1.7	MODELADO 3D DE LA PROPUESTA ARQUITECTÓNICA	54

3.2	METODOLOGÍA DEL O.E.2: ELABORAR EL PRE-DISEÑO ESTRUCTURAL DE LOS GRADERÍOS DE HORMIGÓN ARMADO CON CUBIERTA METÁLICA, BASÁNDOSE EN LOS REQUISITOS NORMATIVOS Y EN LAS CARGAS Y ESFUERZOS INVOLUCRADOS.....	56
3.2.1	CALCULO DE ELEMENTOS DE CUBIERTA.....	56
3.2.2	CÁLCULOS DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE GRADERÍOS	75
3.2.3	MODELACIÓN ESTRUCTURAL EN SOFTWARE	127
3.3	METODOLOGÍA DEL O.E.3: ELABORAR EL PRESUPUESTO REFERENCIAL DEL PROYECTO CONSIDERANDO COSTOS DE MATERIALES, MANO DE OBRA Y RECURSOS NECESARIOS PARA LA CONSTRUCCION DEL PROYECTO.....	129
3.3.1	PRESUPUESTO REFERENCIAL	130
4.	CAPÍTULO IV.....	131
	ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS	131
5.	CAPÍTULO V	134
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	134
5.1	CONCLUSIONES.....	134
5.2	RECOMENDACIONES	136
5.3	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	137
5.4	ANEXOS.....	140

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 <i>Clasificación de los perfiles del suelo</i>	15
Tabla 2 <i>Valores de factor Z en función de la zona adoptada</i>	17
Tabla 3 <i>Tipo de suelo y Factores de sitio F_a</i>	18
Tabla 4 <i>Tipo de suelo y Factores de sitio F_d</i>	18
Tabla 5 <i>Tipo de suelo y Factores del comportamiento inelástico del subsuelo F_s</i>	19
Tabla 6 <i>Sobrecargas mínimas uniformemente distribuidas L_0, y concentradas P_0</i>	21
Tabla 7 <i>Coeficiente de corrección δ</i>	22
Tabla 8 <i>Coeficiente de entorno/altura</i>	23
Tabla 9 <i>Determinación del factor de forma</i>	24
Tabla 10 <i>Pesos unitarios de materiales de construcción</i>	25
Tabla 11 <i>Sobrecargas mínimas uniformemente distribuidas, L_0, y concentradas P_0</i>	26
Tabla 12 <i>Cargas vivas mínimas uniformemente distribuidas L_0 y cargas vivas concentradas mínimas</i>	26
Tabla 13 <i>Valores de la razón espectral</i>	31
Tabla 14 <i>Categoría de utilización, propósito e importancia de la estructura</i>	32
Tabla 15 <i>Coeficiente R para sistemas estructurales dúctiles y de ductilidad limitada</i>	33
Tabla 16 <i>Coeficiente C_t y α de acuerdo con el tipo de estructura</i>	35
Tabla 17 <i>Configuraciones estructurales recomendada</i>	36
Tabla 18 <i>Configuraciones estructurales no recomendadas</i>	37
Tabla 19 <i>Coeficiente de irregularidad en planta</i>	38
Tabla 20 <i>Coeficientes de irregularidad en elevación</i>	40
Tabla 21 <i>Coordenadas de proyecto</i>	48
Tabla 22 <i>Catálogo de proveedores DIPAC</i>	58
Tabla 23 <i>Resumen de cargas</i>	62
Tabla 24 <i>Distribución de cargas muerta, viva y de sismo aplicadas en los nudos (D, L, E)</i>	63
Tabla 25 <i>Distribución de cargas de viento aplicadas en los nudos (w)</i>	64
Tabla 26 <i>Cargas últimas de diseño para cargas verticales</i>	65
Tabla 27 <i>Cargas últimas de diseño, para cargas horizontales</i>	65

Tabla 28 <i>Fuerzas axiales de cada elemento de la cercha (carga última)</i>	67
Tabla 29 <i>Catálogo de Perfil L DIPAC</i>	69
Tabla 30 <i>Perfil 2L en diagonales a tensión para cercha. Método AISC 360-22</i>	70
Tabla 31 <i>Perfil C en Cordón Superior a tensión para cercha. Método AISC 360-22</i>	71
Tabla 32 <i>Perfil 2L en parantes a compresión para cercha. Método AISC 360-22</i>	74
Tabla 33 <i>Perfil C en Cordón Inferior a compresión para cercha. Método AISC 360-22</i>	74
Tabla 34 <i>Espesor mínimo de losas en una dirección macizas no pre esforzadas</i>	77
Tabla 35 <i>Refuerzo transversal para columnas en pórticos especiales resistentes a momentos</i> ..	109

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1	<i>Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z ...</i>	16
Ilustración 2	<i>Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones</i>	29
Ilustración 3	<i>Ubicación del proyecto en ciudadela universitaria</i>	47
Ilustración 4	<i>Fotogrametría aérea y poligonales del levantamiento topográfico</i>	49
Ilustración 5	<i>Análisis solar</i>	50
Ilustración 6	<i>Sección típica</i>	52
Ilustración 7	<i>Vista frontal de graderío</i>	53
Ilustración 8	<i>Vista en planta del graderío</i>	53
Ilustración 9	<i>Vista 3D posterior propuesta arquitectónica</i>	55
Ilustración 10	<i>Vista diagonal 3D propuesta arquitectónica</i>	55
Ilustración 11	<i>Representación gráfica de vista en planta de la cubierta</i>	62
Ilustración 12	<i>Diagrama de fuerzas axiales mediante SAP2000</i>	66
Ilustración 13	<i>Código de elementos que conforman la cercha</i>	66
Ilustración 14	<i>Detalle de cercha</i>	68
Ilustración 15	<i>Detalle de elemento 1 a compresión</i>	72
Ilustración 16	<i>Diagrama de reacciones en el elemento 1</i>	75
Ilustración 17	<i>Vista en planta de huella de graderíos</i>	76
Ilustración 18	<i>Sección en planta de huella</i>	77
Ilustración 19	<i>Contrahuella propuesta</i>	80
Ilustración 20	<i>Momentos en contrahuellas (viguetas)</i>	81
Ilustración 21	<i>Perfil viga T</i>	82
Ilustración 22	<i>Diagrama de cortante máximo</i>	83
Ilustración 23	<i>Diseño final de graderíos</i>	84
Ilustración 24	<i>Área tributaria para diseño de vigas</i>	85
Ilustración 25	<i>Espacio para relleno entre losa y viga</i>	90
Ilustración 26	<i>Área tributaria</i>	91
Ilustración 27	<i>Momentos positivos y negativos actuantes sobre la viga</i>	95
Ilustración 28	<i>Sección transversal de viga inclinada</i>	96

Ilustración 29 Armado de viga inclinada	102
Ilustración 30 Sección transversal de viga longitudinal	103
Ilustración 31 Bloque de diseño de columnas por código.....	105
Ilustración 32 Cargas axiales actuantes sobre las columnas	118
Ilustración 33 Combinación 1 de cargas axiales actuantes sobre las columnas	119
Ilustración 34 Combinación 1 de Momentos actuantes sobre las columnas.....	120
Ilustración 35 Combinación 2 de Momentos actuantes sobre las columnas.....	120
Ilustración 36 Modelación estructural en Etabs	128

“PRE-DISEÑO ESTRUCTURAL DE GRADERÍOS DE HORMIGON ARMADO Y CUBIERTA METALICA APLICANDO AISC 360 PARA ESCENARIO DEPORTIVO”

Autor: Ramos Torres Mabel Ivonne

Sánchez Guarnizo Brandon Ariel

Tutor: Ing. Vianna Pinoargote, MS.c

RESUMEN

La presente investigación tiene por objetivo el pre diseño estructural de graderíos de hormigón armado con cubierta metálica para una cancha de césped natural en un escenario deportivo ubicado en la Universidad Estatal Península de Santa Elena de la provincia de Santa Elena.

Los capítulos uno y dos están enfocados en describir los objetivos, definir el alcance, las variables y el marco teórico en el que se encuentra la recopilación de datos técnicos y normativos que respalden todos los procedimientos.

El tercer capítulo comprende el diseño arquitectónico preliminar, los cálculos y el pre dimensionamiento de los elementos de hormigón armado y elementos metálicos considerando las normativas estructurales vigentes como la AISC 360, ACI 318 y la NEC 15 y se garantiza la seguridad mostrando las revisiones detalladas en los programas SAP2000 y Etabs, además en este capítulo se incluye un presupuesto referencial basado en los elementos calculados para esta infraestructura deportiva.

El cuarto y quinto capítulo muestra los resultados obtenidos para el adecuado proceso constructivo de esta importante obra, conclusiones y recomendaciones generales, así mismo en los anexos se incluyen los planos de estructura metálica y detalles de graderíos de hormigón armado.

Palabras clave: graderíos de hormigón armado, cubierta metálica, diseño estructural, infraestructura deportiva, normativas de construcción.

“PRELIMINARY STRUCTURAL DESIGN OF REINFORCED CONCRETE BLEACHERS AND A STEEL ROOF FOR A SPORTS FACILITY IN ACCORDANCE WITH AISC 360”

Authors: Ramos Torres Mabel Ivonne

Sánchez Guarnizo Brandon Ariel

Faculty: Ing. Vianna Pinoargote, MS.c

ABSTRACT

This research aims to perform the structural preliminary design of reinforced concrete grandstands with a metallic roof for a natural grass field in a sports facility located at the Universidad Estatal Península de Santa Elena in the province of Santa Elena.

Chapters one and two are focused on describing the objectives, defining the scope, the variables and the theoretical framework surrounding the collection of technical and normative data that support all procedures.

The third chapter includes the preliminary architectural design, calculation, and preliminary sizing of both reinforced concrete and metallic elements, considering current structural standards such as AISC 360, ACI 318, and NEC 15. Structural safety is ensured through detailed verification analyses using SAP2000 and ETABS software. Additionally, this chapter provides a reference budget based on the elements calculated for this sports infrastructure.

The fourth and fifth chapters present the results obtained for the proper construction process of this important project, along with general conclusions and recommendations. Furthermore, the appendices contain structural steel drawings and detailed plans for the reinforced concrete grandstands.

Keywords: reinforced concrete grandstands, metallic roof, structural design, sports infrastructure, building codes.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Los graderíos son un elemento fundamental en el diseño de escenarios deportivos, ya que permiten acomodar a los espectadores de manera segura y cómoda (Liévano Ortiz, 2022). En estructuras deportivas al aire libre, como las canchas de césped natural, los graderíos deben cumplir con altos estándares de seguridad y funcionalidad (*Inside FIFA*, s. f.-a) garantizando la resistencia estructural frente a cargas permanentes, como su propio peso, y cargas variables, como el número de espectadores y las condiciones climáticas, incluyendo viento y sismos.

En el contexto de la ingeniería civil, el diseño de graderíos implica una serie de procesos rigurosos que deben cumplir con normativas estructurales, tales como el código NEC-15 que es una normativa ecuatoriana o el código ACI 318 en el caso de estructuras sismo-resistentes, que es una normativa internacional. Este tipo de proyectos demanda una comprensión integral de las cargas permanentes, cargas vivas, y acciones dinámicas como el viento y los sismos, así como la interacción entre los materiales empleados. A esto se suma la incorporación de cubiertas metálicas, un elemento necesario en escenarios al aire libre para la protección de los asistentes frente a las inclemencias del clima, lo que introduce nuevas variables de diseño como la resistencia a la corrosión y la estabilidad frente a las cargas generadas por la propia cubierta.

Por lo tanto, la presente tesis tiene como objetivo desarrollar el pre diseño estructural de graderíos de hormigón armado y la cubierta metálica para un escenario deportivo. Por lo tanto, en primer lugar, se abarca el desarrollo del diseño arquitectónico preliminar que establecerá las directrices espaciales y funcionales del proyecto. En segundo lugar, se abordará el pre dimensionamiento estructural, realizando el análisis y cálculo de los elementos para el graderío y la cubierta metálica, basándose en las normativas vigentes y las cargas esperadas. Finalmente, se elaborará un presupuesto referencial que permita evaluar la viabilidad económica del proyecto.

Este trabajo no solo responde a la necesidad de contar con infraestructuras deportivas seguras y funcionales, sino que también se inserta en la creciente demanda de soluciones constructivas que optimicen el uso de materiales y recursos. Asimismo, se busca que el diseño propuesto sea sostenible y eficiente a los requerimientos específicos del sitio donde se emplazará la obra.

1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La infraestructura deportiva es un componente esencial para el desarrollo social y comunitario, ya que proporciona espacios adecuados para la recreación, la actividad física y la promoción de la salud pública. En particular, los graderíos de escenarios deportivos deben ser diseñados y construidos garantizando la seguridad estructural de los usuarios, considerando tanto las cargas estáticas como las dinámicas que actúan sobre ellos. Una infraestructura inadecuada o deficiente puede comprometer la integridad física de las personas, limitar el uso efectivo de los espacios y reducir la vida útil de la estructura.

La Universidad Estatal Península de Santa Elena, ubicada en la Avda. principal La Libertad - Santa Elena alberga alrededor de 2600 estudiantes cada semestre (Santiana Bazán & Roca Larrea, 2023) considerando que una proporción significativa de esta población participa de manera activa o pasiva en actividades deportivas institucionales, ya sea como atletas o espectadores, el presente pre diseño arquitectónico y estructural constituye la fase inicial para la implementación de un escenario deportivo dentro del campus universitario.

Explicado de manera breve, la propuesta se contempla como un sistema porticado destinado al soporte del graderío, conformado por columnas de hormigón armado distribuidos de manera modular cada 7,65 m de longitud. El cerramiento lateral se proyecta mediante muros de mampostería con espesor de 13 cm, dispuestos entre las columnas estructurales. Asimismo, la cubierta se resuelve mediante una estructura metálica tipo cercha, para proporcionar una adecuada cobertura del espacio destinado a los espectadores.

Con la finalidad de poder realizar un correcto diseño de cada uno de los elementos estructurales establecidos por las normas AISC 318 y NEC 2015 el análisis estructural del graderío se lo realizará mediante el programa ETABS 2016.

Por lo tanto, estos graderíos estructuralmente seguros y funcionales no solo mejoran la calidad de los servicios deportivos, sino que también fortalece la cohesión social y promueve entornos urbanos más ordenados y sostenibles (Moran, s. f.) La presente investigación responde a varios desafíos globales y promueve un desarrollo sostenible debido a que se alinea con el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 11.7 establecido por las Naciones Unidas que promueve alcanzar el

desarrollo sostenible transformando significativamente la forma en que se construyen y gestionan los espacios urbanos

El problema de investigación puede enmarcarse en la siguiente pregunta: **P.G.** ¿Qué normativas estructurales vigentes garantizan la funcionalidad y seguridad de infraestructuras para escenarios deportivos en la provincia de Santa Elena?, de la cual se derivan tres preguntas específicas: **P.E.1:** ¿Qué aspectos funcionales, estéticos y de confort son considerados para el diseño arquitectónico de escenarios deportivos? **P.E.2:** ¿Qué requisitos normativos en las cargas y esfuerzos involucrados se obtienen para realizar el diseño estructural de estructuras para escenarios deportivos? y **P.E.3:** ¿Cuál es el costo de construir un graderío con cubierta metálica para un escenario deportivo ubicado en la provincia de Santa Elena?

1.2 ANTECEDENTES

Los antecedentes describen investigaciones y estudios realizados previamente, en el estudio del estado del arte, se recopila información de carácter internacional, nacional y local (García-Ramírez & Segarra-Morales, 2022)

A nivel internacional, se listan los principales:

El trabajo de titulación titulado "**CONSTRUCCIÓN DE GRADAS CON CUBIERTA EN EL CAMPO DE FÚTBOL LENDOIRO, EN A BARCALA (CAMBRE)**" realizado por Danilo Rivera Cugler en la Universidad de A Coruña, España, se enfocó en resolver la necesidad de mejorar las instalaciones deportivas del campo de fútbol Lendoiro. Este proyecto respondió a la creciente demanda de espacios adecuados para espectadores en un municipio en expansión, con el objetivo de proporcionar un graderío con su correspondiente cubierta para habilitar un espacio adecuado donde los espectadores se puedan proteger de las inclemencias meteorológicas (Rivera Cugler, 2015). La metodología implementada consistió en un análisis detallado de las condiciones geológicas, urbanísticas y climáticas del área de intervención. Se estudiaron diversas alternativas para la estructura de los graderíos y la cubierta, evaluando su viabilidad técnica y económica mediante el uso de software de simulación como SAP2000 para el pre dimensionamiento de la cubierta metálica. Adicionalmente, se realizó un análisis multicriterio para seleccionar la solución más eficiente, considerando factores como la visibilidad, el acceso, la funcionalidad y la

integración en el entorno. El proyecto también contempló la mejora de servicios complementarios, como áreas de estacionamiento y servicios auxiliares para jugadores y espectadores. Como resultado, se propuso una estructura de hormigón armado para los graderíos, acompañada de una cubierta metálica ligera que cumple con los estándares de resistencia y durabilidad. Esta solución no solo optimizó el uso del espacio disponible en el campo de fútbol, sino que también propuso mejorar significativamente la experiencia de los espectadores, proporcionando un entorno más seguro y cómodo. El proyecto, con un enfoque en la sostenibilidad y la viabilidad a largo plazo, sirvió como un ejemplo de cómo los principios de la ingeniería civil pueden aplicarse para mejorar infraestructuras deportivas en comunidades con necesidades crecientes.

A nivel nacional destaca el estudio titulado: **“DISEÑO Y CÁLCULO DE UN ESCENARIO DEPORTIVO TIPO ESTADIO DE FÚTBOL CON CAPACIDAD PARA 2000 PERSONAS EN EL CASERÍO EL PORVENIR PERTENECIENTE AL CANTÓN MOCHA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”** realizado por William David Freire Ortiz en la Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, que tuvo como objetivo desarrollar el diseño y cálculo estructural de un estadio que proporcionara un espacio adecuado para los eventos deportivos de la comunidad, siguiendo las normativas ecuatorianas aplicables y mejorando significativamente la infraestructura existente. La metodología empleada incluyó un estudio topográfico del terreno, un análisis geotécnico para determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo, y la elaboración de un diseño arquitectónico y estructural basado en sistemas de pórticos sismorresistentes de hormigón armado para los graderíos (Freire Ortiz, 2022). Para la cubierta, se utilizó un sistema de cerchas de acero estructural A36.

La estructura tridimensional fue modelado y analizado mediante el uso de un software especializado en el cálculo estructural, aplicando métodos estáticos y dinámicos espectral. En la fase de prediseño, se establecieron dimensiones preliminares de los elementos principales, la configuración estructural, estimaciones de cargas y las densidades de los materiales a considerar, lo cual permitió definir un marco conceptual adecuado antes de avanzar al diseño definitivo donde el nivel de detalle es alto y que garantiza que el esquema o los valores preestablecidos fuera viable y eficiente desde el punto de vista técnico-económico. Por consiguiente, se realizó un análisis de precios unitarios para establecer un presupuesto referencial. Los resultados obtenidos reflejaron un

diseño integral y funcional que no solo cumple con los requerimientos del comportamiento global de la estructura, sino que también optimiza el uso del espacio y garantiza la seguridad y confort de los usuarios. El proyecto incluyó la generación de planos estructurales con un nivel de detalle medio y planos arquitectónicos, así como el cálculo detallado del presupuesto, ofreciendo una solución moderna y eficiente para la comunidad del caserío.

1.3 HIPÓTESIS

Hipótesis General.

El pre diseño estructural de graderíos de hormigón armado y cubierta metálica aplicando AISC 360 permitirá diseñar un escenario deportivo aplicando las normativas estructurales vigentes garantizando la funcionalidad de los usuarios y espectadores.

Hipótesis específicas.

H.E.1.: El diseño arquitectónico preliminar de los graderíos permitirá determinar los aspectos funcionales, estéticos y de confort para los usuarios del escenario deportivo.

H.E.2: El pre diseño estructural de los graderíos de hormigón armado y cubierta metálica, responderá a requisitos normativos y a las cargas y esfuerzos involucrados.

H.E.3: El presupuesto referencial del proyecto permitirá determinar los valores asociados a los costos de los materiales, la mano de obra y otros recursos necesarios para la construcción de los graderíos y la cubierta.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Realizar el pre diseño estructural de los graderíos de hormigón armado y la cubierta metálica para escenario deportivo, mediante la aplicación de la norma AISC 360 y otras normativas estructurales vigentes con el fin de garantizar la seguridad, funcionalidad y adecuado desempeño para los usuarios y espectadores.

1.4.2 Objetivos específicos

O.E.1.: Realizar el diseño arquitectónico de los graderíos de hormigón armado para un escenario deportivo, con el fin de definir y optimizar los aspectos funcionales, estéticos y de confort para los usuarios.

O.E.2: Desarrollar el diseño estructural de los graderíos de hormigón armado y la cubierta metálica de un escenario deportivo, garantizando el cumplimiento de los requisitos normativos AISC 360 y la adecuada respuesta ante las cargas y esfuerzos actuantes.

O.E.3: Cuantificar y analizar los costos de materiales, mano de obra y recursos necesarios para la construcción de los graderíos y la cubierta, a partir de la elaboración de un presupuesto referencial del proyecto.

1.5 ALCANCE

Nuestra investigación pretende contribuir directamente al desarrollo urbanístico de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, por ello el alcance incluye el diseño arquitectónico preliminar de los graderíos, el pre dimensionamiento de la estructura de hormigón armado con cubierta metálica se realizará bajo normativas vigentes de construcción civil, teniendo en consideración los aspectos funcionales y estéticos requeridos. Además, se presentará una evaluación económica del proyecto a través de un presupuesto referencial, sin incluir estudios detallados de análisis estructural avanzado o trámites legales para la construcción.

1.6 VARIABLES

1.6.1 Variables independientes.

- Diseño Arquitectónico

1.6.2 Variables Dependientes

- Análisis estructural de las edificaciones con el sistema constructivo
- Análisis de costos de construcción de edificios

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

El diseño estructural constituye un componente esencial en el desarrollo de espacios destinados a actividades recreativas y deportivas. Los graderíos permiten albergar a una gran cantidad de espectadores, distribuyendo las cargas de manera eficiente hacia el suelo mediante un sistema estructural adecuado. Estas estructuras deben garantizar seguridad, durabilidad y resistencia ante diversos tipos de cargas, incluyendo aquellas producidas por fenómenos naturales como sismos y vientos.

Dentro de un proyecto de pre diseño estructural, se realiza una conceptualización preliminar que permite definir las dimensiones básicas, cargas de diseño y sistemas estructurales a emplear, conforme a las exigencias de las normas internacionales y nacionales aplicables. En este trabajo, las normativas principales que guían el diseño son el *American Concrete Institute (ACI 318)* para concreto estructural, la normativa *Specification for Structural Steel Buildings (AISC 360)* para el diseño de estructuras de acero, la *American Society of Civil Engineers (ASCE 7)* para cargas mínimas sobre estructuras y la *Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2015)* que recoge la adaptación de normas internacionales al contexto sísmico y geotécnico ecuatoriano.

2.1 GLOSARIO DE TERMINOS TECNICOS

1. Hormigón armado

Es un sistema estructural donde el hormigón y el acero actúan juntamente con un comportamiento sólido y confiable aportando una gran variedad de condiciones estructurales, donde el pH del hormigón protege la armadura de la corrosión. (Valle, 2025)

2. Acero estructural

El acero estructural se presenta por lo general en forma de perfilería o laminas. Es un material que posee alta resistencia a compresión como a tracción, por lo que no necesita de otro tipo de material para trabajar. Debido a su vulnerabilidad a la corrosión por lo general va acompañado de un

recubrimiento el cual puede ser galvanizado (recubrimiento de zinc), recubierto de anticorrosivo, de pintura o una mezcla de ellos (Lopez & Giraldo, 2008).

3. Pre diseño estructural

Es la etapa que, necesariamente, antecede a la de Diseño; a través de aquella se tratan de establecer con cierta aproximación las dimensiones de los elementos estructurales. El fin que se persigue es conocer en forma aproximada las dimensiones de elementos estructurales, como en el caso de elaboración de proyectos arquitectónicos, se cuenta con los denominados reglamentos o normas que contienen los requisitos mínimos para que se garantice la seguridad de las obras (Rodas Andrade, 2014).

4. Pre dimensionamiento

Es la etapa inicial en el diseño estructural de edificaciones, donde se estiman las dimensiones de los elementos estructurales como vigas, columnas y losas. Esta fase es crucial porque, al principio de un proyecto, se enfrenta una paradoja: para dibujar los planos se necesitan las dimensiones, pero para calcular las cargas y esfuerzos (que determinan las dimensiones) se necesita una idea del dibujo. (Cáceres, 2025)

5. Graderíos

Asiento a manera de escalón corrido que proporciona buena visibilidad a los espectadores, (sentados o de pie), así como a la bondad de paso o acceso a la localidad. En la comodidad, o si se quiere junto a ella, hay que tener en cuenta la idónea evacuación de la lluvia (Salas, 1981)

6. Huella

“Elemento horizontal que compone un peldaño o escalón en el que se apoya el pie para realizar un movimiento de traslación” (Borobio, 1988)

7. Contrahuella

Se define como la separación vertical entre huellas sucesivas, es el elemento material que conforma o materializa la altura de un peldaño, conforme ascendemos o descendemos” (Anzules Viteri, 2026)

8. Peldaño

Es cada uno de los escalones sucesivamente más alto que el anterior y que en conjunto permiten subir o bajar por la escalera, está compuesto por huella y contrahuella (Borobio, 1988)

9. Descanso

El espacio de reposo, también conocido ocasionalmente como meseta y descanso, constituye una sección de la escalera y escalinata que se sitúa entre dos tramos consecutivos de escalones (Anzules Viteri, 2026)

10. Viga

“Se define como viga al elemento estructural con un eje longitudinal, sometido principalmente a cargas perpendiculares a su eje longitudinal y que trabaja fundamentalmente a flexión” (Cervera Ruiz & Blanco Díaz, 2009)

11. Columna

La columna es el elemento estructural vertical empleado para sostener la carga de la edificación. Es utilizado ampliamente en arquitectura por la libertad que proporciona para distribuir espacios al tiempo que cumple con la función de soportar el peso de la construcción; es un elemento fundamental en el esquema de una estructura y la adecuada selección de su tamaño, forma, espaciamiento y composición influyen de manera directa en su capacidad de carga (Pestana Morejón & Rodríguez García, 2016).

12. Losa escalonada

Elemento estructural inclinado de hormigón armado cuya geometría inferior o superior presenta una serie de quiebres en forma de peldaños. Diseñado para adaptarse a la configuración de

graderíos y escaleras, evitando el vaciado de volúmenes masivos e innecesarios de hormigón. (Schinca, y otros, 2007)

13. Momento flector (M)

Se denomina momento flector al momento de fuerza resultante de una distribución de tensiones sobre una sección transversal de un prisma mecánico flexionado o una placa que es perpendicular al eje longitudinal a lo largo del que se produce la flexión. (Rodríguez, 2007, pág. 5)

14. Cortante (V)

Es la resultante de todas las fuerzas externas que actúan de forma vertical sobre el eje de una estructura determinada a un lado de una sección o tramo. Esa Fuerza Cortante (V) es positiva cuando la parte situada a la izquierda de la sección o corte tiende a subir con respecto a la parte derecha. (Rodríguez, 2007, pág. 4)

15. Pandeo

Es un fenómeno que se produce en el mundo de la arquitectura en elementos esbeltos, ya sean verticales u horizontales, que se encuentran sometidos a una carga por compresión en uno de sus extremos. Principalmente se produce en la parte de estructura en el mundo de la construcción, siendo pilares, vigas y jácenas los que más pueden sufrir este efecto no deseado en una estructura. (Morey Bausá, 2013, pág. 3)

16. Factor de seguridad

Es una medida utilizada en ingeniería para garantizar que un componente, estructura o sistema sea seguro y confiable ante las cargas o esfuerzos a los que estará sometido. Se define como la relación entre la capacidad máxima que puede soportar un elemento y la carga real o esfuerzo que se espera que reciba durante su uso

17. Ductilidad

La ductilidad de los elementos estructurales es la capacidad de determinadas secciones del elemento de experimentar deformaciones o rotaciones más allá de su rango elástico sin presentar reducción considerable de resistencia (Mamani Villalobos, 2024)

18. Análisis estructural

Es el paso previo al diseño estructural que permite determinar cómo las estructuras responden ante las cargas, mediante este análisis es posible conocer los esfuerzos internos (fuerzas y momentos), deformaciones, desplazamientos y reacciones en los apoyos, lo cual es indispensable para asegurar que los elementos estructurales sean seguros y funcionales (Villarreal Castro, 2007).

19. Norma de diseño

“Representa un conjunto de reglas y criterios que los diseñadores deben seguir para asegurar que los productos, sistemas o proyectos sean seguros, funcionales, estéticamente adecuados y cumplan con los objetivos planteados” (Hernández, 1991).

20. Cubierta metálica

Son estructuras de cierre superior, que sirven como cerramientos exteriores, cuya función fundamental es ofrecer protección al edificio contra los agentes climáticos y otros factores, para resguardo, darle intimidad, aislación acústica y térmica, al igual que todos los otros cerramientos verticales (Pacurucu Ramon & Vallejo Peralta, 2025).

21. Cercha

“Una cercha es una estructura triangulada, de sección variable, autoportante, que aprovecha al máximo el material del que está compuesta, minimizando los esfuerzos de las barras y respondiendo, con su forma, eficientemente a su función” (Malagón Zafra, 2018).

22. Galvalume

“Es una lámina de acero galvanizado, acanalada en perfil rectangular. Sus propiedades geométricas le permiten mantenerse como un perfil con buenas características estructurales y de apariencia, utilizado en su mayoría en cubiertas y paredes metálicas” (eaweb.ec, s. f.).

23. Método LRFD

En este método de diseño los factores de carga se aplican a las cargas de servicio y se selecciona un miembro que tenga suficiente resistencia frente a las cargas factorizadas. Además la resistencia teórica del miembro es reducida por la aplicación de un factor de resistencia (Chacha Guala & Sánchez Vallesteros, 2016)

24. Perfil estructural

Los perfiles de estructura de acero son un componente esencial en la construcción, son diseñados para proporcionar fuerza, rigidez y son capaces de resistir cargas laterales y verticales, brindando una eficaz distribución de fuerzas. Son elementos conformados por una sección transversal, pueden incluir vigas, columnas, ángulos, canales, tubos y otros elementos, cada uno diseñado para efectuar una función específica en la estructura (Mera Huilca, 2024).

25. Conexiones estructurales

Se define al conjunto de elementos que se intersecan en un nodo con el fin de transmitir esfuerzos entre sí apegándose a las condiciones del modelo ideal de la estructuración, las conexiones pueden ser unidas mediante tornillos de alta resistencia y/o soldadura (Chazaro Rosario, 2019)

26. Graderíos soportados en marcos estructurales

Tribunas situadas en distintos lados del terreno de juego cuya finalidad consiste en acoger a los espectadores sentados o de pie (*Inside FIFA*, s. f.-b) que están construidas sobre marcos constituidos por columnas y vigas destinadas a soportar cargas externas sin presentar cambios apreciables en su geometría (Gavidia González & Subía Sánchez, 2015)

2.2 TIPOS DE PERFILES DE SUELO

La Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2015) clasifica los suelos en distintos tipos de perfil, con el objetivo de evaluar su respuesta sísmica y establecer los requisitos de diseño estructural adecuados. Esta clasificación, especificada en el capítulo 3 de NEC-SE-DS, identifica seis tipos de perfil de suelo, presentados en la Tabla 1, para los perfiles de tipo A, B, C, D y E, la categorización se basa en los parámetros geotécnicos obtenidos en los primeros 30 metros de profundidad, tales como la velocidad promedio de propagación de ondas de corte (V_{s30}), la resistencia no drenada y el número de golpes del ensayo SPT (Standard Penetration Test) y para los suelos clasificados como perfil tipo F, que incluyen condiciones especiales como suelos licuables, arcillas sensibles o rellenos artificiales no controlados, la evaluación se realiza mediante estudios geotécnicos más detallados.

Cuando el perfil de suelo presenta estratos claramente diferenciables dentro de estos 30 metros, es necesario subdividir el perfil en capas individuales, utilizando subíndices (i) que comienzan en 1 desde la superficie hasta n en el fondo del intervalo analizado. Esta subdivisión permite una caracterización más precisa del comportamiento dinámico del terreno.

Tabla 1

Clasificación de los perfiles del suelo

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > V_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760 \text{ m/s} > V_s \geq 360$ m/s
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50.0$ $S_u \geq 100$ KPa
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > V_s \geq 180$ m/s
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15.0$ $100 \text{ kPa} > S_u \geq 50$ kPa
	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$V_s < 180$ m/s
E	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $S_u < 50$ kPa
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista. Se contemplan las siguientes subclases:	
	F1—Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como; suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.	
	F2—Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas ($H > 3$ m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).	
	F3—Arcillas de muy alta plasticidad ($H > 7.5$ m con índice de Plasticidad $IP > 75$)	
	F4—Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda ($H > 30$ m)	
	F5—Suelos con contrastes de impedancia α ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte.	
	F6—Rellenos colocados sin control ingenieril.	

Nota. Fuente: NEC-SE-DS (2015), p. 30.

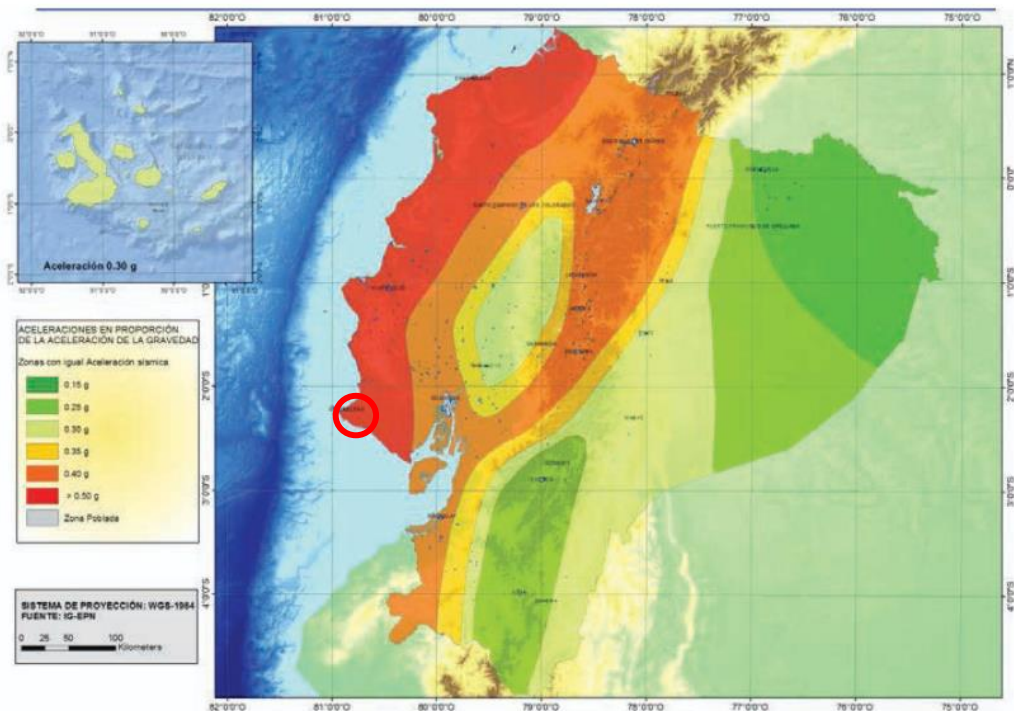
En base al trabajo publicado por (Rendón Figueroa, 2023) en el que se detalla que en el área ubicada en la Av. Eleodoro Solórzano dentro del Campus de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, Cantón La Libertad, Provincia de Santa Elena, se realizaron estudios de suelo que determinaron que el suelo de fundación es clasificado **TIPO D** según la Norma Ecuatoriana de la Construcción. Este dato incide directamente en la determinación del espectro de respuesta sísmica de diseño.

2.2.1 Factor De Zona Sísmica Z

El territorio ecuatoriano presenta una zonificación sísmica que varía desde $Z = 0.15$ en regiones de baja amenaza hasta $Z \geq 0.50$ en áreas costeras y del noroccidente, donde la interacción de las placas tectónicas genera aceleraciones sísmicas (Reyes Peredo, 2026).

Ilustración 1

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



Nota. Tomado de NEC-SE-DS (2015), p. 27.

Tabla 2

Valores de factor Z en función de la zona adoptada

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Nota. Fuente: NEC-SE-DS (2015), p. 27.

Debido a este tipo de suelo y mediante el mapa de intensidad sísmica, para cálculos que correspondan al diseño sísmico de graderíos concluimos lo siguiente:

- **Zona sísmica:** VI
- **Valor factor Z** ≥ 0.50
- **Caracterización del peligro sísmico:** Muy alta

2.2.2 Coeficientes De Perfil De Suelo Fa, Fd y Fs.

Los coeficientes de suelo Fa, Fd y Fs son factores de modificación utilizados en la ingeniería sísmica para ajustar la respuesta espectral del sitio, ya que las condiciones reales del terreno influyen en la amplificación o atenuación de las ondas sísmicas, de esta manera se mejoraremos la precisión en el análisis y diseño estructural de graderíos frente a eventos sísmicos. A continuación, se describe cómo aplicaremos cada uno:

2.2.2.1 Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período corto (Fa).

Es un factor de amplificación espectral aplicado a las aceleraciones del terreno para períodos cortos, generalmente en el rango de 0.1 a 0.3 segundos. Su función principal es ajustar la respuesta espectral considerando la tendencia de los suelos blandos a amplificar las aceleraciones sísmicas de alta frecuencia.

Tabla 3*Tipo de suelo y Factores de sitio Fa*

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

Nota. Fuente NEC-SE-DS (2015), p.31

2.2.2.2 Amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca (F_d).

Es un factor de modificación aplicado a las aceleraciones del terreno para períodos intermedios, típicamente alrededor de 1 segundo. Este coeficiente considera la respuesta del suelo en un intervalo de períodos que resulta crítico para estructuras que presentan frecuencias naturales de vibración en ese rango.

Tabla 4*Tipo de suelo y Factores de sitio Fd*

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.36	1.28	1.19	1.15	1.11	1.06
D	1.62	1.45	1.36	1.28	1.19	1.11
E	2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4					

Nota. Fuente NEC-SE-DS (2015), p. 31

2.2.2.3 Comportamiento no lineal de los suelos (F_s).

Este coeficiente corresponde a un factor de amplificación espectral para períodos largos, generalmente mayores a 1 segundo. Este coeficiente ajusta la respuesta espectral para capturar la amplificación de ondas sísmicas de baja frecuencia en suelos blandos, lo cual resulta especialmente relevante para estructuras altas y flexibles, como torres o edificios de gran altura.

Tabla 5

Tipo de suelo y Factores del comportamiento inelástico del subsuelo F_s

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.5
A	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C	0.85	0.94	1.02	1.06	1.11	1.23
D	1.02	1.06	1.11	1.19	1.28	1.40
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4					

Nota. Fuente NEC-SE-DS (2015), p. 32

En consecuencia, a un suelo tipo D ubicado en zona sísmica VI, los coeficientes de perfil de suelo son:

- $F_a = 1,12$
- $F_d = 1,11$
- $F_s = 1,4$

2.3 CARGAS Y COMBINACIONES DE CARGAS PARA CUBIERTA

2.3.1 Cargas permanentes (D)

Las consideraciones de las cargas muertas o permanentes para estructuras de acero parten del peso propio de los elementos que constituyen la cubierta y su estructura, teniendo así a considerar el peso propio de la cubierta de galvalume, cerchas, correas y fijaciones. Estas cargas se calculan en función del peso específico de los materiales y las dimensiones de cada elemento, y se ingresarán como una carga distribuida sobre la proyección horizontal de la cubierta.

Basándonos en el catálogo Paneles de techo de DISMETAL, el peso de la plancha de espesor $e = 0.40mm$, se expresa en:

- $3,5 \text{ kg/m}^2$.

El cual se podrá incrementar entre un 5% y 10% considerando el solapamiento de láminas, fijaciones y tornillería autoperforante.

2.3.2 Cargas vivas (L)

La carga viva de cubierta es la fuerza gravitacional estimada de carácter temporal, accidental y variable que actuará sobre la estructura del techo durante sus fases de construcción, inspección, mantenimiento o reparación, es decir, representa la masa del personal técnico, herramientas, equipos portátiles y materiales depositados provisionalmente sobre las láminas, correas y cerchas metálicas durante intervenciones puntuales. Los valores mínimos serán tomados de la tabla estipulada por la normativa de diseño NEC-SE-CG, 2015.

Tabla 6*Sobrecargas mínimas uniformemente distribuidas L_0 , y concentradas P_0*

Ocupación o Uso	Carga uniforme (kN/m ²)	Carga concentrada (kN)
Cubiertas		
Cubiertas planas, inclinadas y curvas	0.70	
Cubiertas destinadas para áreas de paseo	3.00	
Cubiertas destinadas en jardinería o patios de reunión.	4.80	
Cubiertas destinadas para propósitos especiales		
Toldos y carpas	i	i
Construcción en lona apoyada sobre una estructura ligera	0.24 (no reduc.)	
Todas las demás	1.00	
Elementos principales expuestos a áreas de trabajo		8.90
Carga puntual en los nudos inferiores de la celosía de cubierta, miembros estructurales que soportan cubiertas sobre fábricas, bodegas y talleres de reparación vehicular		1.40
Todos los otros usos		1.40
Todas las superficies de cubiertas sujetas a mantenimiento de trabajadores		
En la región andina y sus estribaciones, desde una cota de 1000 m sobre el nivel del mar, no se permite la reducción de carga viva en cubiertas para prevenir caídas de granizo o ceniza.		

Nota. Fuente NEC-SE-CG (2015), p. 27.

Para cubiertas metálicas no transitables se especifica una carga básica nominal uniformemente distribuida (sin reducción) de:

- $Lr_{cubierta} = 70.000 \text{ kg/cm}^2$

2.3.3 Cargas de viento (W)

La normativa nacional NEC-SE-CG, 2015 considera al viento como una acción variable que debe analizarse especialmente para elementos de cubierta metálica, incluso si no actúa verticalmente y exige determinar una velocidad de diseño del viento para las zonas del proyecto, que no debe ser menor a 21 m/s como mínimo y ajustarla con coeficientes bajo ciertas consideraciones, ya que la acción del viento genera presiones y succiones que afectan las láminas, cerchas, fijaciones y anclajes, por lo que debe calcularse para el análisis estructural lateral y cargas gravitacionales equivalentes.

Carga de Viento (W): Se diseña para la velocidad de viento más desfavorable:

- $V = 100 \text{ km/h}$
- $C_{viento} = 100 \text{ km/h} = 27,78 \text{ m/s}$

2.3.3.1 Velocidad corregida del viento

Según las normativas NEC-SE-GC, 2015 y ASCE 7-16, debemos tomar en cuenta los coeficientes de corrección que ajustan la velocidad básica del viento para obtener la carga de diseño real ejercida sobre la estructura, mediante la siguiente ecuación:

$$V_b = V \cdot \sigma$$

De dónde:

V_b : velocidad corregida del viento en m/s;

V : velocidad instantánea máxima del viento en m/s, registrada a 10 m de altura sobre el terreno

σ : Coeficiente de corrección (véase. Tabla 7).

Tabla 7

Coeficiente de corrección δ

Altura (m)	Sin obstrucción (Categoría A)	Obstrucción baja (Categoría B)	Zona edificada (Categoría C)
5	0.91	0.86	0.80
10	1.00	0.90	0.80
20	1.06	0.97	0.88
40	1.14	1.03	0.96
80	1.21	1.14	1.06
150	1.28	1.22	1.15

Nota. Fuente NEC-SE-CG (2015), p. 15.

De donde:

Categoría A (sin obstrucción): edificios frente al mar, zonas rurales o espacios abiertos sin obstáculos topográficos.

Categoría B (obstrucción baja): edificios en zonas suburbanas con edificación de baja altura, promedio hasta 10m.

Categoría C (zona edificada): zonas urbanas con edificios de altura.

De entre estas categorías que la norma nos indica, la que se ajusta a las características del terrero es la denominada:

- **Categoría A**, a una altura de **10m**

2.3.3.2 Cálculo de la presión del viento

Se debe considerar la fuerza perpendicular que actúa sobre la envolvente y la estructura de la edificación, denominada como Presión del viento **P** mediante la siguiente expresión:

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_b^2 \cdot C_e \cdot C_f$$

Donde:

P = Presión de cálculo expresada en N/m^2

ρ = Densidad del aire expresada en kg/m^3 . En general, se puede adoptar $1,25 \frac{kg}{m^3}$

C_e = Coeficiente de entorno/altura (véase. Tabla 8).

C_f = Coeficiente de forma (véase. Tabla 9).

Tabla 8

Coeficiente de entorno/altura

ENTORNO DEL EDIFICIO	Altura del elemento sobre el nivel del suelo exterior (m)					
	3	5	10	20	30	50
Centro de grandes ciudades.	1.63	1.63	1.63	1.63	1.68	2.15
Zonas urbanas.	1.63	1.63	1.63	1.96	2.32	2.82
Zonas rurales.	1.63	1.63	1.89	2.42	2.75	3.20
Terreno abierto sin obstáculos.	1.63	1.93	2.35	2.81	3.09	3.47

Nota. Fuente NEC-SE-CG (2015)

Tabla 9*Determinación del factor de forma*

Construcción	Barlovento	Sotavento
Superficies verticales de edificios	+0.8	
Anuncios, muros aislados, elementos con una dimensión corta en el sentido del viento	+1.5	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección circular o elíptica	+0.7	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección cuadrada o rectangular	+2.0	
Arcos y cubiertas cilíndricas con un ángulo de inclinación que no exceda los 45°	+0.8	-0.5
Superficies inclinadas a 15° o menos	+0.3 a 0	-0.6
Superficies inclinadas entre 15° y 60°	+0.3 a +0.7	-0.6
Superficies inclinadas entre 60° y la vertical	+0.8	-0.6

Nota. Fuente NEC-SE-CG (2015), p. 16

- El signo positivo (+) indica presión
- El signo negativo (-) indica succión

2.4 CARGAS Y COMBINACIONES DE CARGAS PARA GRADERIOS

2.4.1 Cargas permanentes (D)

O también llamadas Cargas muertas, este cálculo estará constituido por los pesos de todos los elementos estructurales, tales como: muros, paredes, recubrimientos, instalaciones sanitarias, eléctricas, mecánicas, máquinas y todo artefacto integrado permanentemente a la estructura (NEC-SE-CG, 2015)

Estas serán calculadas de acuerdo a las dimensiones geométricas del graderío y de la densidad de los materiales que los componen, más la suma de la carga muerta de cubierta.

Tabla 10

Pesos unitarios de materiales de construcción

Material	Peso unitario kN/m³
Piedras artificiales	
Hormigón armado	24.0
Hormigón simple	23.0
Bloque hueco de hormigón	12.0

Nota. Fuente NEC-SE-CG (2015), pp. 21.

2.4.2 Cargas vivas (L)

Estas fuerzas son de carácter gravitacional móviles, temporales o variables en intensidad y posición a lo largo de la vida útil de la estructura. Se originan por el uso y ocupación previsto y comprenden el peso de las personas, el mobiliario no fijo, equipos desplazables y el almacenamiento temporal de mercancías o materiales.

En la Norma Ecuatoriana de la Construcción se especifica la carga viva recomendada según ocupación o uso, por lo tanto:

Tabla 11

Sobrecargas mínimas uniformemente distribuidas, L_0 , y concentradas P_0

Ocupación o Uso	Carga uniforme (kN/m ²)	Carga concentrada (kN)
Estadios y coliseos		
Graderíos	4.80 ^d	
Asientos fijos	3.00 ^d	
^d Adicional a las cargas vivas verticales, el diseño incluirá fuerzas horizontales aplicadas a cada fila de asientos, como sigue: • 400 N/m en dirección paralela, • 150 N/m en dirección perpendicular. Estas fuerzas no serán consideradas en forma simultánea.		

Nota. Fuente NEC-SE-CG (2015), p. 28.

La normativa ASCE 7-16, nos indica que en el caso de los graderíos no se debe aplicar factores de reducción de cargas

Tabla 12

Cargas vivas mínimas uniformemente distribuidas L_0 y cargas vivas concentradas mínimas

Ocupación o Uso	Uniforme, libras por pie cuadrado (kN/metro)	Carga viva ¿Reducción permitida? (Seg. No.)	Múltiples pisos en vivo Reducción de carga ¿Permitido? (Seg. No.)	Concentrado libras (kN)
Apartamentos (Ver Residencial)				
Sistemas de piso de acceso				
Uso en oficina	50 (2,40)	Sí (4.7.2)	Sí (4.7.2)	2.000 (8,90)
uso de la computadora	100 (4,79)	Sí (4.7.2)	Sí (4.7.2)	2.000 (8,90)
Armerías y salas de perforación	150 (7.18)	No (4.7.5)	No (4.7.5)	
Áreas de montaje				
Butacas fijas (fijadas al suelo)	60 (2,87)	No (4.7.5)	No (4.7.5)	
Vestíbulos	100 (4,79)	No (4.7.5)	No (4.7.5)	
Asientos móviles	100 (4,79)	No (4.7.5)	No (4.7.5)	
Plataformas (montaje)	100 (4,79)	No (4.7.5)	No (4.7.5)	
Suelos de escenario	150 (7.18)	No (4.7.5)	No (4.7.5)	
Revisión de stands, tribunas y graderío	100 (4,79)	No (4.7.5)	No (4.7.5)	
Estadios y arenas con asientos fijos (fijado al suelo) Otras	60 (2,87)	No (4.7.5)	No (4.7.5)	
zonas de montaje	100 (4,79)	No (4.7.5)	No (4.7.5)	

Nota. Fuente ASCE 7-16, p. 14.

2.4.3 Combinaciones de cargas para el diseño por última resistencia

Las combinaciones de carga son las sumas ponderadas de las distintas acciones gravitacionales, laterales y ambientales que actuarán de manera simultánea sobre los graderíos durante su vida útil, su propósito principal es establecer el escenario más desfavorable de solicitaciones (momentos flectores, esfuerzos cortantes, cargas axiales) para garantizar que la estructura responda con seguridad frente a la superposición realista de eventos (NEC-SE-CG, 2015).

Mediante el método conocido como LRFD (Load and Resistance Factor Design) verificaremos la seguridad de la estructura para asegurar que su resistencia útil sea siempre mayor que las demandas extremas a las que estará expuesta, aplicando los factores de mayoración a las cargas de servicio para obtener la carga última descritos a continuación:

Combinación 1: $1,4 D$

Combinación 2: $1,2 D + 1,6 L + 0.5 \max[Lr; S; R]$

Combinación 3: $1.2 D + 1.6 \max[Lr; S; R] + \max[L; 0.5W]$

Combinación 4: $1.2 D + 1.0 W + L + 0.5 \max[Lr; S; R]$

Combinación 5: $1.2 D + 1.0 E + L + 0.2 S$

Combinación 6: $0.9 D + 1.0 W$

Combinación 7: $0.9 D + 1.0 E$

Donde:

D: Carga permanente

L: Sobrecarga (carga viva)

Lr: Sobrecarga cubierta (carga viva)

W: Carga de viento

2.5 CONSIDERACIONES DE DISEÑO SISMORESISTENTE

2.5.1 Componentes horizontales de la carga sísmica: Espectros elásticos de diseño

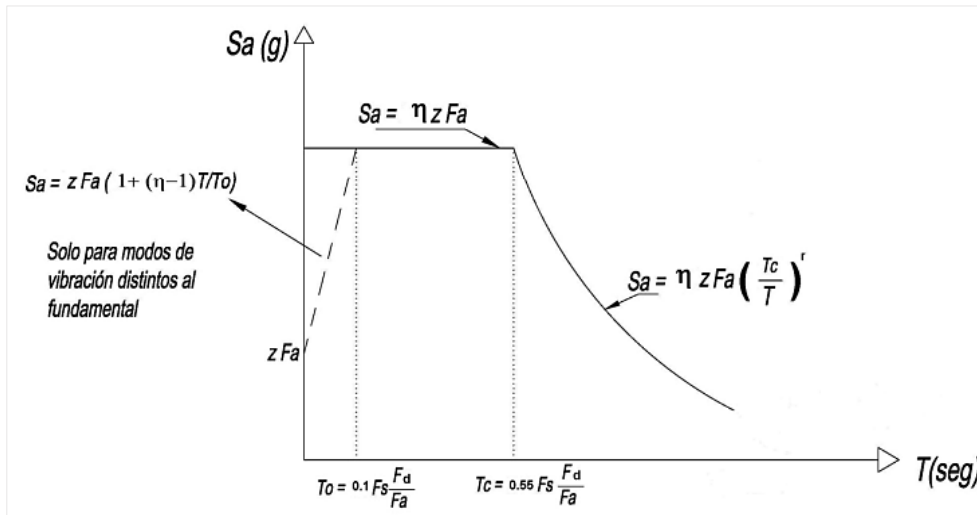
El espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones es una herramienta gráfica fundamental que utilizaremos para representar la respuesta de la estructura frente a las aceleraciones sísmicas en función de su período natural de vibración. Este espectro se construye bajo la premisa de que la estructura permanecerá en el rango elástico durante un evento sísmico, es decir, que no presentaría deformaciones plásticas ni daños permanentes.

Las normativas de diseño sísmico como la **NEC 15**, **ASCE 7** o **ACI 318** permiten reducir las fuerzas de diseño aprovechando la capacidad de la estructura para disipar energía a través de la deformación inelástica (ductilidad) mediante el factor de reducción de respuesta sísmica R , o factor de comportamiento inelástico, dado que en la fase de pre diseño estructural del pórtico de hormigón armado, el espectro elástico no se utiliza para hacer un análisis dinámico espectral completo en software, sino para estimar rápidamente las fuerzas sísmicas globales (basal y por nivel) y dimensionar preliminarmente las secciones.

Con esta base se aplicarán los factores de reducción de fuerza sísmica (factor R) que nos servirá para diseñar la estructura reduciendo costos, pero manteniendo un nivel controlado de daño ante sismos severos.

Ilustración 2

Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones



Nota. Fuente NEC-SE-DS (2015), p.33.

Donde:

η : Razón entre la aceleración espectral.

F_a : Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período corto.

F_d : Coeficiente de amplificación de suelo.

F_s : Coeficiente de amplificación de suelo.

S_a : Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad g).

T : Período fundamental de vibración de la estructura.

T_0 : Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

T_c : Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

Z : Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad g .

El gráfico de la Ilustración 2, pág: 29, se compone de dos ejes principales. El eje horizontal corresponde al período de vibración (T), que representa el tiempo que una estructura tarda en

completar un ciclo de vibración libre, el cual está directamente relacionado con características como la altura, la rigidez y la masa de la estructura, y se expresa en segundos (s). El eje vertical, por su parte, representa la aceleración espectral (S_a), definida como la aceleración máxima que experimenta una estructura con un determinado período de vibración como respuesta a un sismo. Esta aceleración se mide usualmente como una fracción de la aceleración de la gravedad (g).

ECUACIONES DEL ESPECTRO DE RESPUESTA ELÁSTICO

El espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones se consigue generalmente mediante varios factores fundamentales que influyen en la respuesta sísmica de una estructura. Y que, de manera simplificada, puede expresarse como:

$$S_a = \eta \cdot Z \cdot F_a \quad \text{Para } 0 \leq T \leq T_c$$

$$S_a = \eta \cdot Z \cdot F_a \cdot \left(\frac{T_c}{T}\right)^r \quad \text{Para } T > T_c$$

Donde:

η : Razón entre la aceleración espectral S_a ($T = 0.1$ s) y el PGA para el período de retorno seleccionado

r : Factor usado en el espectro de diseño elástico, cuyos valores dependen de la ubicación geográfica del proyecto

$r = 1$ para todos los suelos, con excepción del suelo tipo E

$r = 1.5$ para tipo de suelo E.

S_a : Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad g). Depende del período o modo de vibración de la estructura

T : Período fundamental de vibración de la estructura

T_c : Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño

Z : Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad g

Estas ecuaciones serán la base para el desarrollo de los espectros de diseño y para que cumplan la normativa sísmica la adaptaremos de acuerdo a la zona sísmica, tipo de suelo, nivel de riesgo sísmico y otros parámetros establecidos en las regulaciones de diseño estructural.

Tabla 13

Valores de la razón espectral

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

Nota. Fuente NEC-SE-DS (2015).

Los períodos de vibración límite denominados T_C y T_L se calculan mediante las siguientes fórmulas:

$$T_C = 0.55 F_S \frac{F_d}{F_a}$$

$$T_L = 2.4 F_d$$

Dónde:

T_C Es el período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

T_L Es el período límite de vibración utilizado para la definición de espectro de respuesta en desplazamiento

F_a Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período corto. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de aceleraciones para diseño en roca, considerando los efectos de sitio

F_d Coeficiente de amplificación de suelo. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio

F_S Coeficiente de amplificación de suelo. Considera el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del período del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la

excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos

2.5.2 Categoría de edificio y coeficiente de importancia.

Con el coeficiente de importancia (I) buscamos incrementar las exigencias sísmicas del graderío, ya que debido al tipo de uso requiere que se mantenga operativo o sufra daños mínimos durante y después de un sismo (NEC-SE-DS, 2015). Esto resalta la importancia no solo de garantizar la integridad estructural, sino también la operatividad post sísmica de dichas edificaciones. (NEC SE-DS, 2015).

Tabla 14

Categoría de utilización, propósito e importancia de la estructura

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

Nota. Fuente NEC-SE-DS (2015), p. 39.

2.5.3 Ductilidad y factor de reducción de resistencia sísmica R.

Con el objetivo de disminuir el riesgo sísmico uno de los parámetros de diseño sismorresistente más importantes es el Coeficiente de Reducción de Respuesta Estructural o Factor R, el cual es establecido en nuestro país por la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC-11), utilizado para reducir la intensidad de las fuerzas sísmicas elásticas a fuerzas inelásticas aplicadas, con lo cual

influye en el desempeño de la estructura ante un sismo severo, definiendo su capacidad de resistencia lateral (Pinoargote Rovello, 2014)

Por lo tanto, se crea zonas de debilidad controlada donde se permita la falla localizada bajo eventos sísmicos severos, protegiendo así la integridad general de la estructura.

Tabla 15

Coficiente R para sistemas estructurales dúctiles y de ductilidad limitada

Sistemas Estructurales Dúctiles	R
Sistemas Duales	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas y con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras (sistemas duales).	8
Pórticos especiales sismo resistentes de acero laminado en caliente, sea con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas) o con muros estructurales de hormigón armado.	8
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas).	8
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras.	7
Pórticos resistentes a momentos	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas.	8
Pórticos especiales sismo resistentes, de acero laminado en caliente o con elementos armados de placas.	8
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente.	8
Otros sistemas estructurales para edificaciones	
Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado.	5
Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas banda.	5

Nota. Fuente NEC-SE-DS (2015), p. 64-65.

2.5.4 Cortante basal de diseño.

El cortante basal es la fuerza total de corte horizontal que actúa en la base de una estructura como resultado de la acción sísmica. Representa la suma de las fuerzas inerciales generadas por las masas de todos los niveles superiores durante un sismo. Se calcula aplicando un análisis sísmico estático o dinámico, y su magnitud depende de la masa total del edificio, la aceleración sísmica esperada y

las propiedades dinámicas de la estructura. El cortante basal es fundamental para dimensionar correctamente los elementos estructurales de la base y su sistema de cimentación.

$$V = \frac{I \cdot S_a \cdot (T_a)}{\phi_p \cdot \phi_E \cdot \phi_P}$$

Donde:

S_a (T_a): Espectro de diseño en aceleración.

Ø_P y Ø_E: Coeficientes de configuración en planta y elevación.

I: Coeficiente de importancia.

R: Factor de reducción de resistencia sísmica.

V: Cortante basal total de diseño W Carga sísmica reactiva.

T_a: Período de vibración.

2.5.5 Período de vibración T

El tiempo requerido para que un sistema complete un ciclo de vibración libre es el periodo natural de vibración del sistema, que se denomina como *T* (Chopra, s. f.) es decir ida y regreso a su posición inicial tras una perturbación. Depende de la rigidez (rigidez lateral) y de la masa de la estructura. Se expresa en segundos (s), y se usa para determinar las fuerzas sísmicas aplicables según los espectros de diseño. Un período corto indica una estructura rígida, mientras que un período largo refleja una estructura flexible.

$$T = C_t \cdot h_n^\alpha$$

Dónde:

C_t = Coeficiente que depende del tipo de edificio.

h_n^α = Altura máxima de la edificación de n pisos, medida desde la base de la estructura, en metros.

T = Período de vibración.

Tabla 16

Coeficiente C_t y α de acuerdo con el tipo de estructura

Tipo de estructura	C_t	α
Estructuras de acero		
Sin arriostramientos	0.072	0.8
Con arriostramientos	0.073	0.75
Pórticos especiales de hormigón armado		
Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras	0.055	0.9
Con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural	0.055	0.75

Nota. Fuente NEC-SE-DS (2015), p. 62.

2.5.6 Regularidad Estructural

Según las normas sismo resistentes, es recomendable diseñar y construir estructuras con geometrías simétricas tanto en planta como en elevación, ya que este tipo de estructuras tiene caminos bien definidos de transmisión de fuerzas entre los elementos estructurales, distribuyendo de manera uniforme los esfuerzos y disminuyendo la probabilidad de daños durante un sismo. Y las formas complejas, irregulares o asimétricas causan un mal comportamiento cuando la edificación es sacudida por un sismo (Coveña Muñoz, 2022)

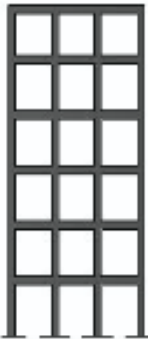
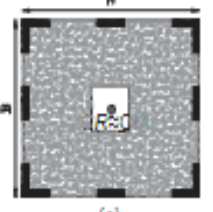
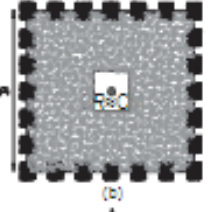
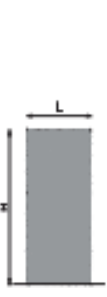
Según las normas de diseño sismorresistente como la NEC-SE-DS o el código ASCE 7, cualquier estructura que deba resistir fuerzas laterales sísmicas debe clasificarse como regular e irregular. En los graderíos de estadios o coliseos la regularidad estructural aplica obligatoriamente, y en este proyecto se evalúa con criterios particulares que propician la irregularidad de manera natural debido a:

- Su geometría inclinada: Variación de altura de las columnas a lo largo del perfil del graderío que altera la rigidez de un pórtico a otro.
- Grandes masas en inclinación: El peso del hormigón y el público se concentra en un plano inclinado.
- Luces amplias: Se diseñará a base de pórticos de grandes luces.

Mediante confirmación en la Tabla 11 de la NEC 15 mostrada a continuación, la configuración del graderío no logra un adecuado desempeño sísmico.

Tabla 17

Configuraciones estructurales recomendada

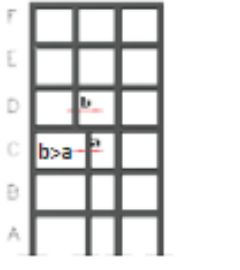
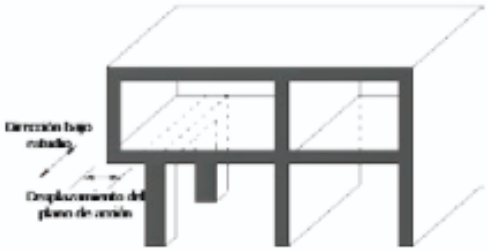
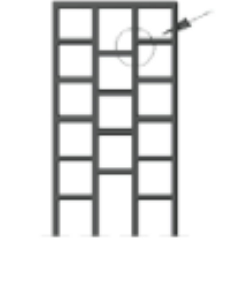
CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN $\phi_E=1$		CONFIGURACIÓN EN PLANTA $\phi_P=1$	
La altura de entrepiso y la configuración vertical de sistemas aporticados, es constante en todos los niveles. $\phi_E=1$		La configuración en planta ideal en un sistema estructural es cuando el Centro de Rigidez es semejante al Centro de Masa. $\phi_P=1$	 (a)  (b)  (c)
La dimensión del muro permanece constante a lo largo de su altura o varía de forma proporcional. $\phi_E=1$	 (a)  (b)		

Nota. Fuente NEC-SE-DS (2015), p. 48.

Y tiene similitud tanto en planta, como en elevación a las configuraciones no recomendadas mostradas a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 18

Configuraciones estructurales no recomendadas

IRREGULARIDADES EN ELEVACIÓN		IRREGULARIDADES EN PLANTA
Ejes verticales discontinuos o muros soportados por columnas. La estructura se considera irregular no recomendada cuando existen desplazamientos en el alineamiento de elementos verticales del sistema resistente, dentro del mismo plano en el que se encuentran, y estos desplazamientos son mayores que la dimensión horizontal del elemento.		Desplazamiento de los planos de acción de elementos vertical. Una estructura se considera irregular no recomendada cuando existen discontinuidades en los ejes verticales, tales como desplazamientos del plano de acción de elementos verticales del sistema resistente.
Piso débil-Discontinuidad en la resistencia. La estructura se considera irregular no recomendada cuando la resistencia del piso es menor que el 70% de la resistencia del piso inmediatamente superior, (entendiéndose por resistencia del piso la suma de las resistencias de todos los elementos que comparten el cortante del piso para la dirección considerada).	 RESISTENCIA PISO B < 0.70 RESISTENCIA PISO C	
Columna corta Se debe evitar la presencia de columnas cortas, tanto en el diseño como en la construcción de las estructuras.		

Nota. Fuente NEC-SE-DS (2015), p. 49.

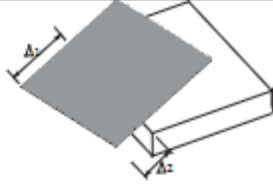
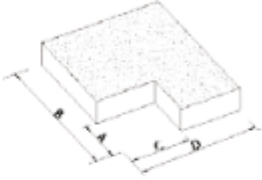
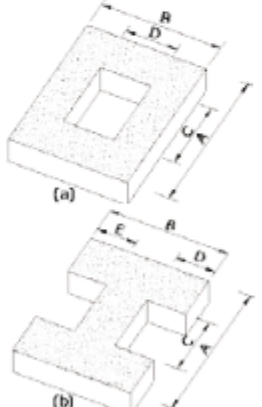
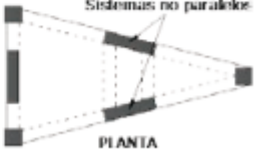
Por lo tanto, debemos demostrar que la estructura de hormigón armado presentará un adecuado desempeño sísmico.

COEFICIENTE DE CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL EN PLANTA ϕ_p

A partir de las características de regularidad e irregularidad de las plantas en la estructura, descritas en la siguiente Tabla 19, se calculará el coeficiente de configuración en planta:

Tabla 19

Coeficiente de irregularidad en planta

Tipo 1 - Irregularidad torsional $\phi_p = 0.9$ $\Delta > 1.2 \frac{(\Delta_1 + \Delta_2)}{2}$ Existe irregularidad por torsión, cuando la máxima deriva de piso de un extremo de la estructura calculada incluyendo la torsión accidental y medida perpendicularmente a un eje determinado, es mayor que 1,2 veces la deriva promedio de los extremos de la estructura con respecto al mismo eje de referencia. La torsión accidental se define en el numeral 6.4.2 del presente código.	
Tipo 2 - Retrocesos excesivos en las esquinas $\phi_p = 0.9$ $A > 0.15B$ y $C > 0.15D$ La configuración de una estructura se considera irregular cuando presenta entrantes excesivos en sus esquinas. Un entrante en una esquina se considera excesivo cuando las proyecciones de la estructura, a ambos lados del entrante, son mayores que el 15% de la dimensión de la planta de la estructura en la dirección del entrante.	
Tipo 3 - Discontinuidades en el sistema de piso $\phi_p = 0.9$ a) $C \times D > 0.5A \times B$ b) $[C \times D + C \times E] > 0.5A \times B$ La configuración de la estructura se considera irregular cuando el sistema de piso tiene discontinuidades apreciables o variaciones significativas en su rigidez, incluyendo las causadas por aberturas, entrantes o huecos, con áreas mayores al 50% del área total del piso o con cambios en la rigidez en el plano del sistema de piso de más del 50% entre niveles consecutivos.	
Tipo 4 - Ejes estructurales no paralelos $\phi_p = 0.9$ La estructura se considera irregular cuando los ejes estructurales no son paralelos o simétricos con respecto a los ejes ortogonales principales de la estructura.	
Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación.	

Nota. Fuente NEC-SE-DS (2015), p. 50

Para calcular el coeficiente de configuración en planta, se utilizará la expresión:

$$\Phi_P = \Phi_{PA} \cdot \Phi_{PB}$$

De donde:

Φ_P : Coeficiente de regularidad en planta

Φ_{PA} : Mínimo valor Φ_{Pi} de cada piso i de la estructura en el caso de irregularidades topo 1, 2 y/o 3.

Φ_{PB} : Mínimo valor Φ_{Pi} de cada piso i de la estructura en el caso de irregularidades tipo 4.

Φ_{Pi} : Coeficiente de configuración en planta

Sin embargo, nuestra estructura no contempla ninguno de los tipos de irregularidades descritas en la Tabla anterior en ninguno de los pisos, por lo tanto, Φ_P tomará el valor de 1 y se le considerará como regular en planta.

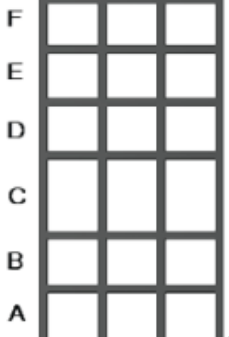
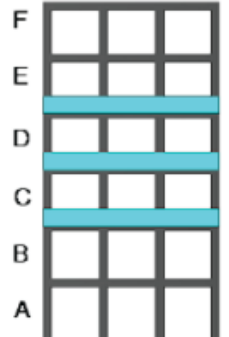
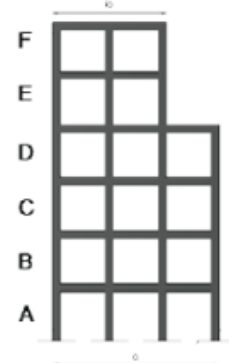
- $\Phi_P = 1$

COEFICIENTE DE CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL EN ELEVACIÓN Φ_E

El coeficiente Φ_E se estimará a partir del análisis de las características de regularidad e irregularidad en elevación de la estructura, descritas en la siguiente Tabla de NEC-SE-DS, 2015

Tabla 20

Coeficientes de irregularidad en elevación

Tipo 1 - Piso flexible $\phi_E=0.9$ Rigidez $K_c < 0.70$ Rigidez K_D $Rigidez < 0.80 \frac{(K_D + K_E + K_F)}{3}$ La estructura se considera irregular cuando la rigidez lateral de un piso es menor que el 70% de la rigidez lateral del piso superior o menor que el 80 % del promedio de la rigidez lateral de los tres pisos superiores.	
Tipo 2 - Distribución de masa $\phi_E=0.9$ $m_D > 1.50 m_E$ ó $m_D > 1.50 m_C$ La estructura se considera irregular cuando la masa de cualquier piso es mayor que 1,5 veces la masa de uno de los pisos adyacentes, con excepción del piso de cubierta que sea más liviano que el piso inferior.	
Tipo 3 - Irregularidad geométrica $\phi_E=0.9$ $a > 1.3 b$ La estructura se considera irregular cuando la dimensión en planta del sistema resistente en cualquier piso es mayor que 1,3 veces la misma dimensión en un piso adyacente, exceptuando el caso de los altillos de un solo piso.	
Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación.	

Nota. Fuente NEC-SE-DS (2015), pág. 51

Y se utilizará la expresión:

$$\phi_E = \phi_{EA} \cdot \phi_{EB}$$

De dónde:

ϕ_E : Coeficiente de regularidad en elevación

ϕ_{EA} : Mínimo valor ϕ_{Ei} de cada piso i de la estructura, en el caso de irregularidades tipo 1; ϕ_{Ei} en cada piso se calcula como el mínimo valor expresado por la tabla para la irregularidad tipo 1

ϕ_{EB} : Mínimo valor ϕ_{Ei} de cada piso i de la estructura, en el caso de irregularidades tipo 1; ϕ_{Ei} en cada piso se calcula como el mínimo valor expresado por la tabla para la irregularidad tipo 2 y/o 3

ϕ_{Ei} : Coeficiente de configuración en elevación

Según los parámetros de esta tabla tenemos que considerar que nuestro proyecto consta de piso flexible e irregularidad geométrica, por lo tanto:

$$\phi_E = \phi_{EA} \cdot \phi_{EB}$$

$$\phi_E = 0,90 \cdot 0,90$$

- $\phi_E = 0,8$

2.5.7 Configuración Estructural

La configuración estructural hace referencia a la forma, distribución espacial y características geométricas de los elementos estructurales que lo componen (columnas, vigas, graderíos, elementos de cubierta, etc.). Incluye aspectos como la regularidad en planta y en altura, la simetría, la continuidad de los elementos resistentes y la distribución de masas y rigideces. Una buena configuración estructural, regular y simétrica, permite una respuesta sísmica más favorable, minimizando torsiones no deseadas y concentraciones de esfuerzos, mientras que una mala configuración puede generar comportamientos inesperados o colapsos parciales.

Es evidente que la configuración estructural queda en buena parte definida por el proyecto arquitectónico. Es por ello que en esta etapa el responsable del proyecto estructural debe hacer consciente al responsable del proyecto arquitectónico de las necesidades mínimas de rigidez, resistencia y regularidad que requiere la estructura y de las consecuencias que tienen algunas decisiones arquitectónicas en el comportamiento estructural (Bazán & Meli, 2000).

2.6 NORMATIVAS APLICADAS AL DISEÑO ESTRUCTURAL

2.6.1 Specification for Structural Steel Buildings AISC 360

La AISC 360 es una normativa técnica desarrollada por el American Institute of Steel Construction que establece los requisitos para el análisis, diseño y verificación de estructuras de acero en edificaciones.

En términos generales, esta especificación define los criterios para dimensionar elementos estructurales como vigas, columnas, cerchas y conexiones, asegurando que cumplan con condiciones de seguridad, estabilidad y servicio. La norma se basa en dos enfoques principales de diseño: el método LRFD (Load and Resistance Factor Design) y el método ASD (Allowable Strength Design), los cuales consideran factores de carga y resistencia o esfuerzos permisibles, respectivamente.

Además, la AISC 360 aborda aspectos clave como el comportamiento ante cargas (muertas, vivas, viento y sismo), la verificación de estados límite, el control del pandeo y otras formas de inestabilidad, así como el diseño de conexiones estructurales (soldadas y atornilladas).

En el contexto de proyectos estructurales, esta normativa es fundamental para garantizar que las estructuras metálicas sean seguras, eficientes y cumplan con estándares internacionales de ingeniería.

2.6.2 American Concrete Institute 318

El ACI 318, titulado "Building Code Requirements for Structural Concrete", es una normativa estadounidense que establece los requisitos de diseño, construcción e inspección para estructuras de concreto armado y presforzado. Publicada por primera vez en 1910, ha evolucionado para incorporar avances en materiales, técnicas de diseño y criterios de seguridad estructural. Este código se basa en el concepto de diseño por factores de carga y resistencia (Load and Resistance Factor Design - LRFD), donde se busca garantizar la seguridad de las estructuras bajo condiciones de carga máximas esperadas. Dentro de sus disposiciones específicas se encuentran los requisitos

de resistencia mínima del concreto y acero, la configuración y cuantía de refuerzo, la verificación de resistencia a flexión, cortante y torsión, el control de fisuración y deflexiones, así como los requisitos de durabilidad dependiendo de la exposición ambiental (ACI 318-19, 2019). Para el diseño de graderíos, resulta especialmente relevante el capítulo 9 de ACI 318 relacionado con el diseño de miembros a flexión y cortante, y el capítulo 24 de ACI 318 sobre requisitos de serviciabilidad.

2.6.3 American Society of Civil Engineers 7

La norma ASCE 7, en su versión actual establece los criterios mínimos para la determinación de cargas estructurales, incluyendo carga muerta, carga viva, carga de viento, carga sísmica y otras cargas accidentales. Esta normativa proporciona metodologías detalladas para calcular las magnitudes de carga que una estructura debe resistir durante su vida útil de diseño, distinguiendo entre diferentes tipos de ocupación y uso, y asignando factores de importancia sísmica y de viento que incrementan las exigencias de diseño para estructuras públicas, como los escenarios deportivos. Para la cubierta metálica, tal normativa establece procedimientos específicos para la determinación de presiones de viento sobre superficies inclinadas o curvas, así como combinaciones de carga que incluyen efectos dinámicos (ASCE 7-22, 2022)

2.6.4 Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015

La Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2015) adapta las mejores prácticas internacionales a las condiciones sísmicas, geotécnicas y climáticas del Ecuador. Esta norma recopila y armoniza disposiciones de documentos como el ACI 318, el ASCE 7 y el AISC 360, incorporando además consideraciones particulares para zonas de alta sismicidad y suelos de baja capacidad portante, frecuentes en el país. Dentro de la NEC, los capítulos más relevantes para este proyecto son el NEC-SE-CG (cargas no sísmicas), el NEC-SE-DS (diseño sísmico), el NEC-SE-HM (estructuras de hormigón armado). Es un instrumento de carácter técnico-normativo establece criterios mínimos de clasificación sísmica, categorías de ocupación y requisitos de ductilidad que influyen directamente en la selección del sistema estructural y los factores de diseño (Ministerio de Infraestructura y Tecnología, 2015)

2.7 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El tipo y nivel de investigación constituyen las primeras consideraciones esenciales al diseñar la metodología adecuada para abordar las variables planteadas en el estudio. Elegir correctamente ambos aspectos es fundamental para responder de manera efectiva al problema de investigación.

2.7.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación se define en función del propósito y el enfoque adoptado (Ramos-Galarza, 2021). Generalmente, se distingue entre investigaciones básicas, orientadas a generar conocimiento teórico, e investigaciones aplicadas, enfocadas en resolver necesidades prácticas.

Este estudio se clasifica como investigación aplicada, dado que su finalidad es analizar y aplicar el adecuado criterio de diseño estructural y constructivo en graderíos deportivos, con el que lograremos soluciones eficientes y adaptadas a las necesidades de infraestructura.

2.7.2 Nivel de investigación.

El nivel de investigación hace referencia a la profundidad del análisis sobre el fenómeno de estudio (Cauas, 2013). Entre los niveles comunes se encuentran el exploratorio, descriptivo, correlacional y explicativo.

En esta investigación se combinan distintos niveles. Es correlacional, porque busca identificar la relación entre variables como el tipo de estructura, costos y tiempos de ejecución. También es descriptiva, ya que realizaremos un análisis y pre dimensionamiento detallado del sistema estructural, sus características, materiales y métodos constructivos.

2.8 MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Estos tres elementos son cruciales para garantizar un desarrollo metodológico riguroso y sistemático en el estudio.

2.8.1 Método

El método de investigación comprende las estrategias y técnicas empleadas para la recolección y análisis de datos (Rodríguez Jiménez & Pérez Jacinto, 2017). De forma general, se puede optar por métodos cualitativos, cuantitativos o mixtos. En este caso, se utilizará un método cuantitativo, ya que el análisis se basará en datos numéricos relativos a dimensiones de construcción de graderíos y costos referenciales.

2.8.2 Enfoque

El enfoque de la investigación se refiere a la perspectiva general para abordar el estudio, que puede ser cualitativo, cuantitativo o mixto (Esteban Nieto, 2018). Aquí, el enfoque cuantitativo predomina, dado que se recolectan datos numéricos (cargas, propiedades mecánicas de materiales, aceleraciones espectrales) y se aplican normas técnicas para definir el comportamiento estructural adecuado.

2.8.3 Diseño de la Investigación

El diseño de la investigación consiste en la estructura metodológica adoptada para abordar el problema (Arias, 2012). Y este está definido como No experimental / Transversal, debido a que no se manipulan variables intencionalmente en laboratorio, sino que se analiza el comportamiento de la estructura modelada bajo combinaciones de carga estáticas y dinámicas en un momento determinado.

CAPÍTULO III

METODOLOGIA

3.1 METODOLOGÍA PARA EL OE.1: DESARROLLAR EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO PRELIMINAR DE LOS GRADERÍOS, CONSIDERANDO ASPECTOS FUNCIONALES, ESTÉTICOS Y DE CONFORT PARA LOS USUARIOS DEL ESCENARIO DEPORTIVO.

La presente metodología establece el procedimiento para desarrollar el diseño arquitectónico preliminar de los graderíos del escenario deportivo que se localiza dentro del campus universitario de la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE), en el cantón La Libertad, provincia de Santa Elena, Ecuador. El proceso comprende el análisis de las necesidades de los usuarios, la revisión de la normativa vigente, la definición de criterios de diseño para brindar una propuesta arquitectónica adecuada mediante la integración estética, seguridad estructural y protección climática para los espectadores.

3.1.1 NORMATIVAS APLICADAS AL DISEÑO.

Desde el punto de vista normativo, el cantón La Libertad no dispone de ordenanzas municipales específicas sobre edificabilidad para equipamientos deportivos o arquitectura institucional universitaria. Debido a esta carencia se incorporó ciertos criterios establecidos por la **Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2247:2016**, que establece los requisitos mínimos de accesibilidad al medio físico para personas con discapacidad o movilidad reducida. Esta norma define la provisión de espacios accesibles, dimensiones de pasillos y condiciones de seguridad, que fueron considerados en el diseño arquitectónico del graderío con el objetivo de garantizar inclusión y cumplimiento legal.

Asimismo, se consideraron principios normativos internacionales como los establecidos en el **International Building Code (IBC 2021)** y la **NFPA 101 Life Safety Code**, los cuales proporcionan recomendaciones para el diseño seguro de espacios públicos, como el ancho mínimo

de rutas de evacuación, la disposición de escaleras, la resistencia al fuego de materiales y la separación de sectores. Si bien estas normativas no son de cumplimiento obligatorio en Ecuador, constituyen referentes de buenas prácticas ampliamente reconocidos que complementan y enriquecen los criterios de diseño, especialmente en lo que respecta a la seguridad de los ocupantes en estructuras con aforo considerable, la adopción de estas normativas responde a la necesidad de dotar al campus universitario de una infraestructura deportiva segura, funcional, accesible y alineada con estándares nacionales e internacionales de calidad arquitectónica y técnica.

3.1.2 UBICACIÓN DEL PROYECTO:

El graderío se ubica en la ciudadela universitaria, la Matriz de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, la ubicación específica del escenario deportivo es frente a la facultad de Ciencias de la Ingeniería y lateral al Centro de Idiomas de la UPSE, actualmente cuenta con la siguiente infraestructura: cancha de césped natural y graderíos de hormigón armado en el norte de la cancha.

Ilustración 3

Ubicación del proyecto en ciudadela universitaria



3.1.3 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN EN SITIO.

Con el objetivo de contextualizar correctamente el diseño arquitectónico, se realizó una visita técnica al sitio de implantación, donde se identificaron las condiciones físicas del terreno, las conexiones con las vías internas del campus, los flujos peatonales predominantes y las edificaciones adyacentes. Se determinaron además la orientación solar y la dirección de los vientos dominantes, variables fundamentales para la correcta disposición de la cubierta y los accesos del graderío. Esta inspección permitió ajustar el planteamiento general al entorno inmediato y establecer criterios preliminares de diseño en cuanto a distribución, acceso, visibilidad y orientación.

La delimitación geográfica del área de estudio se estableció mediante coordenadas georreferenciadas en el sistema UTM WGS84, zona 17S, correspondientes al perímetro de la cancha de césped natural dentro del campus de la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE). El polígono definido comprende los siguientes vértices:

Tabla 21

Coordenadas de proyecto

Punto	E	N
P1	513216.507	9753160.167
P2	513294.541	9753153.795
P3	513215.856	9753152.193
P4	513293.890	9753145.822

Nota. Fuente Elaboración propia

Estas coordenadas permitieron delimitar el polígono de base para el posterior levantamiento topográfico y modelado tridimensional. La verificación de campo se realizó mediante inspección directa, identificando elementos relevantes tales como accesos, vegetación existente, edificaciones colindantes y puntos de conexión con la red interna vial y peatonal del campus. Esta información se utilizó para establecer criterios de emplazamiento del graderío, orientación respecto a la

incidencia solar, accesibilidad peatonal y continuidad espacial con la infraestructura deportiva existente.

Ilustración 4

Fotogrametría aérea y poligonales del levantamiento topográfico



3.1.4 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Para la obtención precisa de las características geométricas del terreno, se ejecutó un levantamiento topográfico mediante estación total. Se establecieron puntos, distribuidos en el perímetro del área de intervención. El levantamiento permitió obtener coordenadas tridimensionales (X, Y, Z) necesarias para la generación de curvas de nivel con equidistancia de 10 metros. Esta información fue utilizada para modelar el terreno y evaluar las pendientes, lo cual resultó determinante para ubicar las cimentaciones, escalones y accesos de manera adecuada.

3.1.4.1 Fotogrametría

De forma complementaria, se realizó un levantamiento aero fotogramétrico mediante un dron DJI Air 2S, el cual voló a una altura de 30 metros sobre el nivel del terreno, siguiendo una trayectoria preprogramada que garantizó una cobertura total del área. Las imágenes capturadas fueron procesadas mediante el software Agisoft Metashape, generando una ortofoto georreferenciada de

alta resolución y un modelo digital del terreno (MDT). Esta ortofoto sirvió como base cartográfica precisa para la implantación del diseño arquitectónico y la integración de este con el entorno edificado.

3.1.4.2 Análisis Solar

Con el fin de optimizar el diseño en función del confort térmico y visual de los usuarios, se realizó un estudio de asoleamiento mediante la herramienta digital *ShadowMap*, configurada para la latitud de la ciudad de La Libertad y la fecha del 10 de mayo de 2025, correspondiente a un periodo de actividad académica típica. El análisis muestra que la incidencia solar máxima se produce aproximadamente a las 12:02 p. m., con una altitud solar de 69.6° y orientación del sol desde el norte hacia el sur.

Ilustración 5

Análisis solar



La visualización circular indica los ángulos de entrada solar durante todo el día, determinándose que las horas de mayor radiación directa sobre el graderío se concentran entre las 9:30 y las 15:30. Con base en esta información, se definió la orientación y diseño de la cubierta metálica a una sola caída, de forma que la proyección de sombra abarque completamente la zona de espectadores durante los horarios de mayor exposición, reduciendo el deslumbramiento y el estrés térmico.

La orientación predominante del graderío mantiene su eje longitudinal este-oeste, lo cual es congruente con las recomendaciones para instalaciones deportivas abiertas en climas cálidos, permitiendo una protección solar eficiente sin comprometer la ventilación natural.

3.1.5 DESARROLLO ARQUITECTÓNICO DEL GRADERÍO

La propuesta arquitectónica se desarrolla en un área de 612 m² y contempla una estructura con una longitud total de 76,50 metros y de 8 metros de profundidad, valor que incluye el espacio útil para circulación, escalinatas laterales y descansos, separado por 1,5 m desde el área delimitada para la práctica deportiva.

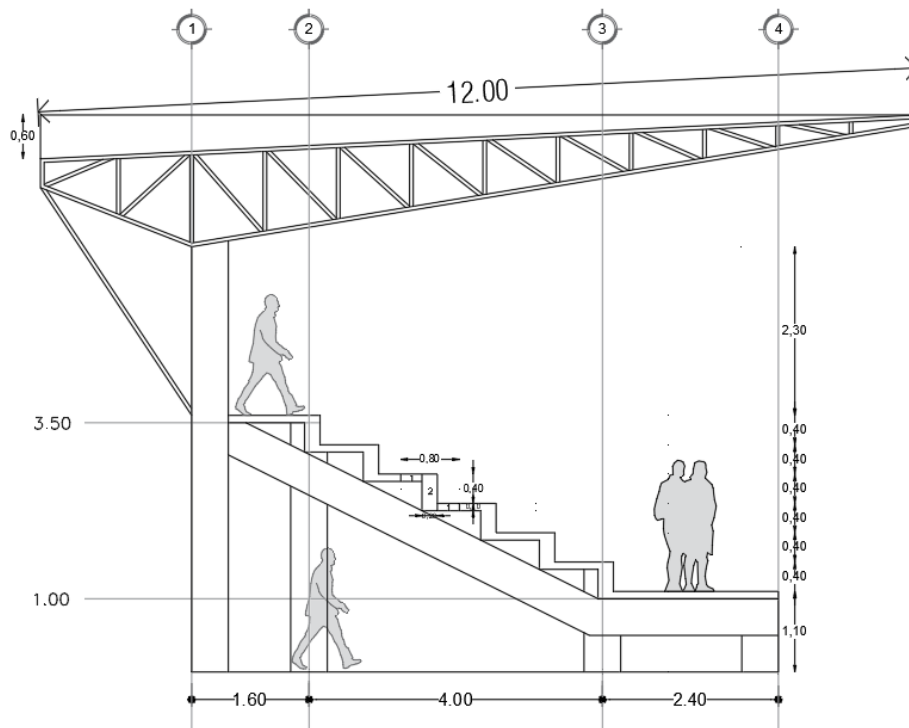
Las columnas (véase. Ilustración 8, pág: 56) se distribuyen en once pórticos de hormigón armado, que se encuentran a distancias de 7,65 m esta modulación facilita la ejecución constructiva por fases. Las columnas en el Eje 1 cuentan con 5,80 m de altura, en el Eje 2 se apoyan las columnas de hormigón armado de 3,50 metros, en el Eje 3 tienen una altura de 1,50 metros y en el Eje 4 miden 1,10 metros de altura, todas en conjunto son las encargadas de transmitir las cargas provenientes de los graderíos hacia la cimentación

Dichas columnas están conectadas horizontalmente mediante vigas principales y secundarias (ubicadas en sentido A-K), y constituyen el sistema de soporte de la losa inclinada y serán las encargadas de recibir la carga distribuida generada por la losa inclinada y transmitirla a las columnas.

Los graderíos se proyectan mediante losa inclinada escalonada de hormigón armado fundido en sitio, diseñados para soportar las cargas de uso derivadas de la concentración de personas y estará construido sobre las vigas principales y secundarias. Se diseñó dos graderíos que cuentan con una longitud de 32,45 m cada uno, conformados por cinco niveles escalonados con una huella de 0,80 m y una contrahuella de 0,40 m, superando los mínimos normativos establecidos en la ordenanza. La geometría de los escalones responde a criterios de ergonomía para los asientos, visibilidad y accesibilidad, ya que se consideran 0,60 m para cada asiento, los mismos que representan 54 asientos por fila, 270 asientos por graderío; es decir un total de 540 asientos que aseguran visibilidad directa y sin obstrucciones desde todos los niveles del graderío.

Ilustración 6

Sección típica



Se consideró dos plataformas que faciliten la circulación del público ya que brindará acceso a todo el escenario deportivo, la primer plataforma está ubicada previo al primer escalón del graderío, la altura acumulada desde la base es de 1,10 m cuenta con 2,25 m de profundidad y una longitud total de 81,50 m (valor que incluye los descansos de las escaleras); la segunda plataforma está ubicada después de quinto escalón del graderío, su altura acumulada es de 3,50 m cuenta con 1,25 m de profundidad y 76,50 m de longitud.

Las escaleras laterales proyectadas presentan un ancho total de 2 metros dimensión que permite la circulación simultánea de personas en ambos sentidos y están conformadas por 19 peldaños, para las cuales el espacio determina una huella de 0,40 metros y contrahuella de 0,20 metros. La escalera salva un desnivel de 3,80 m ($19 \times 0,20$ m) y presenta un desarrollo horizontal de 7,60 m ($19 \times 0,40$ m) sin considerar el descanso intermedio, proporcionando una pendiente aproximada del $26,6^\circ$, adecuada para la circulación peatonal en graderíos. Al diseño de la escalera se le incorporó un descanso de 1,80 m de profundidad, que estará conectado a la primera plataforma del graderío, este

descanso divide la escalera en dos tramos: un primer tramo de 7 peldaños y un segundo tramo de 12 peldaños, permitiendo una pausa durante el recorrido.

Las dimensiones de los peldaños permiten el tránsito seguro de los espectadores durante el acceso, permanencia y evacuación. Se proyectó pasamanos para garantizar la seguridad de los asistentes. Se reservaron espacios para personas con movilidad reducida considerados en el primer graderío, en cumplimiento con el 2% mínimo exigido para este tipo de instalaciones, es decir el graderío contará con 12 espacios para asientos preferenciales.

Los planos arquitectónicos que se presentan a continuación fueron desarrollados mediante el software AutoCAD, herramienta de diseño asistido por computadora (CAD) que nos permitió la elaboración precisa de planos arquitectónicos, detalles constructivos, cortes y fachadas del proyecto, que además nos asegura compatibilidad con etapas posteriores de análisis estructural.

Ilustración 7

Vista frontal de graderío

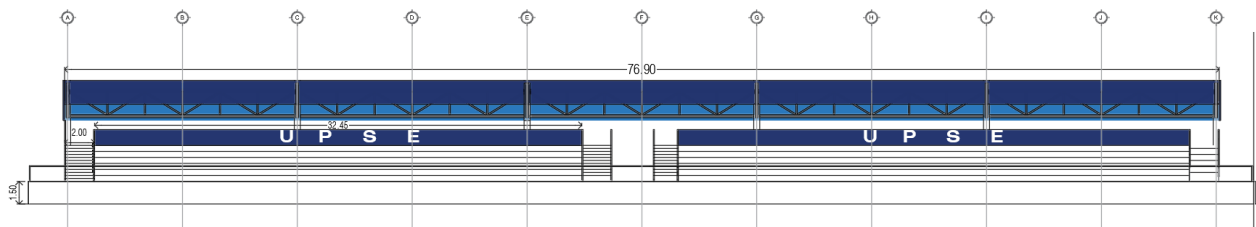
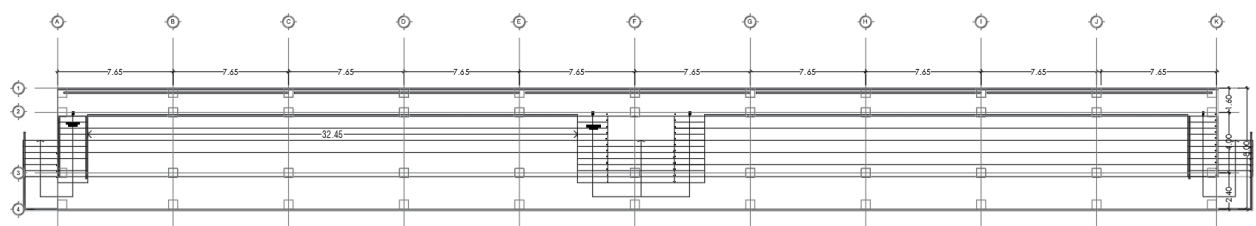


Ilustración 8

Vista en planta del graderío



3.1.6 DESARROLLO ARQUITECTÓNICO DE LA CUBIERTA

La cubierta está constituida por cerchas metálicas livianas que están apoyadas en las columnas de hormigón armado y sobre las que se dispone una cubierta de lámina metálica galvanizada tipo “galvalume”, diseñada como una estructura con una sola caída, con 12 m de profundidad, alcanzando una altura libre de 3,55 m sobre la última grada. El diseño garantiza la protección contra radiación solar y lluvia.

La pendiente de cubiertas, definida como la relación entre la altura y la longitud horizontal de una cubierta, es un parámetro fundamental para garantizar el adecuado drenaje pluvial y la durabilidad de la estructura. Su importancia radica en la capacidad para evacuar eficientemente las aguas lluvias, prevenir filtraciones y contribuir a la estabilidad general del techo frente a la acción del viento. Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15), no existe un porcentaje único para la pendiente, pero se establece la necesidad de garantizar un escurrimiento rápido, recomendando pendientes mínimas a partir del 3% para cubiertas de materiales rígidos y mayores en zonas de alta pluviosidad. A nivel internacional, entidades como FIFA y FIBA sugieren pendientes de al menos 5% a 10% para techos de escenarios deportivos, especialmente en áreas expuestas a lluvias intensas o a fenómenos como El Niño. Considerando que la provincia de Santa Elena presenta eventos climáticos extremos asociados a intensas lluvias, se ha adoptado una pendiente del 5% para la cubierta propuesta, garantizando así un adecuado comportamiento hidrológico y estructural de la obra.

3.1.7 MODELADO 3D DE LA PROPUESTA ARQUITECTÓNICA

La propuesta arquitectónica fue modelada digitalmente mediante el software SketchUp, herramienta de modelado tridimensional que permitió representar de forma precisa los espacios, volúmenes y elementos que conforman el proyecto. A través del modelado 3D se visualizaron las características funcionales y estéticas de la propuesta, y nos facilitó la verificación de dimensiones y la comprensión integral del diseño arquitectónico.

Ilustración 9

Vista 3D posterior propuesta arquitectónica



Ilustración 10

Vista diagonal 3D propuesta arquitectónica



3.2 METODOLOGÍA DEL O.E.2: ELABORAR EL PRE-DISEÑO ESTRUCTURAL DE LOS GRADERÍOS DE HORMIGÓN ARMADO CON CUBIERTA METÁLICA, BASÁNDOSE EN LOS REQUISITOS NORMATIVOS Y EN LAS CARGAS Y ESFUERZOS INVOLUCRADOS.

El pre dimensionamiento se abordó de acuerdo con la normativa nacional e internacional vigente, las bases aplicadas fueron la Norma Ecuatoriana de la Construcción de 2015, en sus diferentes tomos: NEC-SE-DS para diseño sísmico, NEC-SE-CG para cargas de viento. ACI 318-19 para diseño de elementos de hormigón armado, la AISC 360 para verificación de las estructuras de acero y la ASCE 7-16 como normativa complementaria.

3.2.1 CALCULO DE ELEMENTOS DE CUBIERTA

Pendiente de cubierta %: $m_{cubierta} = \left(\frac{0,60 \text{ m}}{11,92 \text{ m}} \right) * 100 = 5 \%$

Ángulo de cubierta: $\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{0,6 \text{ m}}{11,92 \text{ m}} \right) = 2,88^\circ$

Para el cálculo de los componentes de la estructura metálica, todas las cargas se analizan por metro lineal.

3.2.1.1 CARGAS PARA CORREAS:

CARGA MUERTA GALVALUME

Según catálogo de DISMETAL la plancha de galvalume (considerando $e = 0,40 \text{ mm}$) tiene un peso de $3,50 \text{ kg/m}^2$, y teniendo en cuenta el solapamiento de láminas, fijaciones y tornillería autoperforante, se considera el incremento de $4,5 \text{ kg/m}^2$ estableciendo la nueva carga muerta distribuida de la cubierta en:

$$D_{galvalume+accesorios} = 3,5 \text{ kg/m}^2 + 4,5 \text{ kg/m}^2$$

- $D_{galvalume+accesorios} = 8,0 \text{ kg/m}^2$

CARGA VIVA

Las cargas vivas se presentan como efectos temporales de personas para instalación o mantenimiento que actúen sobre la plancha de galvalume y las herramientas que se requieran, por lo que según la Tabla 6: *Sobrecargas mínimas uniformemente distribuidas L_o y concentradas P_o* , pág: 21.

- $Lr_{galvalume} = 70,00 \text{ kg/m}^2$

MAYORACION DE CARGAS DE CUBIERTA

Realizamos la mayoración de cargas de la cubierta, es decir la carga ultima que actuará sobre la correa, donde:

Cu : Carga última o, carga mayorada

$$Cu_{cubierta} = 1,2 (D_{galvalume+accesorios}) + 1,6 (Lr_{galvalume})$$

$$Cu_{cubierta} = 1,2(8,0) + 1,6(70,0)$$

- $Cu_{cubierta} = 121,6 \text{ kg/m}^2$ (carga que sobre correa)

Ésta actuará sobre un ancho tributario de 1 metro, que es la separación entre correas, por lo que:

$$Cu_{cubierta} = 121,6 \text{ kg/m}^2 \cdot 1\text{m}$$

- $Cu_{cubierta} = 121,6 \text{ kg/m}$

MOMENTO FLECTOR MÁXIMO M_{max}

Calculamos el momento flector máximo M_{max} que existirá sobre la correa simplemente apoyada, donde la longitud:

- $L = 7,65 \text{ m}$

$$M_{max_{correa}} = \frac{Cu_{cubierta} \cdot L^2}{8}$$

$$M_{max_{correa}} = \frac{(121,6 \text{ kg/m}) \cdot (7,65 \text{ m})^2}{8}$$

$$M_{max_{correa}} = 889,54 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

MOMENTO DE FLUENCIA SEGÚN AISC 360-22

Conociendo que:

- $Fy_{acero} = 2530 \frac{kg}{cm^2}$

Usamos la fórmula de fluencia según AISC 360-22, pág: 95, despejamos:

$$My = Fy \cdot Sx$$

Donde:

My : momento de fluencia respecto del eje en flexión

Fy : esfuerzo de fluencia del acero

Sx : módulo de fluencia del acero

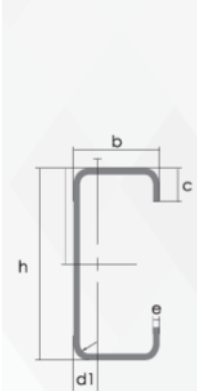
Realizamos el cálculo para conocer el módulo de fluencia requerido:

$$Sx_{correa} = \frac{Mmax_{correa}}{Fy} = \frac{889,54 \text{ kg} \times \text{cm}}{2530 \text{ kg/cm}^2} = 35,16 \text{ cm}^3 \text{ (requerido)}$$

Verificamos en el catálogo de proveedores (DIPAC) un perfil G que cumpla con este módulo de fluencia:

Tabla 22

Catálogo de proveedores DIPAC



Designación	Dimensiones				Masa	A	d1	Momento de inercia		Módulo resistente		Radio de giro	
	h	b	c	e				Ix	Iy	Wx	Wy	ix	iy
	mm	mm	mm	mm	Kg/m	cm ²	cm	cm ⁴	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	cm
G 60x30x10x2	60	30	10	2	1,96	2,54	1,44	14,88	5,28	4,9	2,74	2,42	1,44
G 80x40x15x2	80	40	15	2	2,75	3,54	1,46	35,25	8,07	8,81	3,18	3,16	1,51
G 80x40x15x3	80	40	15	3	3,95	5,11	1,46	49,04	10,85	12,26	4,27	3,1	1,46
G 80x50x15x2	80	50	15	2	3,06	3,88	1,46	41,11	13,55	10,28	4,34	3,23	1,88
G100x50x15x2	100	50	15	2	3,38	4,34	1,73	69,24	14,98	13,85	4,57	4,00	1,86
G100x50x15x3	100	50	15	3	4,89	6,31	1,72	97,78	20,51	19,56	6,25	3,94	1,8
G100x50x15x4	100	50	15	4	6,29	8,15	1,71	122,5	24,85	24,49	7,55	3,88	1,75
G100x50x20x4	100	50	20	4	6,60	8,55	1,85	126,7	28,5	25,34	9,05	3,85	1,83
G100x50x25x5	100	50	25	5	8,35	10,86	1,98	152,51	36,52	30,5	12,09	3,75	1,83
G125x50x15x2	125	50	15	2	3,77	4,84	1,56	116,4	16,16	18,63	4,69	4,91	1,83
G125x50x15x3	125	50	15	3	5,48	7,06	1,55	165,5	22,16	26,48	6,43	4,84	1,77
G125x50x15x4	125	50	15	4	7,07	9,15	1,54	208,7	26,88	33,39	7,78	4,78	1,71
G125x50x15x5	125	50	15	5	8,55	11,11	1,54	246,2	30,41	39,39	8,78	4,71	1,65
G125x50x20x4	125	50	20	4	7,39	9,55	1,68	217	30,9	34,7	9,32	4,77	1,8
G125x50x25x5	125	50	25	5	9,33	12,11	1,8	264,3	39,88	42,29	12,46	4,67	1,82
G125x50x30x6	125	50	30	6	11,32	14,73	1,92	307,1	48,69	49,14	15,81	4,56	1,81
G150x50x15x2	150	50	15	2	4,16	5,34	1,42	178,7	17,13	23,83	4,78	5,79	1,79
G150x50x15x3	150	50	15	3	6,07	7,81	1,42	255,2	23,49	34,03	6,56	5,72	1,73
G150x50x15x4	150	50	15	4	7,86	10,15	1,41	323,5	28,51	43,13	7,95	5,65	1,68
G150x50x15x5	150	50	15	5	9,53	12,36	1,41	383,6	32,27	51,15	8,98	5,57	1,62
G150x50x20x4	150	50	20	4	8,17	10,5	1,54	337	32,9	44,9	9,52	5,65	1,77
G150x75x25x5	150	75	25	5	12,28	15,86	2,65	545,4	117,2	72,71	24,17	5,86	2,72
G150x75x30x6	150	75	30	6	14,86	19,23	2,78	641,4	144,5	85,52	30,57	5,77	2,74
G175x50x15x2	175	50	15	2	4,56	5,84	1,31	257,7	17,92	29,45	4,85	6,64	1,75
G175x50x15x3	175	50	15	3	6,66	8,56	1,31	369,4	24,59	42,22	6,66	6,57	1,7
G175x50x15x4	175	50	15	4	8,64	11,15	1,3	470,0	29,85	53,71	8,07	6,49	1,64
G175x50x15x5	175	50	15	5	10,51	13,61	1,3	559,7	33,79	63,97	9,14	6,41	1,58

Dimensiones exteriores a la sección transversal.

Escogimos la correa tipo **G175x50x15x3** ya que:

$$(W_x) Sx_{perfil} = 42,22 \text{ cm}^3 > Sx_{correa} = 35,16 \text{ cm}^3 \quad \text{Cumple}$$

3.2.1.2 CARGAS PARA CERCHAS:

El peso para un perfil **G175x50x15x3** tomado de Tabla 22: *Catálogo de proveedores DIPAC* es:

$$P_{correa} = 6,66 \text{ kg/m}$$

$$\# \text{ Correas necesarias} = L_t + 1 = 12 + 1 = 13$$

Peso propio de la correa:

$$Pp_{correa} = (P_{correa}) * (\#Correas) / (Luz)$$

$$Pp_{correa} = (6,66 \text{ kg/m}) * (13) / (12\text{m}) = 7,215 \text{ kg/m}^2$$

CARGA MUERTA PARA CERCHA

$$D_{cercha} = Pp_{correa} + D_{galvalume+accesorios}$$

- $D_{cercha} = 7,215 \text{ kg/m}^2 + 8,0 \text{ kg/m}^2 = 15,22 \text{ kg/m}^2$

CARGA DE VIENTO

El análisis de la presión dinámica producida por la acción del viento sobre la cubierta del graderío, se diseña para la velocidad de viento más desfavorable, multiplicado por el coeficiente de corrección establecido en la Tabla 7: *Coeficiente de corrección δ* , Pag: 22.

- $C_{viento} = 27,78 \text{ m/s}$

- $\delta = 1,0$

Por lo tanto:

$$V_b = V \cdot \sigma = (27,78 \text{ m/s}) \cdot (1,0)$$

- $V_b = 27,78 \text{ m/s}$

La presión del viento P se determina mediante la siguiente expresión:

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_b^2 \cdot C_e \cdot C_f$$

De la Tabla 8: *Coeficiente de entorno/altura, pág:23* obtuvimos que:

- $C_e = 1,89$

De la Tabla 9: *Determinación del factor de forma, pág:24* obtuvimos que:

- $C_f = 0,3$ barlovento
- $C_f = -0,6$ sotavento

Y reemplazando obtenemos para:

Barlovento:

$$P = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot (27,78)^2 \cdot 1,89 \cdot 0,3 = 273,48 \text{ N/m}^2 = 27,88 \text{ kg/m}^2$$

Sotavento:

$$P = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot (27,78)^2 \cdot 1,89 \cdot (-0,6) = -546,08 \text{ N/m}^2 = -55,78 \text{ kg/m}^2$$

Considerando únicamente la presión que ejerce el viento sobre la cubierta, tenemos que:

- $W = 27,88 \text{ kg/m}^2$

CARGA SISMICA

Se considera la siguiente fórmula según la NEC-SE-DS, 2015:

$$V = \frac{I \cdot S_a}{\phi_p \cdot \phi_e \cdot R} \cdot W$$

De la Tabla 14: *Categoría de utilización, propósito e importancia de la estructura, pág:32,*

- $I = 1,3$

De la Tabla 15: *Coeficiente R para sistemas estructurales dúctiles y de ductilidad limitada, pág:33,*

- $R = 8$

Mediante el cálculo de coeficiente de configuración en planta, pág: 41,

- $\phi_{Pi} = 1,0$

Mediante el cálculo de coeficiente de configuración en elevación, pág: 43,

- $\phi_{Ei} = 0,8$

W: carga sísmica reactiva, para un caso general

- $W = D = 15,22 \text{ kg/m}^2$

S_a : Espectro sísmico elástico

Para calcular el espectro sísmico elástico utilizaremos la siguiente fórmula:

$$Sa = \eta \cdot Z \cdot Fa$$

De la Tabla 13: *Valores de la razón espectral*, pág: 31

- $\eta = 1,80$

De la Tabla 2: *Valores del factor Z en función de la zona adoptada*, pág: 16

- $Z = 0,5$

De la Tabla 3: *Tipo de suelo y Factores de sitio Fa*, pág:17,

- $Z = 1,12$

Entonces resolvemos la ecuación:

$$Sa = (1,8) \cdot (0,5) \cdot (1,12)$$

- $Sa = 1,008$

Con los datos obtenidos calculamos la carga sísmica o cortante basal.

$$V = \frac{I \cdot Sa}{\phi_P \cdot \phi_E \cdot R} \cdot W = \frac{(1,3) \cdot (1,008)}{(1) \cdot (0,9) \cdot (8)} \cdot 15,22 \text{ kg/m}^2$$

- $V = 2,77 \text{ kg/m}^2$

CARGAS EN LOS NUDOS

Se determinan las cargas distribuidas que actúan en los nudos de la cercha metálica, por tanto, se multiplican todas las cargas calculadas por el ancho tributario.

$$D_{nudos} = 15,22 \text{ kg/m}^2 \cdot 7,65 \text{ m} = 116,43 \text{ kg/m}$$

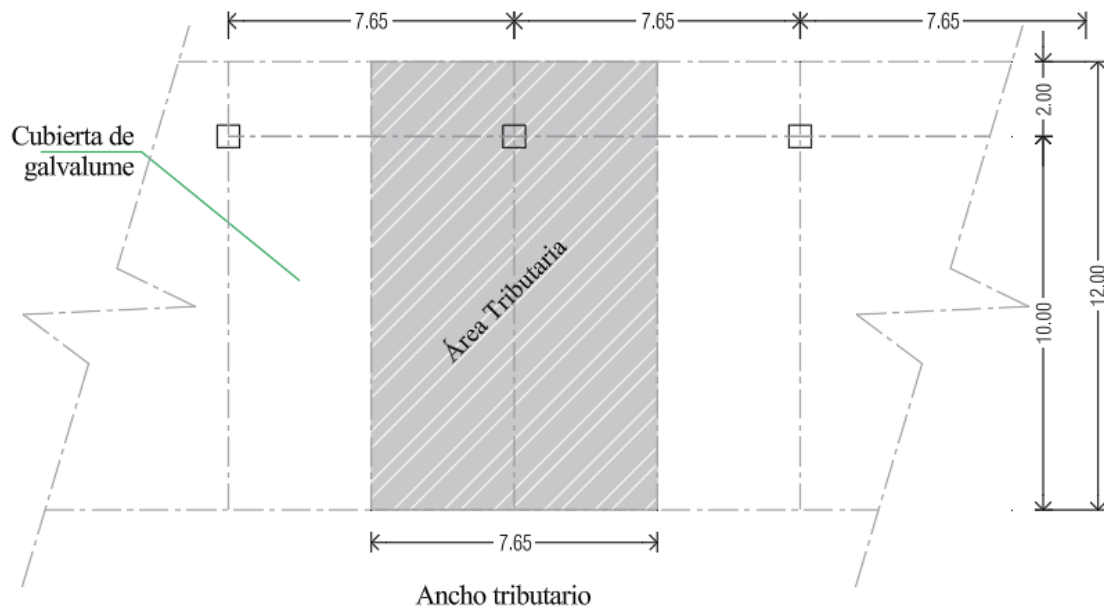
$$Lr_{galvalume} = 70,00 \text{ kg/m}^2 \cdot 7,65 \text{ m} = 535,50 \text{ kg/m}$$

$$W = 27,88 \text{ kg/m}^2 \cdot 7,65 \text{ m} = 213,28 \text{ kg/m}$$

$$V = 2,77 \text{ kg/m}^2 \cdot 7,65 \text{ m} = 21,19 \text{ kg/m}$$

Ilustración 11

Representación gráfica de vista en planta de la cubierta



En la siguiente tabla presentamos las cargas por metro lineal que actúan en cada nudo de la cercha, donde exista una correa.

Tabla 23

Resumen de cargas

Área Tributaria	91.80	m^2
Carga Muerta	116.43	$kg \cdot m$
Carga Viva	535.50	$kg \cdot m$
Carga de Sismo	21.19	$kg \cdot m$
Carga de Viento	213.28	$kg \cdot m$

Al existir 13 nudos en el prediseño, las cargas anteriores se distribuyen en cada uno de ellos como se muestra en las siguientes tablas resumidas:

Tabla 24

Distribución de cargas muerta, viva y de sismo aplicadas en los nudos (D, L, E)

#Nudos.	Distancia (m)	Carga Muerta (D)	Carga Viva (L)	Carga Sismo (E)
		kg	Kg	kg
1	0	58,22	444,12	337,61
2	1	116,43	535,50	21,19
3	2	116,43	535,50	21,19
4	3	116,43	535,50	21,19
5	4	116,43	535,50	21,19
6	5	116,43	535,50	21,19
7	6	116,43	535,50	21,19
8	7	116,43	535,50	21,19
9	8	116,43	535,50	21,19
10	9	116,43	535,50	21,19
11	10	116,43	535,50	21,19
12	11	116,43	535,50	21,19
13	12	58,22	444,12	337,61

Tabla 25*Distribución de cargas de viento aplicadas en los nudos (w)*

Ángulo de cubierta: $\alpha = 2.867^\circ$

proyección en $x = w \cdot \text{sen}(\alpha)$

proyección en $y = w \cdot \text{cos}(\alpha)$

#Nudos.	Distancia (m)	Carga Viento (W) kg	Proyecciones Ortogonales x	Proyecciones Ortogonales y
1	0	106,64	5,33	106,51
2	1	213,28	10,67	213,01
3	2	213,28	10,67	213,01
4	3	213,28	10,67	213,01
5	4	213,28	10,67	213,01
6	5	213,28	10,67	213,01
7	6	213,28	10,67	213,01
8	7	213,28	10,67	213,01
9	8	213,28	10,67	213,01
10	9	213,28	10,67	213,01
11	10	213,28	10,67	213,01
12	11	213,28	10,67	213,01
13	12	106,64	5,33	106,51

Se procede a calcular los valores de la carga última para cada combinación de carga expuesta anteriormente en las págs.: 27-28.

Para abreviar,

CMB: combinación de carga.

Tabla 26*Cargas últimas de diseño para cargas verticales*

#Nudos	Distancia (m)	CMB 1	CMB 2	CMB 3	CMB 4	CMB 5	CMB 6	CMB 7
1	0	81,50	498,26	337,61	444,12	337,61	158,90	52,39
2	1.00	163,01	996,52	675,22	888,23	675,22	317,80	104,79
3	2.00	163,01	996,52	675,22	888,23	675,22	317,80	104,79
4	3.00	163,01	996,52	675,22	888,23	675,22	317,80	104,79
5	4.00	163,01	996,52	675,22	888,23	675,22	317,80	104,79
6	5.00	163,01	996,52	675,22	888,23	675,22	317,80	104,79
7	6.00	163,01	996,52	675,22	888,23	675,22	317,80	104,79
8	7.00	163,01	996,52	675,22	888,23	675,22	317,80	104,79
9	8.00	163,01	996,52	675,22	888,23	675,22	317,80	104,79
10	9.00	163,01	996,52	675,22	888,23	675,22	317,80	104,79
11	10.00	163,01	996,52	675,22	888,23	675,22	317,80	104,79
12	11.00	163,01	996,52	675,22	888,23	675,22	317,80	104,79
13	12.00	81,50	498,26	337,61	444,12	337,61	158,90	52,39

Tabla 27*Cargas últimas de diseño, para cargas horizontales*

#Nudos	Distancia (m)	CMB 4	CMB 5	CMB 6	CMB 7
1	0	5,33	10,60	5,33	10,60
2	1.00	10,67	21,19	10,67	21,19
3	2.00	10,67	21,19	10,67	21,19
4	3.00	10,67	21,19	10,67	21,19
5	4.00	10,67	21,19	10,67	21,19
6	5.00	10,67	21,19	10,67	21,19
7	6.00	10,67	21,19	10,67	21,19
8	7.00	10,67	21,19	10,67	21,19
9	8.00	10,67	21,19	10,67	21,19
10	9.00	10,67	21,19	10,67	21,19
11	10.00	10,67	21,19	10,67	21,19
12	11.00	10,67	21,19	10,67	21,19
13	12.00	5,33	10,60	5,33	10,60

FUERZAS AXIALES QUE ACTUAN EN CADA ELEMENTO

A partir de los datos anteriores, empleamos la Combinación de carga 2, de la Tabla 26 que es la más crítica de las cargas últimas verticales y la Combinación de carga 5 de la Tabla 27 que es la más crítica de las cargas últimas horizontales, que estarán actuando en la estructura, para luego aplicarlas al modelo en SAP2000 y éste nos proporcione las fuerzas axiales que actúan en cada elemento:

Ilustración 12

Diagrama de fuerzas axiales mediante SAP2000

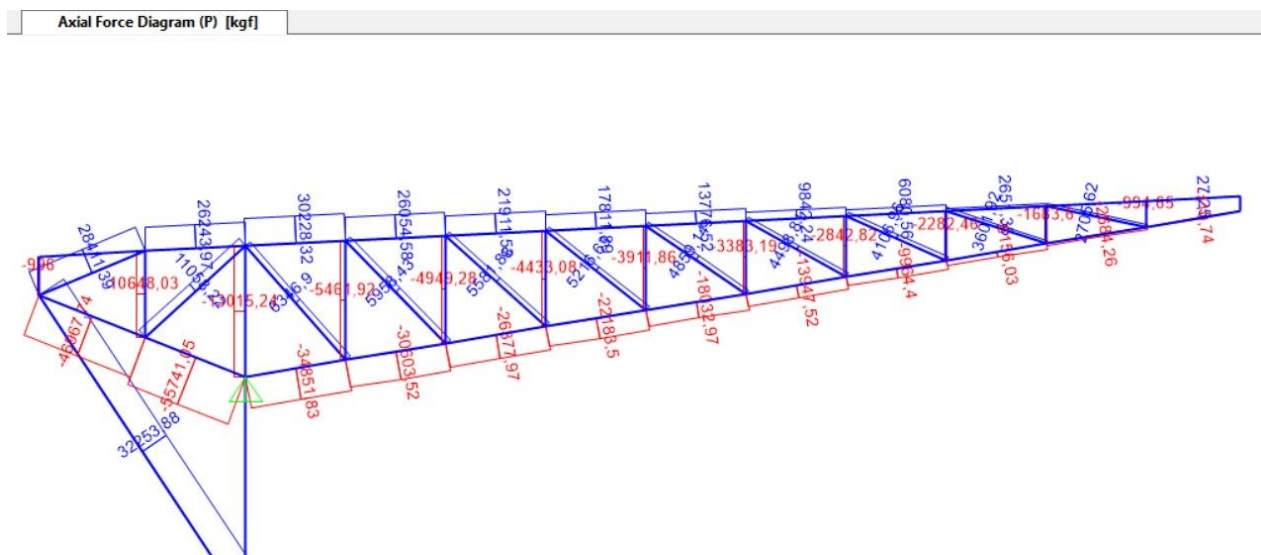
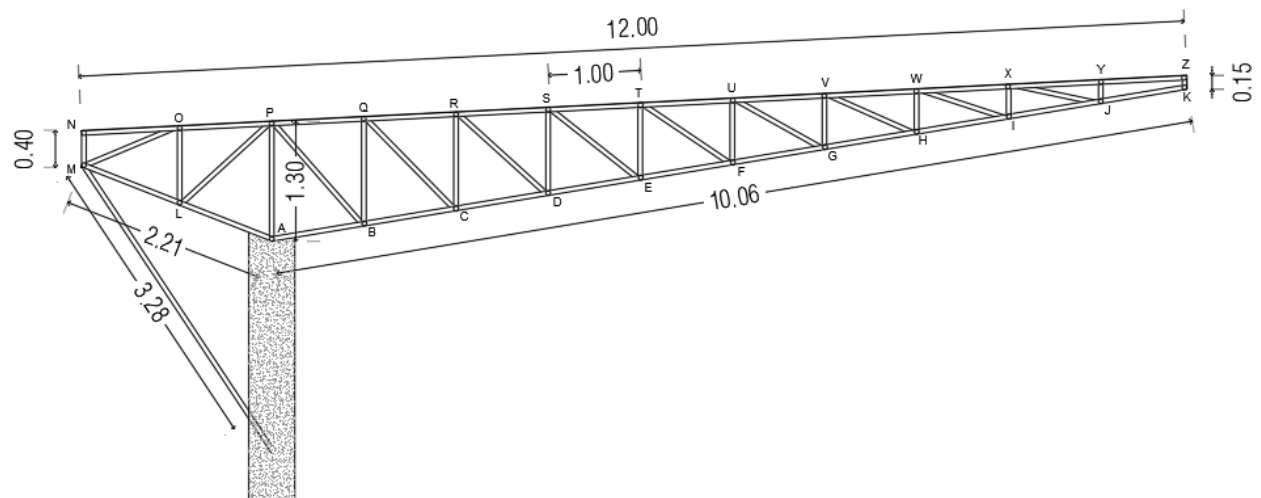


Ilustración 13

Código de elementos que conforman la cercha



Extraemos las fuerzas axiales que resiste cada elemento que conforma la cercha, y su comportamiento a tensión o compresión.

Tabla 28

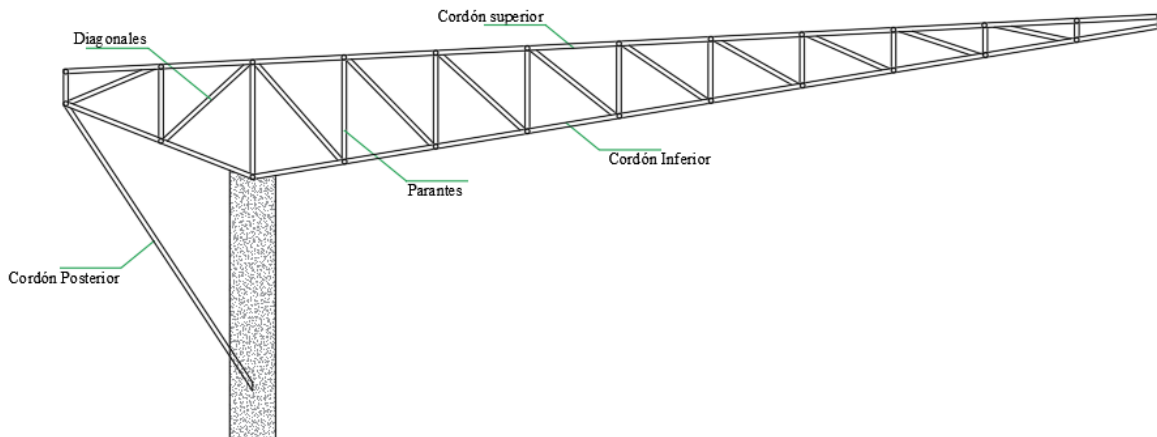
Fuerzas axiales de cada elemento de la cercha (carga última)

Elemento	Carga Axial (kg)	Comportamiento	Elemento	Carga Axial (kg)	Comportamiento
P-A	13015,24	COMPRESIÓN	Y-J	994,65	COMPRESIÓN
P-B	6346,9	TENSIÓN	P-L	11058,22	TENSIÓN
Q-B	5461,92	COMPRESIÓN	O-L	10648,03	COMPRESIÓN
Q-C	5958,43	TENSIÓN	O-M	28411,39	TENSIÓN
R-C	4949,28	COMPRESIÓN	N-O	28411,39	TENSIÓN
R-D	5581,88	TENSIÓN	O-P	26243,97	TENSIÓN
S-D	4433,08	COMPRESIÓN	P-S	26054,58	TENSIÓN
S-E	5216,63	TENSIÓN	S-W	13776,52	TENSIÓN
T-E	3911,86	COMPRESIÓN	W-Z	265,31	TENSIÓN
T-F	4859,14	TENSIÓN	L-A	55741,05	COMPRESIÓN
U-F	3383,19	COMPRESIÓN	M-L	46967,74	COMPRESIÓN
U-G	4498,81	TENSIÓN	A-D	30603,52	COMPRESIÓN
V-G	2842,82	COMPRESIÓN	D-H	18032,97	COMPRESIÓN
V-H	4106,96	TENSIÓN	H-K	2684,26	COMPRESIÓN
W-H	2282,46	COMPRESIÓN	Z-K	27,25	COMPRESIÓN
W-I	3601,92	TENSIÓN	N-M	28411,39	TENSIÓN
X-I	1683,6	COMPRESIÓN	M-1	32253,88	TENSIÓN
X-J	2705,62	TENSIÓN			

Se propone trabajar con elementos Doble L (ángulos) para las diagonales y parantes, mientras que, para los cordones superior e inferior, usar Perfiles tipo C.

Ilustración 14

Detalle de cercha



DISEÑO DE ELEMENTOS A TENSIÓN

Considerando la carga axial del elemento 20, en el que usaremos perfil 2L (doble ángulo), aplicamos la fórmula de resistencia para fluencia en tracción de la norma AISC 360-16 pág.: 76, para conocer el tipo de perfil que usaremos en las diagonales a través de su área requerida:

$$\text{Elemento 20} = 11422,64 \text{ kg}$$

$$P_n = 0,9 \cdot F_y \cdot A_c$$

$$A_c = \frac{P_n}{0,9 \cdot F_{y_{\text{acero}}}}$$

$$A_c = \frac{11422,64 \text{ kg}}{0,9 \cdot 2530 \text{ kg/cm}^2}$$

- $A_c = 5,02 \text{ cm}^2$

La carga axial trabajará sobre 2 Perfiles L, por lo que, para conocer el tipo de Perfil L que necesitamos, debemos tomar la mitad el área calculada.

$$A_{\text{perfil}} = \frac{5,02 \text{ cm}^2}{2}$$

- $A_{\text{perfil}} = 2,51 \text{ cm}^2$

Escogemos del catálogo de proveedores (DIPAC) un perfil L que cumpla con un área mayor a la requerida:

Tabla 29

Catálogo de Perfil L DIPAC

Ángulos de alas iguales																				
Descripción	b	h	e	Masa	Área	d1	d2	Ángulo a	Eje X - X			Eje Y - Y			Eje U - U			Eje V - V		
									Ix	Wx	rx	Iy	Wy	ry	Iu	Wu	ru	Iv	Wv	rv
	mm	mm	mm	Kg/m	cm2	cm	cm	(°)	cm4	cm3	cm	cm4	cm3	cm	cm4	cm3	cm	cm4	cm3	cm
L 20x 2	20	20	2	0,57	0,73	0,60	0,60	45,00	0,28	0,20	0,62	0,28	0,20	0,62	0,46	0,32	0,79	0,10	0,14	0,37
L 20 x 3	20	20	3	0,81	1,03	0,65	0,65	45,00	0,38	0,28	0,60	0,38	0,28	0,60	0,63	0,45	0,78	0,12	0,17	0,34
L 25x 2	25	25	2	0,73	0,93	0,72	0,72	45,00	0,56	0,32	0,78	0,56	0,32	0,78	0,92	0,52	1,00	0,20	0,23	0,47
L 25x 3	25	25	3	1,05	1,33	0,78	0,78	45,00	0,78	0,45	0,77	0,78	0,45	0,77	1,30	0,74	0,99	0,26	0,30	0,45
L 30 x 2	30	30	2	0,88	1,13	0,85	0,85	45,00	1,00	0,46	0,94	1,00	0,46	0,94	1,63	0,77	1,20	0,37	0,35	0,57
L 30x 3	30	30	3	1,28	1,63	0,90	0,90	45,00	1,40	0,67	0,93	1,40	0,67	0,93	2,32	1,09	1,19	0,49	0,46	0,55
L 30x 4	30	30	4	1,65	2,10	0,95	0,95	45,00	1,76	0,86	0,91	1,76	0,86	0,91	2,93	1,38	1,18	0,58	0,55	0,52
L 40x 2	40	40	2	1,20	1,33	1,10	1,10	45,00	2,44	0,84	1,26	2,44	0,84	1,26	3,96	1,40	1,61	0,92	0,65	0,78
L 40x 3	40	40	3	1,75	2,23	1,15	1,15	45,00	3,49	1,22	1,25	3,49	1,22	1,25	5,71	2,02	1,60	1,27	0,90	0,75
L 40x 4	40	40	4	2,28	2,90	1,20	1,20	45,00	4,44	1,59	1,24	4,44	1,59	1,24	7,23	2,59	1,59	1,55	1,10	0,73
L 40x 5	40	40	5	2,77	3,54	1,25	1,25	45,00	5,29	1,92	1,22	5,29	1,92	1,22	8,80	3,11	1,58	1,77	1,25	0,71
L 50x 2	50	50	2	1,51	1,93	1,35	1,35	45,00	4,85	1,33	1,59	4,85	1,33	1,59	7,85	2,22	2,02	1,85	1,05	0,98
L 50x 3	50	50	3	2,22	2,83	1,40	1,40	45,00	7,01	1,95	1,57	7,01	1,95	1,57	11,42	3,23	2,01	2,61	1,47	0,96
L 50x 4	50	50	4	2,90	3,70	1,45	1,45	45,00	9,01	2,54	1,56	9,01	2,54	1,56	14,76	4,18	2,00	3,25	1,84	0,94
L 50x 5	50	50	5	3,56	4,54	1,50	1,50	45,00	10,84	3,10	1,55	10,84	3,10	1,55	17,89	5,06	1,99	3,79	2,14	0,91
L 60x 3	60	60	3	2,69	3,43	1,65	1,65	45,00	12,34	2,84	1,90	12,34	2,84	1,90	20,03	4,72	2,42	4,65	2,19	1,16
L 60x 4	60	60	4	3,53	4,50	1,70	1,70	45,00	15,96	3,71	1,70	15,96	3,71	1,70	26,04	6,14	2,40	5,88	2,77	1,14

Escogemos el perfil L60x3 que tiene un área de 3,43 cm²

Entonces:

Área de perfil 2 L40x4 = 6,86 cm² > área requerida = 5,02 cm² **Cumple**

RESISTENCIA PARA RUPTURA EN TRACCIÓN

Ahora comprobamos los perfiles 2L40x4 con la resistencia para ruptura en tracción según AISC 360-16:

$$P_n = 0,75 \cdot F_u \cdot A_e$$

$$P_n = 0,75 \cdot F_u \cdot 2A_e \quad A_e = A_n \cdot U$$

Donde:

F_u: Resistencia a la tracción (4080 kg/cm²)

A_e: Área efectiva

A_n: Área neta

U: Factor de corte diferido

En este caso el factor de corte diferido es igual a 1, ya que ambos ángulos trabajarán de igual manera soldadas a los cordones superior e inferior.

$$A_e = A_n \times 1 \quad A_e = A_n$$

Reemplazando los valores en la fórmula de Resistencia para ruptura en tracción:

$$P_n = 0,75 \cdot 4080 \text{ kg/cm}^2 (2 \cdot 3,43 \text{ cm}^2)$$

$$\bullet \quad P_n = 20991,6 \text{ kg} > \text{Carga Axial elemento 20} = 11422,64 \text{ kg} \quad \textbf{Cumple}$$

De la misma manera calculamos el resto de los elementos a tracción para diagonales, detallados en la siguiente tabla:

Tabla 30

Perfil 2L en diagonales a tensión para cercha. Método AISC 360-22

Elemento:	Carga Axial P (kg)	Perfil tipo (mm)	Área de sección (cm ²)	ΦPn FLUENCIA (kg)	ΦPn ROTURA (kg)	Verificación:
P-B	6346,9	2L30x3	1,63	7423,02	9975,6	CUMPLE
Q-C	5958,43	2L30x3	1,63	7423,02	9975,6	CUMPLE
R-D	5581,88	2L30x3	1,63	7423,02	9975,6	CUMPLE
S-E	5216,63	2L30x3	1,63	7423,02	9975,6	CUMPLE
T-F	4859,14	2L30x3	1,63	7423,02	9975,6	CUMPLE
U-G	4498,81	2L30x3	1,63	7423,02	9975,6	CUMPLE
V-H	4106,96	2L30x3	1,63	7423,02	9975,6	CUMPLE
W-I	3601,92	2L30x3	1,63	7423,02	9975,6	CUMPLE
X-J	2705,62	2L30x3	1,63	7423,02	9975,6	CUMPLE
P-L	11058,22	2L60x3	3,43	15620,22	20991,6	CUMPLE
O-M	28411,39	2L60x3	3,43	15620,22	20991,6	CUMPLE

Bajo los mismos parámetros calculamos los elementos a tensión para el cordón superior:

Tabla 31

Perfil C en Cordón Superior a tensión para cercha. Método AISC 360-22

Elemento:	Carga Axial P (kg)	Perfil tipo (mm)	Área de sección (cm ²)	ΦP_n FLUENCIA (kg)	ΦP_n ROTURA (kg)	Verificación:
N-O	28411,39	C250x100x6	25,82	58792,14	79009,2	CUMPLE
O-P	26243,97	C250x100x6	25,82	58792,14	79009,2	CUMPLE
P-S	26054,58	C250x100x6	25,82	58792,14	79009,2	CUMPLE
S-W	13776,52	C250x100x6	25,82	58792,14	79009,2	CUMPLE
W-Z	265,31	C250x100x6	25,82	58792,14	79009,2	CUMPLE
N-M	28411,39	C250x100x6	25,82	58792,14	79009,2	CUMPLE
M-1	32253,88	C250x100x6	25,82	58792,14	79009,2	CUMPLE

DISEÑO DE ELEMENTOS A COMPRESIÓN

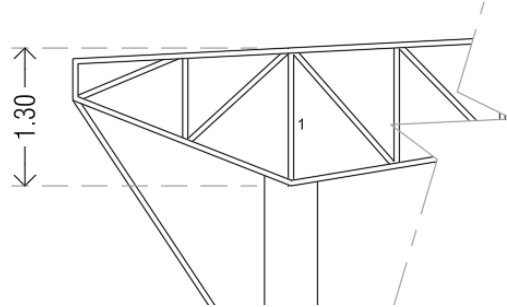
Teniendo una carga axial de 11669,10 kg en el elemento 1 de la Tabla 37, en el que usaremos Perfil 2L (doble ángulo), asumiremos un perfil L, que pueda cumplir con los parámetros requeridos por la AISC 360-22, como son la esbeltez, esfuerzo crítico de pandeo y la resistencia de diseño, que deberá ser mayor a la carga axial que tenemos.

Se asume un perfil L60x4 el cual, según la Tabla 38: Catálogo de perfil L DIPAC, nos da los siguientes detalles:

- r: radio de giro = 1,70 cm
- a: área de la sección = 4,50 cm²
- Longitud del elemento a compresión = 130 cm

Ilustración 15

Detalle de elemento 1 a compresión



Límite de fluencia ($Fy_{acero} = 2530 \text{ kg/cm}^2$)

Módulo de Elasticidad $E = 2100000 \text{ kg/cm}^2$

Calculamos la esbeltez considerando que $K=1$ para cerchas

Esbeltez: $\frac{KL}{r}$

- $l = \frac{1,0 \cdot 130 \text{ cm}}{1,70 \text{ cm}} = 76,47$

Esbeltez Límite:

$$l_c = 4.71 \sqrt{\frac{E}{Fy_{acero}}} = 4.71 \sqrt{\frac{2100000 \text{ kg/cm}^2}{2530 \text{ kg/cm}^2}}$$

- $l_c = 135,70$

El estándar AISC 360-22 determina el esfuerzo crítico de pandeo (Fcr), mediante la siguiente ecuación:

Si: $\frac{KL}{r} < 4.71 \sqrt{\frac{E}{Fy}}$, entonces $Fcr = (0,658^{\frac{Fy}{Fe}}) \cdot Fy$

Si: $\frac{KL}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{Fy}}$, entonces $Fcr = 0,877 \cdot Fe$

En este caso $l = 76,47 < l_c = 135,70$ por lo tanto aplicamos el primer caso.

Donde:

Fe : esfuerzo de pandeo elástico de Euler.

Esfuerzo crítico de pandeo (F_{cr})

$$F_{cr} = (0,658^{\frac{F_y}{F_e}}) \cdot F_y$$

$$F_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{K \cdot L}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 (2100000)}{(76,47)^2} = 3544,35 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{cr} = (0,658^{\frac{2530 \text{ kg/cm}^2}{3544,35 \text{ kg/cm}^2}}) \cdot 2530 \text{ kg/cm}^2$$

- $F_{cr} = 1876,58 \text{ kg/cm}^2$

Resistencia de Diseño LRFD (ΦP_n)

Resistencia Nominal (P_n):

$$P_n = F_{cr} \times A_g = 1876,58 \times 4,50$$

- $P_n = 8444,61 \text{ kg}$

Resistencia de diseño final ($\Phi=0.90$):

$$\Phi P_n = 0,9 \times 8444,61$$

- $\Phi P_n = 7600,15 \text{ kg}$

Este valor corresponde a la resistencia de un solo Perfil L.

Como estamos usando ángulos dobles (2L), la resistencia sería el doble.

$$\Phi P_n = 7600,15 \times 2$$

- $\Phi P_n = 15200,3 \text{ kg} > \text{Carga Axial elemento 1} = 11669,10 \text{ kg} \quad \textbf{Cumple}$

De la misma manera calculamos el resto de los elementos a compresión para los parantes, detallados en la siguiente tabla:

Tabla 32

Perfil 2L en parantes a compresión para cercha. Método AISC 360-22

Elemento:	Carga Axial P (kg)	Perfil tipo (mm)	$\frac{KL}{r}$	$4,71\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	Fe	$\frac{F_y}{F_e}$	Fcr	ΦP_n	Verificación:
P-A	13015,24	2L60x4	76,47	135,70	3544,30	0,71	1876,58	15200,26	CUMPLE
Q-B	5461,92	2L40x3	95,20	135,70	2286,89	1,11	1592,29	6391,46	CUMPLE
R-C	4949,28	2L40x3	85,60	135,70	2828,60	0,89	1739,94	6984,14	CUMPLE
S-D	4433,08	2L40x3	76,80	135,70	3513,96	0,72	1871,74	7513,17	CUMPLE
T-E	3911,86	2L40x3	67,20	135,70	4589,66	0,55	2008,72	8063,00	CUMPLE
U-F	3383,19	2L40x3	57,60	135,70	6247,04	0,40	2135,52	8571,97	CUMPLE
V-G	2842,82	2L40x3	48,80	135,70	8703,21	0,29	2240,16	8992,01	CUMPLE
W-H	2282,46	2L40x3	39,20	135,70	13487,98	0,19	2338,97	9388,62	CUMPLE
X-I	1683,6	2L40x3	30,40	135,70	22427,04	0,11	2413,32	9687,06	CUMPLE
Y-J	994,65	2L40x3	20,80	135,70	47906,27	0,05	2474,69	9933,40	CUMPLE
O-L	10648,03	2L60x4	50,59	135,70	8098,79	0,31	2219,91	17981,28	CUMPLE

Bajo los mismos parámetros calculamos los elementos a compresión para el cordón inferior:

Tabla 33

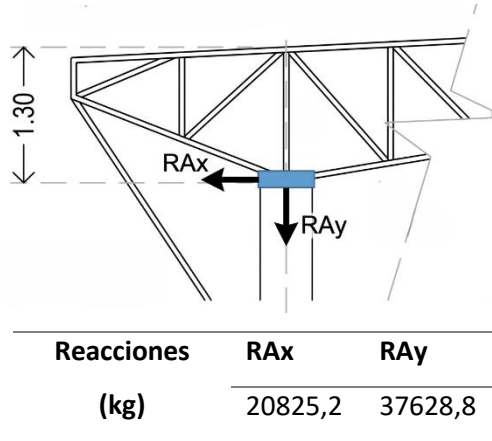
Perfil C en Cordón Inferior a compresión para cercha. Método AISC 360-22

Elemento:	Carga Axial P (kg)	Perfil tipo (mm)	$\frac{KL}{r}$	$4,71\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	Fe	$\frac{F_y}{F_e}$	Fcr	ΦP_n	Verificación:
L-A	55741,05	C250x100x6	35,41	135,70	16529,94	0,15	2373,01	55143,93	CUMPLE
M-L	46967,74	C250x100x6	37,38	135,70	14835,73	0,17	2355,71	54741,99	CUMPLE
A-D	30603,52	C250x100x6	33,11	135,70	18900,62	0,13	2392,15	55588,80	CUMPLE
D-H	18032,97	C250x100x6	33,11	135,70	18900,62	0,13	2392,15	55588,80	CUMPLE
H-K	2684,26	C250x100x6	33,11	135,70	18900,62	0,13	2392,15	55588,80	CUMPLE
Z-K	27,25	C250x100x6	4,92	135,70	856911,95	0,00	2526,88	58719,53	CUMPLE

FUERZA DE REACCIÓN EN LA BASE DE LA CERCHA

Ilustración 16

Diagrama de reacciones en el elemento 1



La fuerza transmitida hacia la columna será:

- $Pu_{cercha\ metálica} = 37628,8\ kg$

3.2.2 CÁLCULOS DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE GRADERÍOS

Para los respectivos cálculos emplearemos los siguientes datos tomados de la Tabla 10: *Pesos unitarios de materiales de construcción*, pág:25

Peso específico del Hormigón Armado:

- $\gamma_{c.h.a.} = 2400\ kg/m^3$

Peso específico del Hormigón simple:

- $\gamma_{c.h.s.} = 2300\ kg/m^3$

Peso específico del Bloque Hueco de Hormigón:

- $\gamma_{c.bloque} = 1200\ kg/m^3$

Peso específico del Mortero:

- $\gamma_{c.mortero} = 2000\ kg/m^3$

De la Tabla 11: *Sobrecargas mínimas uniformemente distribuidas, L_0 , y concentradas P_0* , pág:26, tomamos la carga viva recomendada para el caso de graderíos y que en este cálculo fue aplicada

uniformemente en todas las plataformas de ocupación, circulaciones y escalinatas, asumiendo una ocupación máxima durante eventos deportivos.

- $q_{life} = 480 \text{ kg/m}^2$

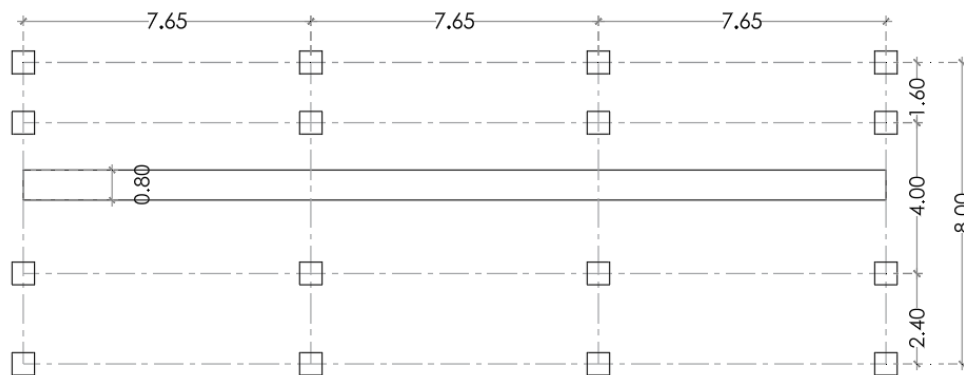
Posterior a ello, la Tabla 12: *Cargas vivas mínimas uniformemente distribuidas L_0 y cargas vivas concentradas mínimas*, pág:27 nos afirma que no se debe aplicar factores de reducción de cargas y según el criterio de ASCE 7 16, sección C4.7 en escenarios deportivos donde puede haber movimiento rítmico del público (saltos sincronizados, desplazamientos al unísono), es necesario aplicar un factor de amplificación dinámica (F_d) del 15% al 33% sobre la carga viva, para estructuras sometidas a cargas rítmicas, entonces:

- $q_{life,dinamic} = 1.33 * 480 = 638.4 \text{ kg/m}^2$

3.2.2.1 LOSA ESCALONADA

Ilustración 17

Vista en planta de huella de graderíos



Realizaremos el pre dimensionamiento para una losa escalonada, escogiendo la sección de un graderío, siendo el ancho de este 80 cm.

Datos:

Luz (L) = 7,65 m

Ancho (B) = 0,80 m

- $\frac{B}{L} = \frac{0,80 \text{ m}}{7,65 \text{ m}} = 1,10 \text{ m}$

Según la relación $\frac{B}{L} < 0,5$ el elemento se comportaría como una losa unidireccional.

Definimos el espesor de la huella según la tabla de espesores mínimos de losas.

Tabla 34

Espesor mínimo de losas en una dirección macizas no pre esforzadas

Condición de apoyo	h mínimo ⁽¹⁾
Simplemente apoyadas	$\ell/20$
Un extremo continuo	$\ell/24$
Ambos extremos continuos	$\ell/28$
En voladizo	$\ell/10$

Nota. Fuente ACI 318-19, pág: 92

Consideramos la huella como losa simplemente apoyada, optando por el sentido de menor sección, calculamos el espesor mínimo recomendado:

$$\frac{L}{20} = \frac{0,80 \text{ m}}{20} = 0,05 \text{ m}$$

Siendo el espesor mínimo de la huella de 5cm, consideramos aumentar la sección para evitar el efecto de vibración, por lo tanto, asumiremos:

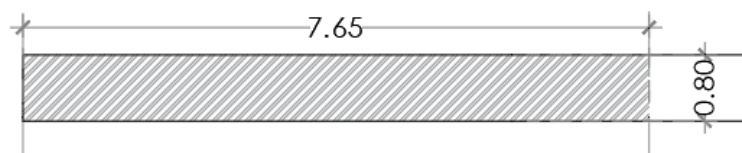
- Espesor de huella = 0,10 m

3.2.2.2 GRADERIO

CARGAS DE HUELLAS DEL GRADERIO

Ilustración 18

Sección en planta de huella



Carga muerta

$$D = \gamma_{c_{h.a.}} \cdot b \cdot h$$

Para loseta:

$$D_{huella} = 2400 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,80 \text{ m} \cdot 0,10 \text{ m}$$

- $D_{huella} = 192 \text{ kg/m}$

Para enlucido:

$$D_{enlucido} = 2000 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,80 \text{ m} \cdot 0,015 \text{ m}$$

- $D_{enlucido} = 24 \text{ kg/m}$

Carga muerta total:

$$D_{total} = D_{huella} + D_{enlucido}$$

$$D_{total} = 192 \text{ kg/m} + 24 \text{ kg/m}$$

- $D_{total} = 216 \text{ kg/m}$

Carga viva

$$L_{huellagraderíos} = q_{life,dinamic} \cdot b$$

$$L_{huellagraderíos} = 638,4 \text{ kg/m}^2 \cdot 0,8 \text{ m}$$

- $L_{huellagraderíos} = 510,72 \text{ kg/m}$

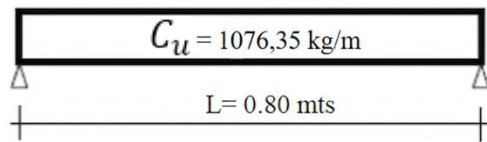
Carga última

$$C_u = 1,2 D_{total} + 1,6 L_{huellagraderíos}$$

$$C_u = 1,2 \cdot 216 \text{ kg/m} + 1,6 \cdot 510,72 \text{ kg/m}$$

- $C_u = 1076,35 \text{ kg/m}$

DISEÑO DE HUELLA DE GRADERÍO



Calculamos el momento y cortante máximo del elemento considerando que es un elemento simplemente apoyado:

$$M_{\text{máx}} = WL^2/8 \quad M_{\text{máx}} = (1076,35 \text{ kg/m}) * (0,8 \text{ m})^2 / 8$$

$$M_{\text{máx}} = 86,108 \text{ kg-m}$$

$$V_{\text{máx}} = WL/2 \quad V_{\text{máx}} = (1076,35 \text{ kg/m}) * (0,8 \text{ m}) / 2$$

$$V_{\text{máx}} = 430,54 \text{ kg}$$

A continuación, determinamos la cuantía necesaria de acero.

Como conocemos el momento máximo y las secciones del elemento, entonces podemos usar la siguiente fórmula según ACI318-14 cap 9:

$$\rho = \frac{0.85.f'c}{F_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0.85.f'c}} \right)$$

donde:

R_n : Coeficiente de resistencia nominal:

$$R_n = \frac{M_{\text{máx}}}{\Phi * b * d^2} \quad R_n = \frac{8610,8 \text{ kg.cm}}{0.9 * (80 \text{ cm}) * (10 \text{ cm})^2} \quad R_n = 1,196 \text{ kg/cm}^2$$

$$\rho = \frac{0.85.f'c}{F_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0.85.f'c}} \right) \quad \rho = \frac{0.85.(240)}{(4200)} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2*(1,196)}{0.85*(240)}} \right)$$

$$\rho = 0,00029$$

Calculamos el acero requerido:

$$A_s = \rho * b * d \quad A_s = 0.00029 * (80) * (10) \quad A_s = 0.232 \text{ cm}^2$$

Comparamos con el acero mínimo requerido según ACI318-19:

$$A_{s \text{ min}} = \frac{14}{F_y} * b * d \quad A_{s \text{ min}} = \frac{14}{4200} * (80) * (10) \quad A_{s \text{ min}} = 2.67 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto: **$A_s = 2.67 \text{ cm}^2$**

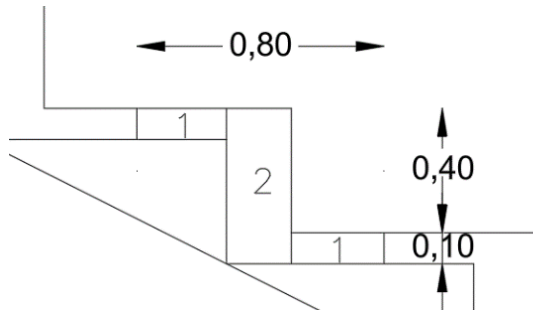
Corresponde a 1 ø 10 a 23 cm

CARGAS DE CONTRAHUELLAS (VIGUETAS) DE GRADERÍO

Consideramos que el elemento 2 tiene un espesor de base 0,20 m.

Ilustración 19

Contrahuella propuesta



Carga Muerta

$$D = \gamma_{c.h.a} \cdot b \cdot h$$

$$D_{elemento1} = 2 \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,30 \text{ m} \cdot 0,10 \text{ m}$$

- $D_{elemento1} = 144 \text{ kg/m}$

$$D_{elemento2} = 2400 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,50 \text{ m} \cdot 0,20 \text{ m}$$

- $D_{elemento2} = 240 \text{ kg/m}$

$$D_{enlucido} = 2400 \text{ kg/m}^3 \cdot 1,20 \text{ m} \cdot 0,015 \text{ m}$$

- $D_{enlucido} = 36 \text{ kg/m}$

$$D_{total} = D_{elemento1} + D_{elemento2} + D_{enlucido}$$

$$D_{total} = 144 \text{ kg/m} + 240 \text{ kg/m} + 36 \text{ kg/m}$$

- $D_{total} = 420 \text{ kg/m}$

Carga viva

$$L_{contrahuellagraderíos} = q_{life,dinamic} \cdot b$$

$$L_{contrahuellagraderíos} = 638,4 \text{ kg/m}^2 \cdot 0,8 \text{ m}$$

- $L_{contrahuellagraderíos} = 510,72 \text{ kg/m}$

Carga última

$$C_u = 1,2D_{total} + 1,6L_{contrahuellahuellagraderíos}$$

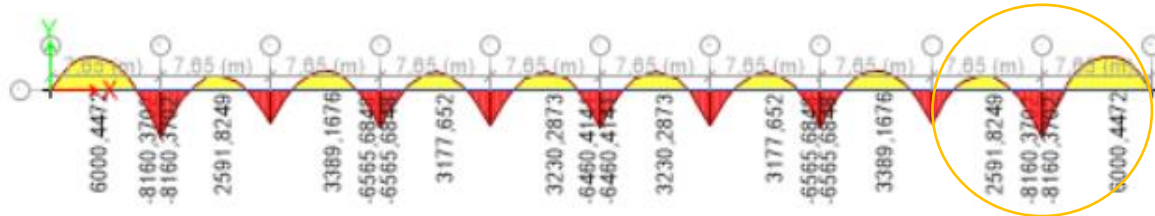
$$C_u = 1,2 \cdot 420 \text{ kg/m} + 1,6 \cdot 510,72 \text{ kg/m}$$

$$C_u = 1321,15 \text{ kg/m}$$

Procedemos a colocar las cargas en un modelado de Etabs, que nos facilitará los momentos actuantes en el elemento.

Ilustración 20

Momentos en contrahuellas (viguetas)



Escogemos de referencia el mayor momento negativo y positivo respectivamente para conocer el acero requerido.

Para momento negativo $M(-) = 8160,37 \text{ kg.m}$

Verificamos si el elemento trabaja como una viga rectangular o viga T, basándonos en el método (ACI 318SUS-14, 2014) para determinar donde se encuentra el área de compresión:

Realizamos el análisis de viga según (Jack MacCormac, 2013 pág: 110)

Datos:

bw = 20 cm

rec = 3,5 cm

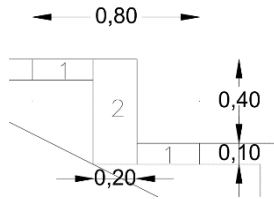
d = 46,5 cm

hf = 10 cm

Mu(-) = 8160,37 kg.m

Ilustración 21

Perfil viga T



Brazo de palanca Z:

$$Z = d - a/2 ; Z = 0.9 * d$$

En este caso usaremos para la primera iteración $Z = 0.9 * d$

$$Z = 0.9 * (46,5 \text{ cm}) \quad Z = 41.85 \text{ cm}$$

Usamos la fórmula de viga rectangular para comprobar el

$$A_s = \frac{M_u}{0.9 \cdot F_y \cdot Z} \quad A_s = \frac{816037 \text{ kg.cm}}{0.9 \cdot (4200 \text{ kg/cm}^2) \cdot (41.85 \text{ cm})} \quad A_s = 5,16 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{A_s \cdot F_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b_w} \quad a = \frac{5.16 \text{ cm}^2 \cdot (4200 \text{ kg/cm}^2)}{0.85 \cdot (240 \text{ kg/cm}^2) \cdot (20 \text{ cm})} \quad a = 5,31 \text{ cm}$$

Escogemos el menor valor del Ancho efectivo del patín

$$(1) \quad b = 6h_f + b_w \quad b = 6 \cdot (10) + 20 = 80 \text{ cm}$$

$$b = \text{distancia entre almas}/2 \quad b = 80/2 \quad b = 40 \text{ cm}$$

$$b = \text{luz}/12 \quad b = 7,65/12 \quad b = 64 \text{ cm}$$

$$A_c = b_w \cdot a = 20 \cdot (5,31) \quad A_c = 106,2 \text{ cm}^2$$

Si $A_c < b \cdot h_f$ entonces el elemento actúa como una viga rectangular

$$A_c = 106,2 \text{ cm}^2 < b \cdot h_f = 400 \text{ cm}^2 \quad (\text{actúa como viga rectangular}).$$

Para la segunda iteración usaremos $Z = d - a/2$

$$A_s = \frac{M_u}{0.9 \cdot F_y \cdot (d - \frac{a}{2})} \quad A_s = \frac{816037 \text{ kg.cm}}{0.9 \cdot (4200 \text{ kg/cm}^2) \cdot (46.5 - \frac{5.31}{2})} \quad A_s = 4.92 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{A_s \cdot F_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b_w} \quad a = \frac{4.92 \text{ cm}^2 \cdot (4200 \text{ kg/cm}^2)}{0.85 \cdot (240 \text{ kg/cm}^2) \cdot (20 \text{ cm})} \quad a = 5.06$$

Para la tercera iteración los valores se asemejan y tenemos el siguiente resultado:

$$A_s(-) = 4,90 \text{ cm}^2$$

Comparamos con el acero mínimo según ACI 318-19

$$A_{s \text{ min}} = (14/f_y) \cdot b \cdot d = 14/(4200) \cdot (20 \cdot 46,5) = 3,10 \text{ cm}^2$$

$A_s (-) = 4,90 \text{ cm}^2 > A_{s \text{ min}} = 3,10 \text{ cm}^2$ por lo tanto

$A_s (-) = 4,90 \text{ cm}^2$ lo que corresponde a 4 $\varnothing 14\text{mm}$.

Para momento positivo $M(-) = 6000,45 \text{ kg.m}$

Realizamos el mismo procedimiento por lo que tenemos:

$A_s (+) = 3,55 \text{ cm}^2$ lo que corresponde a 3 $\varnothing 14\text{mm}$.

Chequeo a cortante (a una distancia d de la cara de apoyo)

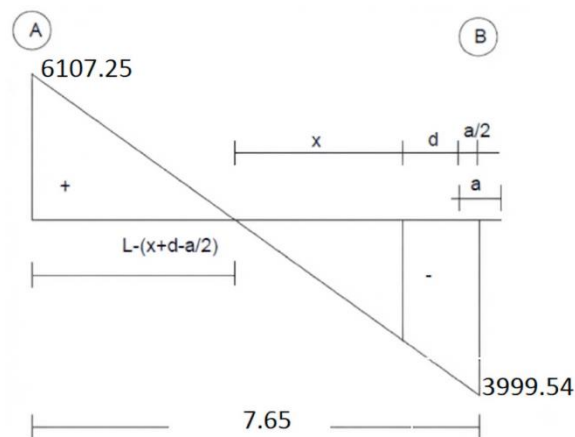
De la misma manera Etabs nos facilita el diagrama de cortante máximo.

Ilustración 22

Diagrama de cortante máximo



Escogemos la sección donde ocurre el mayor cortante:



a = ancho impuesto de la viga = 30cm

d = peralte efectivo de la contrahuella = 46,5 cm

V_u = cortante máximo = 6107,25 kg

$W = 1321,15 \text{ kg/m}$

Determinamos x por relación de triángulos:

$$\frac{6107,25}{x + d + \frac{a}{2}} = \frac{3999,54}{L - (x + d + \frac{a}{2})}$$

$$x = 272,74 \text{ cm}$$

$$V_x = V_u - W \cdot x$$

$$V_x = 6107,25 \text{ kg} - (1321,15 \text{ kg/m}) \cdot (2,73 \text{ m})$$

$$V_x = 2500,51 \text{ kg}$$

$$V_u = V_x / (\phi \cdot b \cdot d) \quad \phi = 0,85 \text{ para cortante}$$

$$V_u = 2500,51 / (0,85 \cdot 20 \cdot 46,5)$$

$$V_u = 3,16 \text{ kg/cm}$$

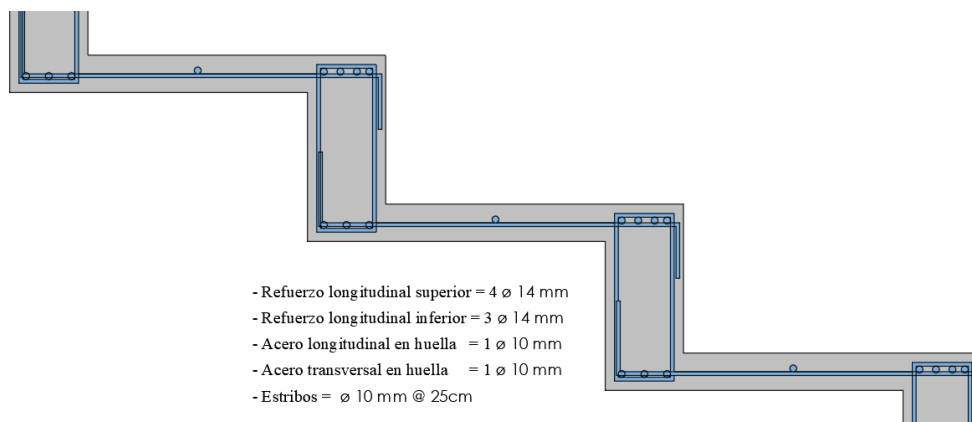
$$V_{adm} = 0,53 \sqrt{f_c} = 0,53 \sqrt{240 \text{ kg/cm}^2} = 8,21 \text{ kg/cm}$$

$$V_u = 3,16 \text{ kg/cm} < V_{adm} = 8,21 \text{ kg/cm} \quad \text{Cumple}$$

En base a los cálculos no se requiere estribos, sin embargo, se los incluye para poder formar el armado y facilitar el amarre de las varillas longitudinales. La armadura calculada para la huella se prolongará verticalmente de manera que se una a las varillas longitudinales de la contrahuella, de manera que la estructura quede segura, como se muestra a continuación:

Ilustración 23

Diseño final de graderíos

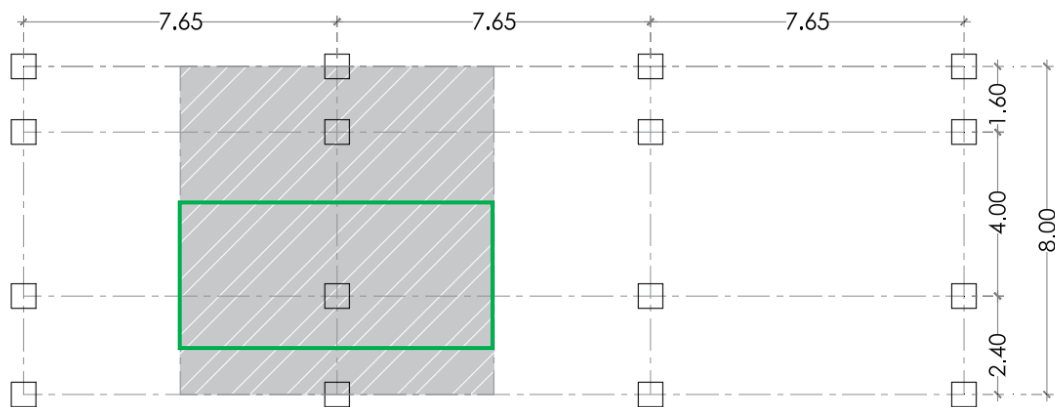


3.2.2.3 VIGAS

Procedemos a realizar el cálculo de las cargas que va a soportar la viga para luego poder realizar el pre dimensionamiento de la misma.

Ilustración 24

Área tributaria para diseño de vigas



Se toma el eje más crítico para el pre dimensionamiento de la viga.

Siendo L_v : Longitud de la viga = 7,65 m

Y L_t : el ancho tributario = $\frac{4+2,4}{2} = 3,2 \text{ m}$

Calculamos los pesos para pre dimensionar la viga Longitudinal:

PESO DE LOSA ESCALONADA.

$$Cm = 420 \text{ kg/m}$$

Se calcula el peso por unidad de área

$$Cm = \frac{420 \text{ kg/m}}{0,80 \text{ m}} = 525 \text{ kg/m}^2$$

$$D_{losa} = Cm \cdot L_t = 525 \text{ kg/m}^2 \cdot 3,2 \text{ m}$$

- $D_{losa} = 1680 \text{ kg/m}$

PESO DE PARED DE BLOQUE

$$h = 1,05 \text{ m}$$

$$e = 0,10 \text{ m}$$

$$\gamma_{C_{bloque}} = 1200 \text{ kg/m}^3$$

- $D_{pared} = 1200 * (1,05 \cdot 0,1) = 126 \text{ kg/m}$

PESO DE ENLUCIDO EN PARED

$$h = 1.05 \text{ m}$$

$$e = 0.015 \text{ m}$$

$$\gamma_{C_{mortero}} = 2000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

- $D_{enlucido} = 2000 * (1.05 \cdot 0.015 \cdot 2) = 63 \text{ kg/m}$

CARGA MUERTA TOTAL SOBRE LA VIGA

$$D_{total} = D_{losa} + D_{pared} + D_{enlucido}$$

$$D_{total} = 1680 \text{ kg/m} + 126 \text{ kg/m} + 63 \text{ kg/m}$$

- $D_{total} = 1869 \text{ kg/m}$

CARGA VIVA

$$L_{vigas} = q_{life,dinamic} \cdot b$$

$$L_{vigas} = 638,40 \text{ kg/m}^2 \cdot 3,2 \text{ mL}$$

- $L_{vigas} = 2042,88 \text{ kg/m}$

COMBINACIÓN DE CARGAS

$$Cu_{vigas} = 1,2D_{total} + 1,6L_{vigas}$$

$$Cu_{vigas} = 1,2 \cdot 1869 \text{ kg/m} + 1,6 \cdot 2042,88 \text{ kg/m}$$

- $Cu_{vigas} = 5511,41 \text{ kg/m}$

MOMENTO ESTÁTICO

$$Me = q \cdot \frac{L^2}{8}$$

Donde:

L_v : Longitud de la viga a pre dimensionar = 7,65 m

$$q = Cu_{vigas}$$

$$Me = 5511,41 \text{ kg/m} \cdot \frac{(7,65\text{m})^2}{8}$$

- $Me = 40317,67 \text{ kg/m}$

Según ACI3 18-19, entre el 60% al 90% del momento estático de losa es absorbida por la columna (asumiremos 65%) y la viga debe resistir el 85% del momento asignado a la columna.

Factor de mayoración:

- $Fm = 1,20$

MOMENTO NOMINAL DE DISEÑO

$$M_d = Me \cdot 0,65 \cdot 0,85 \cdot Fm$$

$$M_d = 40317,67 \text{ kg/m} \cdot 0,65 \cdot 0,85 \cdot 1,20$$

- $M_d = 26730,62 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 2673062 \text{ kg/cm}$

Según NEC-SE-HM, 2015 la base mínima de un elemento en flexión (viga) debe ser $b = 0,25\text{m}$, por lo tanto, para la luz de 7,65m consideraremos una base

- $b_{viga} = 0,30\text{m} = 30\text{cm}$

Mediante el momento de diseño por resistencia última, despejamos el peralte “d” para poder conocer la altura de la viga.

Para ello usamos una resistencia del hormigón de:

- $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$

Y la resistencia del acero:

- $Fy = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Cuantía máxima del acero

- $\rho_{max} = 1,22\% = 0,0122$

PERALTE EFECTIVO POR RESISTENCIA ÚLTIMA PARA VIGAS LOGITUDINALES

$$Md = \phi \cdot f'c \cdot b \cdot d^2 \cdot \omega(1 - 0,59\omega)$$

$$d = \sqrt{\frac{Md}{\phi \cdot f'c \cdot b \cdot \omega(1 - 0,59\omega)}}$$

Donde:

Md : momento nominal de diseño

ϕ : Factor de reducción de resistencia, típicamente se adopta = 0,90

b : base de la viga

ω : cuantía del acero

$$\omega = \rho \cdot \frac{Fy}{f'c} = 0,0122 \cdot \frac{4200kg/cm^2}{240kg/cm^2}$$

- $\omega = 0,21$

$$d = \sqrt{\frac{2673062 kg/cm^2}{0,9 \cdot 240 kg/cm^2 \cdot 30cm \cdot 0,21(0,876)}}$$

$$d = \sqrt{2242,39}$$

- $d = 47,35cm$

$$h = d + rec = 47,35cm + 3,50cm$$

$$h = 50,85 cm, \text{ se adopta:}$$

- $h = 55 cm$

- Viga Principal = 0,30m × 0,55 m

Se realiza el mismo procedimiento para las vigas transversales

$$L_{viga} = 4$$

$$L_t = 7,65$$

$$D = 4205,25 kg/m$$

$$L = 4883,76 kg/m$$

$$Cu = 1.2 \cdot 4205,25 \frac{kg}{m} + 1.6 \cdot 4883,76 kg/m$$

$$Cu = 12860.32 kg/m$$

MOMENTO ESTÁTICO:

$$M_e = \frac{C_u \cdot L v^2}{8}$$

$$M_e = \frac{12860.32 \text{ kg/m} \cdot 4\text{m}^2}{8}$$

- $M_e = 25720,63 \text{ kg/m}$

MOMENTO DE DISEÑO

$$M_d = M_e \cdot 0,65 \cdot 0,85 \cdot Fm$$

$$M_d = 25720,63 \cdot 0,65 \cdot 0,85 \cdot 1,2$$

- $M_d = 17052,78 \text{ kg/m}$

PERALTE EFECTIVO POR RESISTENCIA ÚLTIMA PARA VIGAS TRANSVERSALES

$$d = \sqrt{\frac{M_d}{\phi \cdot f'c \cdot b \cdot \omega(1 - 0,59\omega)}}$$

$$d = \sqrt{\frac{1705278 \text{ kg/cm}}{0,9 \cdot 240 \text{ kg/cm}^2 \cdot 30\text{cm} \cdot 0,21(0,876)}}$$

$$d = \sqrt{1430,53 \text{ cm}^2}$$

- $d = 37,82 \text{ cm}$

$$h = d + rec = 37,82\text{cm} + 3,50\text{cm}$$

$$h = 41.32 \text{ cm, se adopta:}$$

- $h = 50 \text{ cm}$

- Viga Secundaria = $0,30\text{m} \times 0,50 \text{ m}$

En resumen, las vigas tendrán las siguientes dimensiones:

- V30x55 para vigas longitudinales
- V30x50 para vigas transversales (inclinadas)

CARGAS PARA VIGAS.

H inclinación = 2,5 m

Luz libre = 4,0 m

$$\tan \phi = 2,5/4 \quad \phi = 32,00^\circ$$

Vigas Transversales (inclinadas)

$$D_{viga} = \gamma_{c.h.a.} \cdot b \cdot h$$

$$D_{viga} = 2400 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,30\text{m} \cdot 0,50\text{m}$$

$$D_{viga} = 360 \text{ kg/m}$$

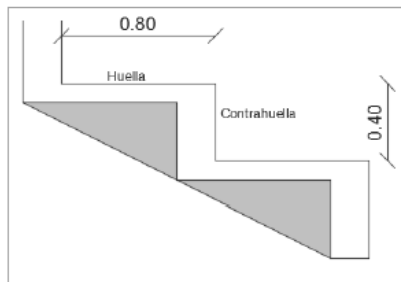
- $D_{viga}(\text{inclinada}) = 360\text{kg/m} / \cos(32,0) = 424,53 \text{ kg/m}$

Peso de espacios rellenos entre losa y viga

El material usado para rellenar el espacio entre la losa escalonada y la viga, es hormigón simple:

Ilustración 25

Espacio para relleno entre losa y viga



Datos:

$$\gamma_{c.h.s.} = 23000 \text{ kg/m}^3$$

$$b_{huella} = 0,80\text{m}$$

$$h_{contrahuella} = 0,40\text{m}$$

$$b_{viga} = 0,30\text{m}$$

$$N^\circ \text{ Gradas} = 10$$

$$\text{Distancia entre ejes} = 4,00\text{m}$$

$$D_{rellenoh.s.} = \frac{b \cdot h \cdot b_{viga} \cdot \gamma_{ch.s.} \cdot N^{\circ}}{2 \cdot L}$$

$$D_{rellenoh.s.} = \frac{0,80m \cdot 0,40m \cdot 0,30m \cdot 2300kg/m^3 \cdot 10}{2 \cdot 8m}$$

- $D_{rellenoh.s.} = 138 \text{ kg/m}$

Cargas Transmitida (escaleras):

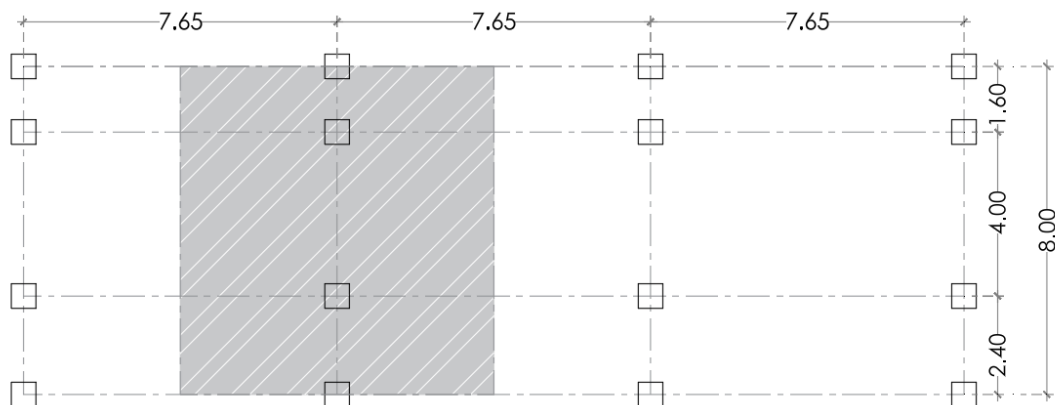
Carga muerta de la losa, por unidad de área:

$$Cm = \frac{420kg/m}{0,80m}$$

$$Cm = 525 \text{ kg/m}^2$$

Ilustración 26

Área tributaria



$$D_{losa} = Cm \cdot Lt = 525 \text{ kg/m}^2 \cdot 7.65 \text{ m}$$

- $D_{losa} = 4016,25 \text{ kg/m}$

Cargas muertas transmitidas hacia las vigas:

Datos:

$$D_{viga(inclinada)} = 424,53 \text{ kg/m}$$

$$Pp_{rellenoh.s.} = 138 \text{ kg/m}$$

$$D_{losa} = 4016,25 \text{ kg/m}$$

$$D_{vigas} = 424,53kg/m + 138 \text{ kg/m} + 4016,25kg/m$$

- $D_{vigas} = 4578,78 \text{ kg/m}$

Cargas vivas transmitidas hacia la viga:

$$L_{vigas} = q_{life,dinamic} \cdot b$$

$$L_{vigas} = 638,40 \text{ kg/m}^2 \cdot 7,65 \text{ m}$$

- $L_{vigas} = 4883,76 \text{ kg/m}$

Análisis Sísmico con la NEC

El análisis permite determinar la respuesta de la estructura con un espectro dinámico a una fuerza horizontal causada por un sismo.

Periodo de Vibración (T)

Para una altura:

- $h = 5,80$

De acuerdo al tipo de estructura definidos en la Tabla 16: *Coeficiente C_t y α de acuerdo con el tipo de estructura, pág. 36*

Para pórticos especiales de hormigón armado sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras:

- $C_t = 0,055$

- $\alpha = 0,9$

Reemplazamos en la fórmula y obtenemos

$$T = C_t \cdot h^\alpha$$

$$T_x = T_y = 0,055 \cdot 5,80^{0,9} = 0,27 \text{ seg}$$

COEFICIENTE DE CORTANTE BASAL:

De acuerdo a la verificación en la Tabla 19: *Coeficiente de irregularidad en planta, pág: 40*, nuestra estructura no contempla ninguno de los tipos de irregularidades descritas, en ninguno de los pisos, por lo tanto, Φ_P tomará el valor de 1 y se le considerará como regular en planta para estimar el coeficiente, por lo tanto:

$$\Phi_P = \Phi_{PA} \cdot \Phi_{PB}$$

- $\Phi_P = 1$

Según los parámetros de la Tabla 20: *Coeficientes de irregularidad en elevación*, pág: 42, definimos que nuestro proyecto consta de piso flexible e irregularidad geométrica, por lo tanto, según la fórmula tenemos que:

$$\phi_E = \phi_{EA} \cdot \phi_{EB}$$

$$\phi_E = 0,90 \cdot 0,90$$

- $\phi_E = 0,80$

De la Tabla 14: *Categoría de utilización, propósito e importancia de la estructura*, pág: 32, obtenemos el coeficiente I para incrementar los parámetros sísmicos del graderío:

- $I = 1,3$

De la Tabla 1: *Clasificación de los perfiles de suelo*, pág. 14

- Suelo Tipo D

De la Tabla 2: *Zonificación sísmica y factor de zona Z*, pág. 16

- Zona sísmica: VI
- Valor factor $Z \geq 0.50$
- Caracterización del peligro sísmico: Muy alta

De las Tablas 3, 4 y 5: *Coeficientes de perfil de suelo Fa, Fd y Fs*, pags:17, 18 y 19, obtuvimos los factores que ajustarán la respuesta espectral del sitio.

- $F_a = 1,12$
- $F_d = 1,11$
- $F_s = 1,4$

De la Tabla 13: *Valores de la razón espectral*, pág: 31, obtuvimos que:

- $\eta = 1,80$ para la provincia de Santa Elena

En base a la Tabla 15: *Coeficiente R para sistemas estructurales dúctiles y de ductilidad limitada*, pág. 33, el sistema estructural del graderío se considera como pórticos especiales sismo resistente, de hormigón armado con vigas descolgadas.

- $R = 8,0$

Cálculo de la cortante basal de diseño (V)

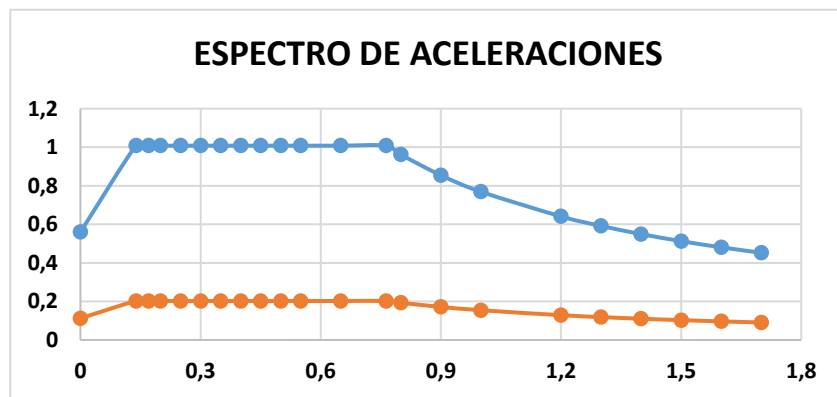
$$C = \frac{I \cdot S_a(T_a)}{R \cdot \phi_e \cdot \phi_p}$$

$$S_a = \eta \cdot Z \cdot F_a \text{ para: } 0 \leq T \leq T_c$$

$$S_a = \eta \cdot Z \cdot F_a (T_c/T)^r \text{ para: } T \geq T_c$$

$$S_a = Z \cdot F_a \cdot [1 + (n - 1) \times T/T_o] \text{ para: } T \leq T_o$$

Ingresando todos los datos en Excel generamos el gráfico del espectro de diseño y obtuvimos el coeficiente de cortante basal.



Espectro de diseño elástico e inelástico

Para un periodo de vibración de $T=0,27$ segundos, el coeficiente de cortante basal es:

- $C = 0,202$

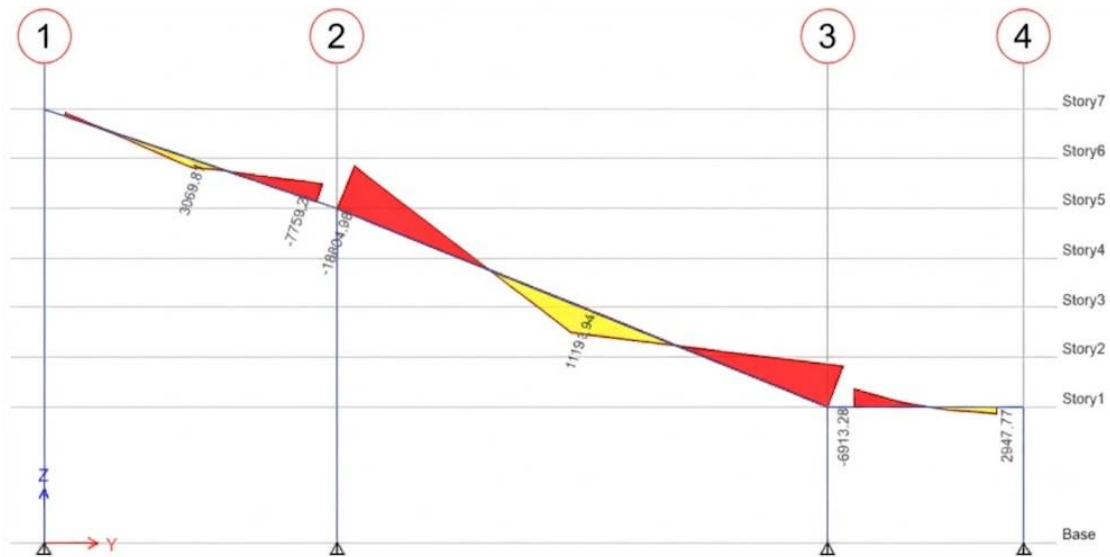
ANÁLISIS DE VIGAS

Conociendo las cargas que actúan sobre la viga, considerando el coeficiente de cortante basal, y el espectro sísmico de diseño, ingresamos los datos en Etabs, para tomar los momentos en cada eje, y así poder diseñar el elemento.

- $D_{vigas} = 4578,78 \text{ kg/m}$
- $L_{vigas} = 4883,76 \text{ kg/m}$
- $C = 0,202$

Ilustración 27

Momentos positivos y negativos actuantes sobre la viga



Del diagrama de momentos expuesto en la Ilustración 29 dado por el programa Etabs, tomamos los momentos máximos para el respectivo diseño:

Tramo 1 – 2	M (-) = 1380,61 kg·m
	M (+) = 3069,87 kg·m
	M (-) = 7759,20 kg·m
Tramo 2 – 3	M (-) = 18804,98 kg·m
	M (+) = 11191,94 kg·m
	M (-) = 18007,25 kg·m
Tramo 3 – 4	M (-) = 6913,28 kg·m
	M (+) = 2947,77 kg·m

Cuantía balanceada:

$$\rho_b = 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f'c}{F_y} \times \frac{6300}{6300 + F_y}; \quad \beta < 0,85 \text{ (para } f'c < 280 \text{ kg/cm}^2\text{)}$$

$$\rho_b = 0,85 \times 0,85 \times \frac{240}{4200} \times \frac{6300}{6300 + 4200}$$

$$\rho_b = 0,0247$$

Cuantía máxima:

$$\rho_{\text{máx}} = 0,5 \times \rho_b = 0,5 \times 0,0247$$

- $\rho_{\text{máx}} = 0,012$

Cuantía mínima:

$$\rho_{min} = \frac{14}{f_y} = \frac{14}{4200}$$

- $\rho_{min} = 0,0033$

CALCULO PARA DISEÑO DE VIGAS INCLINADAS:

Ancho (bw) = 30 cm

Alto (H) = 50 cm

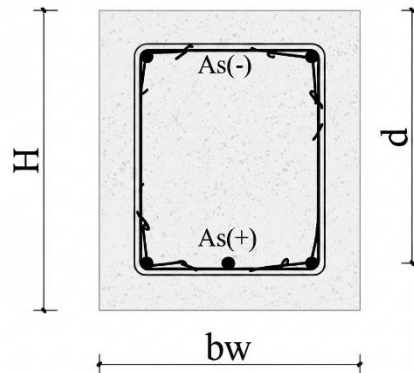
Recubrimiento (rec) = 3,5 cm

Resistencia del Hormigón (f'c) = 240 kg/cm²

Resistencia del Acero (Fy) = 4200 kg/cm²

Ilustración 28

Sección transversal de viga inclinada



Realizamos los cálculos para el armado del acero en los momentos propuestos:

TRAMO 1 - 2

- $M(-) = 1380,61 \text{ kg} \cdot \text{m}$

Calculamos el coeficiente de resistencia nominal (Rn)

$$R_n = \frac{Mu}{0,9 \times bw \times d^2} = \frac{138061 \text{ kg/cm}}{0,9 \times (30 \text{ cm}) \times (46,5 \text{ cm})^2}$$

- $R_n = 2,3648 \text{ kg/cm}^2$

Cuantía necesaria (ρ)

$$\rho_{diseño} = 0,85 \cdot \frac{f'_c}{F_y} \cdot \left[1 - \sqrt{\left(1 - \frac{2 \cdot Rn}{0,85 \cdot f'_c} \right)} \right]$$

$$\rho_{diseño} = 0,85 \cdot \frac{240 \text{ kg/cm}^2}{4200 \text{ kg/cm}^2} \cdot \left[1 - \sqrt{\left(1 - \frac{2 \cdot 2,3648 \text{ kg/cm}^2}{0,85 \cdot 240 \text{ kg/cm}^2} \right)} \right]$$

- $\rho_{diseño} = 0,000566$
- $\rho_{diseño} < \rho_{mínima}$; entonces escogemos la cuantía mínima = 0,0033

Calculamos el acero necesario:

$$As = \rho_{min} \cdot bw \cdot d$$

$$As (-) = 0,0033 \cdot 30 \text{ cm} \cdot 46,5 \text{ cm}$$

$$As (-) = 4,65 \text{ cm}^2 \quad \text{Equivale a 2 } \varnothing 18\text{mm}$$

- $M (+) = 3069,87 \text{ kg}\cdot\text{m}$

Calculamos el coeficiente de resistencia nominal (Rn)

$$Rn = \frac{Mu}{0,9 \times bw \times d^2} = \frac{306987 \text{ kg}\cdot\text{cm}}{0,9 \times (30 \text{ cm}) \times (46,5 \text{ cm})^2}$$

- $Rn = 5,2584 \text{ kg/cm}^2$

Cuantía necesaria (ρ)

$$\rho_{diseño} = 0,85 \cdot \frac{f'_c}{F_y} \cdot \left[1 - \sqrt{\left(1 - \frac{2 \cdot Rn}{0,85 \cdot f'_c} \right)} \right]$$

$$\rho_{diseño} = 0,85 \cdot \frac{240 \text{ kg/cm}^2}{4200 \text{ kg/cm}^2} \cdot \left[1 - \sqrt{\left(1 - \frac{2 \cdot 5,2584 \text{ kg/cm}^2}{0,85 \cdot 240 \text{ kg/cm}^2} \right)} \right]$$

- $\rho_{diseño} = 0,001269$
- $\rho_{diseño} < \rho_{mínima}$; entonces escogemos la cuantía mínima = 0,0033

Calculamos el acero necesario:

$$As = \rho_{min} \cdot bw \cdot d$$

$$As (-) = 0,0033 \cdot 30 \text{ cm} \cdot 46,5 \text{ cm}$$

$$As (-) = 4,65 \text{ cm}^2 \quad \textbf{Equivale a 2 } \varnothing \text{ 18mm}$$

- $M (-) = 7759,20 \text{ kg}\cdot\text{m}$

Calculamos el coeficiente de resistencia nominal (R_n)

$$R_n = \frac{Mu}{0,9 \times bw \times d^2} = \frac{775920 \text{ kg/cm}}{0,9 \times (30 \text{ cm}) \times (46,5 \text{ cm})^2}$$

- $R_n = 13,2907 \text{ kg/cm}^2$

Cuantía necesaria (ρ)

$$\rho_{diseño} = 0,85 \cdot \frac{f'_c}{F_y} \cdot \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f'_c}} \right]$$

$$\rho_{diseño} = 0,85 \cdot \frac{240 \text{ kg/cm}^2}{4200 \text{ kg/cm}^2} \cdot \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,2907 \text{ kg/cm}^2}{0,85 \cdot 240 \text{ kg/cm}^2}} \right]$$

- $\rho_{diseño} = 0,003275$
- $\rho_{diseño} < \rho_{mínima}$; entonces escogemos la cuantía mínima = 0,0033

Calculamos el acero necesario:

$$As = \rho_{min} \cdot bw \cdot d$$

$$As (-) = 0,0033 \cdot 30 \text{ cm} \cdot 46,5 \text{ cm}$$

$$As (-) = 4,65 \text{ cm}^2 \quad \textbf{Equivale a 2 } \varnothing \text{ 18mm}$$

TRAMO 2 - 3

- $M (-) = 18804,98 \text{ kg}\cdot\text{m}$

Calculamos el coeficiente de resistencia nominal (R_n)

$$R_n = \frac{Mu}{0,9 \times bw \times d^2} = \frac{1880498 \text{ kg/cm}}{0,9 \times (30 \text{ cm}) \times (46,5 \text{ cm})^2}$$

- $Rn = 32,2109 \text{ kg/cm}^2$

Cuantía necesaria (ρ)

$$\rho_{diseño} = 0,85 \cdot \frac{f'_c}{F_y} \cdot \left[1 - \sqrt{\left(1 - \frac{2 \cdot Rn}{0,85 \cdot f'_c} \right)} \right]$$

$$\rho_{diseño} = 0,85 \cdot \frac{240 \text{ kg/cm}^2}{4200 \text{ kg/cm}^2} \cdot \left[1 - \sqrt{\left(1 - \frac{2 \cdot 32,2109 \text{ kg/cm}^2}{0,85 \cdot 240 \text{ kg/cm}^2} \right)} \right]$$

- $\rho_{diseño} = 0,008395$
- $\rho_{diseño} > \rho_{mínima}$; entonces escogemos la cuantía de diseño = 0,008395

Calculamos el acero necesario:

$$As = \rho_{min} \cdot bw \cdot d$$

$$As (-) = 0,008395 \cdot 30 \text{ cm} \cdot 46,5 \text{ cm}$$

$$As (-) = 11,71 \text{ cm}^2 \quad \text{Equivale a 4 } \varnothing 18\text{mm y 1 } \varnothing 16\text{mm}$$

- $M (+) = 11191,94 \text{ kg}\cdot\text{m}$

Calculamos el coeficiente de resistencia nominal (Rn)

$$Rn = \frac{Mu}{0,9 \times bw \times d^2} = \frac{1119194 \text{ kg/cm}}{0,9 \times (30 \text{ cm}) \times (46,5 \text{ cm})^2}$$

- $Rn = 19,1706 \text{ kg/cm}^2$

Cuantía necesaria (ρ)

$$\rho_{diseño} = 0,85 \cdot \frac{f'_c}{F_y} \cdot \left[1 - \sqrt{\left(1 - \frac{2 \cdot Rn}{0,85 \cdot f'_c} \right)} \right]$$

$$\rho_{diseño} = 0,85 \cdot \frac{240 \text{ kg/cm}^2}{4200 \text{ kg/cm}^2} \cdot \left[1 - \sqrt{\left(1 - \frac{2 \cdot 19,1706 \text{ kg/cm}^2}{0,85 \cdot 240 \text{ kg/cm}^2} \right)} \right]$$

- $\rho_{diseño} = 0,004802$
- $\rho_{diseño} > \rho_{mínima}$; entonces escogemos la cuantía de diseño = 0,004802

Calculamos el acero necesario:

$$As = \rho_{min} \cdot bw \cdot d$$

$$As (-) = 0,004802 \cdot 30 \text{ cm} \cdot 46,5 \text{ cm}$$

$$As (-) = 6,70 \text{ cm}^2 \quad \text{Equivale a 2 } \varnothing 18\text{mm} + 1 \varnothing 16 \text{ mm}$$

- $M (-) = 18007,25 \text{ kg}\cdot\text{m}$

Calculamos el coeficiente de resistencia nominal (R_n)

$$R_n = \frac{Mu}{0,9 \times bw \times d^2} = \frac{1800725 \text{ kg/cm}}{0,9 \times (30\text{cm}) \times (46,5\text{cm})^2}$$

- $R_n = 30,8445 \text{ kg/cm}^2$

Cuantía necesaria (ρ)

$$\rho_{diseño} = 0,85 \cdot \frac{f'_c}{F_y} \cdot \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f'_c}} \right]$$

$$\rho_{diseño} = 0,85 \cdot \frac{240 \text{ kg/cm}^2}{4200 \text{ kg/cm}^2} \cdot \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 30,8445 \text{ kg/cm}^2}{0,85 \cdot 240 \text{ kg/cm}^2}} \right]$$

- $\rho_{diseño} = 0,008003$
- $\rho_{diseño} > \rho_{mínima}$; entonces escogemos la cuantía de diseño = 0,008003

Calculamos el acero necesario:

$$As = \rho_{min} \cdot bw \cdot d$$

$$As (-) = 0,008003 \cdot 30 \text{ cm} \cdot 46,5 \text{ cm}$$

$$As (-) = 11,17 \text{ cm}^2 \quad \text{Equivale a 4 } \varnothing 18\text{mm y 1 } \varnothing 14\text{mm}$$

TRAMO 3 - 4

- $M (-) = 6913,28 \text{ kg}\cdot\text{m}$

Calculamos el coeficiente de resistencia nominal (R_n)

$$R_n = \frac{Mu}{0,9 \times bw \times d^2} = \frac{691328 \text{ kg/cm}}{0,9 \times (30\text{cm}) \times (46,5\text{cm})^2}$$

- $Rn = 11,8417 \text{ kg/cm}^2$

Cuantía necesaria (ρ)

$$\rho_{diseño} = 0,85 \cdot \frac{f'_c}{F_y} \cdot \left[1 - \sqrt{\left(1 - \frac{2 \cdot Rn}{0,85 \cdot f'_c} \right)} \right]$$

$$\rho_{diseño} = 0,85 \cdot \frac{240 \text{ kg/cm}^2}{4200 \text{ kg/cm}^2} \cdot \left[1 - \sqrt{\left(1 - \frac{2 \cdot 11,8417 \text{ kg/cm}^2}{0,85 \cdot 240 \text{ kg/cm}^2} \right)} \right]$$

- $\rho_{diseño} = 0,002906$
- $\rho_{diseño} < \rho_{mínima}$; entonces escogemos la cuantía mínima = 0,002906

Calculamos el acero necesario:

$$As = \rho_{min} \cdot bw \cdot d$$

$$As (-) = 0,003333 \cdot 30 \text{ cm} \cdot 46,5 \text{ cm}$$

$$As (-) = 4,65 \text{ cm}^2 \quad \text{Equivale a 2 } \varnothing 18\text{mm}$$

- $M (+) = 2947,77 \text{ kg}\cdot\text{m}$

Calculamos el coeficiente de resistencia nominal (Rn)

$$Rn = \frac{Mu}{0,9 \times bw \times d^2} = \frac{294777 \text{ kg/cm}}{0,9 \times (30 \text{ cm}) \times (46,5 \text{ cm})^2}$$

- $Rn = 5,0492 \text{ kg/cm}^2$

Cuantía necesaria (ρ)

$$\rho_{diseño} = 0,85 \cdot \frac{f'_c}{F_y} \cdot \left[1 - \sqrt{\left(1 - \frac{2 \cdot Rn}{0,85 \cdot f'_c} \right)} \right]$$

$$\rho_{diseño} = 0,85 \cdot \frac{240 \text{ kg/cm}^2}{4200 \text{ kg/cm}^2} \cdot \left[1 - \sqrt{\left(1 - \frac{2 \cdot 5,0495 \text{ kg/cm}^2}{0,85 \cdot 240 \text{ kg/cm}^2} \right)} \right]$$

- $\rho_{diseño} = 0,001217$
- $\rho_{diseño} < \rho_{mínima}$; entonces escogemos la cuantía mínima = 0,00333

Calculamos el acero necesario:

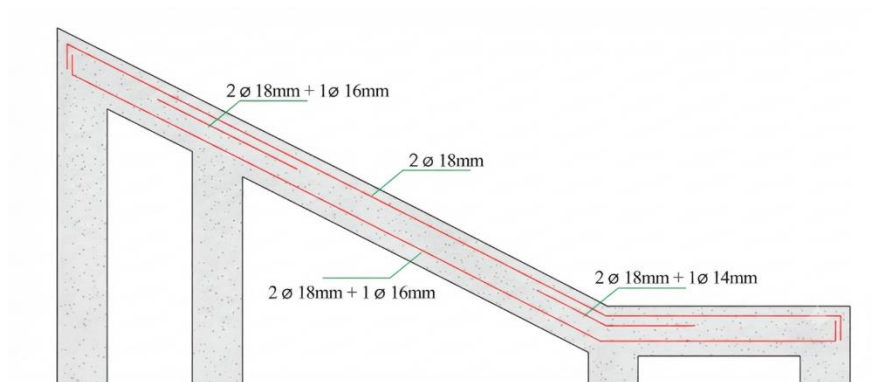
$$A_s = \rho_{min} \cdot b_w \cdot d$$

$$A_s (-) = 0,00333 \cdot 30 \text{ cm} \cdot 46,5 \text{ cm}$$

$$A_s (-) = 4,65 \text{ cm}^2 \quad \text{Equivale a } 2 \text{ } \varnothing 18\text{mm}$$

Ilustración 29

Armado de viga inclinada

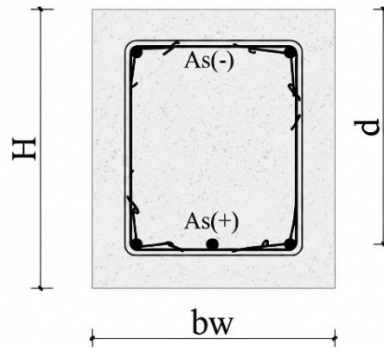


CALCULO PARA DISEÑO DE VIGAS LONGITUDINALES:

Ancho	(bw) = 30 cm
Alto	(H) = 55cm
Recubrimiento	(rec) = 3,5 cm
Resistencia del Hormigón	(f'c) = 240 kg/cm ²
Resistencia del Acero	(Fy) = 4200 kg/cm ²
Momento de diseño	(Mu) = 26 730,62 kg/m
Carga mayorada	(w) = 5511,41 kg/m

Ilustración 30

Sección transversal de viga longitudinal



Acero negativo (-)

Calculamos el coeficiente de resistencia nominal (R_n)

$$R_n = \frac{M_u}{0,9 \times b_w \times d^2} = \frac{2673062 \text{ kg/cm}}{0,9 \times (30 \text{ cm}) \times (51,5 \text{ cm})^2}$$

- $R_n = 32,3277 \text{ kg/cm}^2$

Cuantía necesaria (ρ)

$$\rho_{\text{diseño}} = 0,85 \cdot \frac{f'_c}{F_y} \cdot \left[1 - \sqrt{\left(1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f'_c} \right)} \right]$$

$$\rho_{\text{diseño}} = 0,85 \cdot \frac{240 \text{ kg/cm}^2}{4200 \text{ kg/cm}^2} \cdot \left[1 - \sqrt{\left(1 - \frac{2 \cdot 32,3277 \text{ kg/cm}^2}{0,85 \cdot 240 \text{ kg/cm}^2} \right)} \right]$$

- $\rho_{\text{diseño}} = 0,009896$
- $\rho_{\text{diseño}} < \rho_{\text{mínima}}$; entonces escogemos la cuantía de diseño = 0,009896

Calculamos el acero necesario:

$$A_s = \rho_{\text{min}} \cdot b_w \cdot d$$

$$A_s (-) = 0,009896 \cdot 30 \text{ cm} \cdot 51,5 \text{ cm}$$

$$A_s (-) = 15,29 \text{ cm}^2$$

Equivalente a 4 Ø 20mm y 2 Ø 14mm

Acero positivo (+)

Momento estático

$$Me (+) = \frac{w \times l^2}{12} \quad Me (+) = \frac{(5511,41) \cdot (7,65)^2}{12} \quad Me = 26878,46 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

Momento de diseño

$$Mu (+) = Me \cdot 0,65 \cdot 0,75 \cdot Fm$$

$$Mu (+) = 26878,46 \times 0,65 \times 0,75 \times 1,20$$

$$Mu (+) = 15723,9 \text{ kg} \times \text{m}$$

Calculamos el coeficiente de resistencia nominal (Rn)

$$Rn = \frac{Mu}{0,9 \times bw \times d^2} = \frac{1572390 \text{ kg}/\text{cm}}{0,9 \times (30 \text{ cm}) \times (51,5 \text{ cm})^2}$$

- $Rn = 21,9575 \text{ kg}/\text{cm}^2$

Cuantía necesaria (ρ)

$$\rho_{diseño} = 0,85 \cdot \frac{f'_c}{F_y} \cdot \left[1 - \sqrt{\left(1 - \frac{2 \cdot Rn}{0,85 \cdot f'_c} \right)} \right]$$

$$\rho_{diseño} = 0,85 \cdot \frac{240 \text{ kg}/\text{cm}^2}{4200 \text{ kg}/\text{cm}^2} \cdot \left[1 - \sqrt{\left(1 - \frac{2 \cdot 21,9575 \text{ kg}/\text{cm}^2}{0,85 \cdot 240 \text{ kg}/\text{cm}^2} \right)} \right]$$

- $\rho_{diseño} = 0,005544$

- $\rho_{diseño} > \rho_{mínima}$; entonces escogemos la cuantía de diseño = 0,005544

Calculamos el acero necesario:

$$As = \rho_{min} \cdot bw \cdot d$$

$$As (-) = 0,005544 \cdot 30 \text{ cm} \cdot 51,5 \text{ cm}$$

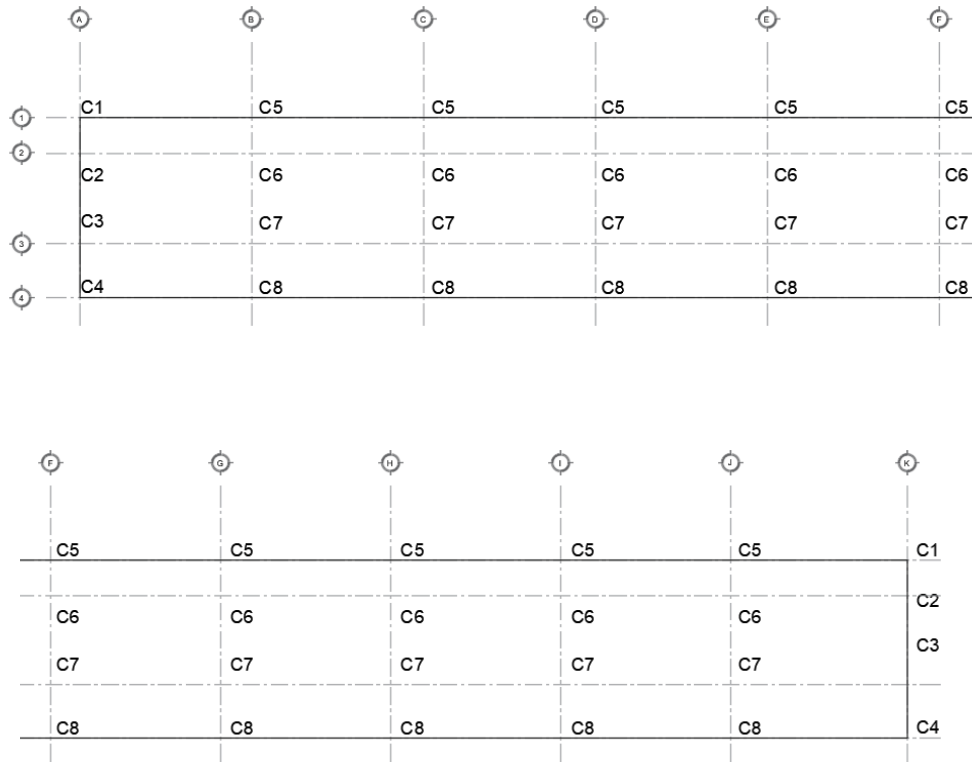
$$As (-) = 8,57 \text{ cm}^2$$

Equivale a 2 Ø 20mm y 1 Ø 18mm

3.2.2.4 COLUMNAS

Ilustración 31

Bloque de diseño de columnas por código



De acuerdo con la Norma ACI 318-19, se debe cumplir con la condición de columna fuerte-viga débil, para evitar que se formen rótulas plásticas en las columnas antes que en la viga.

Por lo que se debe cumplir la siguiente condición:

$I_{\text{columna}} > 1,2 I_{\text{viga}}$.

Siendo $I = \frac{b \cdot h^3}{12}$

En el siguiente cuadro se iteran las dimensiones de vigas y columnas, hasta obtener las secciones adecuadas:

Dirección X-X								
Código	Vigas			Código	Columnas			Verificación I Col > I Viga
	b (cm)	h (cm)	I (cm ⁴)		b (cm)	h (cm)	I (cm ⁴)	
V1	30	55	415937,5	C1	50	60	900000	OK
V2	30	55	415937,5	C2	50	60	900000	OK
V3	30	55	415937,5	C3	50	60	900000	OK
V4	30	55	415937,5	C4	50	60	900000	OK
V5	30	55	415937,5					
V5	30	55	415937,5	C5	60	70	1715000	OK
		Σ	831875					
V6	30	55	415937,5					
V6	30	55	415937,5	C6	65	70	1857917	OK
		Σ	831875					
V7	30	55	415937,5					
V7	30	55	415937,5	C7	65	70	1857917	OK
		Σ	831875					
V8	30	55	415937,5					
V8	30	55	415937,5	C8	60	70	1715000	OK
		Σ	831875					

Dirección Y-Y								
Código	Vigas			Código	Columnas			Verificación I Col > I Viga
	b (cm)	h (cm)	I (cm4)		b (cm)	h (cm)	I (cm4)	
V1	30	50	312500	C1	60	50	625000	OK
V2	30	50	312500	C2	60	50	625000	OK
V3	30	50	312500	C3	60	50	625000	OK
V4	30	50	312500	C4	60	50	625000	OK
V5	30	50	312500	C5	70	60	1260000	OK
V5	30	50	312500					
		Σ	625000					
V6	30	50	312500	C6	70	65	1601979	OK
V6	30	50	312500					
		Σ	625000					
V7	30	50	312500	C7	70	65	1601979	OK
V7	30	50	312500					
		Σ	625000					
V8	30	50	312500	C8	70	60	1260000	OK
V8	30	50	312500					
		Σ	625000					

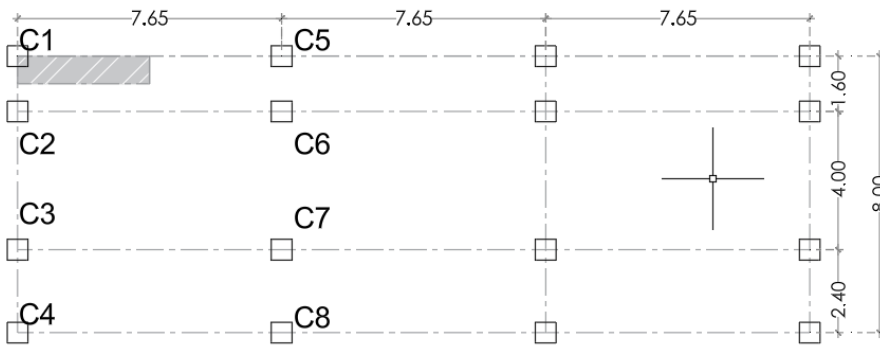
Con ello obtenemos el pre dimensionamiento para cada columna:

TIPO	SECCIÓN COLUMNA (cm)
C1	60X70
C2	50X60
C3	50X60
C4	50X60
C5	65X70
C6	65X70
C7	65X70
C8	60X70

Conociendo las cargas previamente definidas en la sección de cargas de vigas, calcularemos la fuerza que ejercerá sobre cada columna, para verificar que las secciones seleccionadas cumplen con el mínimo requerido.

Columna Tipo C1

- $D_{losaescalonada} = 525 \text{ kg/m}^2$
- $D_{pared} = 126 \text{ kg/m}$
- $D_{entucido} = 63 \text{ kg/m}$
- $D_{vigalongitudinal} = 396 \text{ kg/m}$
- $D_{vigainclinada} = 424,53 \text{ kg/m}$
- $D_{rellenoh.s.} = 138 \text{ kg/m}$
- $Pu_{cercha \text{ metálica}} = 37628,8 \text{ kg}$
- $q_{life,dinamic} = 638,4 \text{ kg/m}^2$



Calculamos:

$$\begin{aligned}
 P_m (\text{losa}) &= C_m * \text{área tributaria} & P_m (\text{losa}) &= (525) * (3,825) * (0,8) & P_m (\text{losa}) &= 1606,5 \text{ kg} \\
 P_m (\text{pared}) &= C_m * \text{largo eje x} & P_m (\text{pared}) &= (126) * (3,825) & P_m (\text{pared}) &= 481,95 \text{ kg} \\
 P_m (\text{enlucido}) &= C_m * \text{largo eje x} & P_m (\text{enlucido}) &= (63) * (3,825) & P_m (\text{enlu.}) &= 240,98 \text{ kg} \\
 P_m (\text{viga long}) &= C_m * \text{largo eje x} & P_m (\text{viga long}) &= (396) * (3,825) & P_m (\text{viga1}) &= 1514,7 \text{ kg} \\
 P_m (\text{viga trans}) &= C_m * \text{largo eje y} & P_m (\text{viga trans}) &= (424,53) * (0,80) & P_m (\text{viga2}) &= 339,62 \text{ kg} \\
 P_m (\text{relleno}) &= C_m * \text{largo eje y} & P_m (\text{relleno}) &= (138) * (0,80) & P_m (\text{relleno}) &= 110,4 \text{ kg} \\
 P_m (\text{cercha metálica}) &= 37628,8 \text{ kg} & & & & \\
 P_m \text{ total} &= 41922,95 \text{ kg} & & & & \\
 P_v (\text{viva}) &= C_v * \text{área tributaria} & P_v (\text{viva}) &= (638,4) * (3,825) * (0,8) & P_v (\text{viva}) &= 1953,50 \text{ kg} \\
 P_u &= 1,2P_m + 1,6P_v = 1,2(41922,95) + 1,6(1953,50)
 \end{aligned}$$

- $P_u = 53433,15 \text{ kg}$

Según ACI 318-19 cap: 18, el P_u debe ser menor al 30% del producto del área de concreto por la resistencia del hormigón:

Tabla 35

Refuerzo transversal para columnas en pórticos especiales resistentes a momentos

Refuerzo transversal	Condición	Expresiones aplicables
$A_{sh}/(sb_c)$ para estribos cerrados de confinamiento rectilíneos	$P_u \leq 0.3A_g f'_c$ y $f'_c \leq 70 \text{ MPa}$	Mayor de (a) y (b) $0.3 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}} \text{ (a)}$ $0.09 \frac{f'_c}{f_{yt}} \text{ (b)}$
	$P_u > 0.3A_g f'_c$ ó $f'_c > 70 \text{ MPa}$	Mayor de (a), (b) y (c) $0.2k_f k_n \frac{P_u}{f_{yt} A_{ch}} \text{ (c)}$
ρ_s para espirales o estribos cerrados de confinamiento circulares	$P_u \leq 0.3A_g f'_c$ y $f'_c \leq 70 \text{ MPa}$	Mayor de (d) y (e) $0.45 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}} \text{ (d)}$ $0.12 \frac{f'_c}{f_{yt}} \text{ (e)}$
	$P_u > 0.3A_g f'_c$ ó $f'_c > 70 \text{ MPa}$	Mayor de (d), (e) y (f) $0.35k_f \frac{P_u}{f_{yt} A_{ch}} \text{ (f)}$

$$Pu < 0,3 \times Ag \times f'c$$

Bajo este criterio despejamos el área de hormigón para columna:

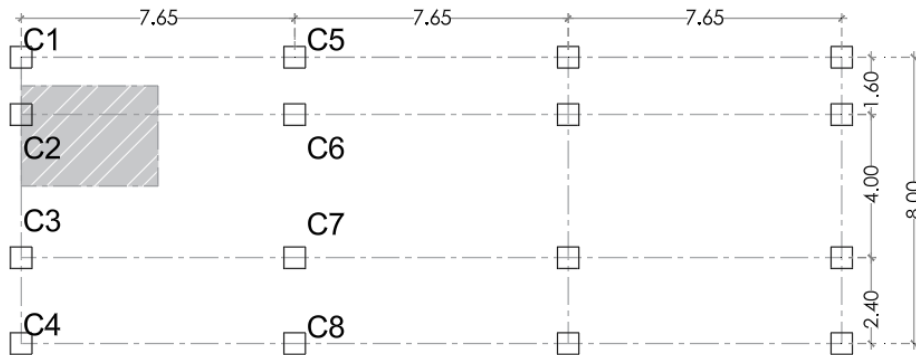
$$Ag = \frac{Pu}{0,3 \times f'c} \quad Ag = \frac{53433,15 \text{ kg}}{0,3 \times (240 \text{ kg/cm}^2)} \quad Ag = 742,13 \text{ cm}^2$$

Comparamos con el área asumida: $60 \times 70 = 4200 \text{ cm}^2$

Ag asumida > Ag requerido por lo tanto **Columna C1 “Cumple”**

Columna Tipo C2

- $D_{losaescalonada} = 525 \text{ kg/m}^2$
- $D_{vigalongitudinal} = 396 \text{ kg/m}$
- $D_{vigainclinada} = 424,53 \text{ kg/m}$
- $D_{rellenoh.s.} = 138 \text{ kg/m}$
- $q_{life,dinamic} = 638,4 \text{ kg/m}^2$



Calculamos:

$$Pm \text{ (losa)} = Cm \times \text{área tributaria} \quad Pm \text{ (losa)} = (525) \times (3,825) \times (2,8) \quad Pm \text{ (losa)} = 5622,75 \text{ kg}$$

$$Pm \text{ (viga long)} = Cm \times \text{largo eje x} \quad Pm \text{ (viga long)} = (396) \times (3,825) \quad Pm \text{ (viga1)} = 1514,7 \text{ kg}$$

$$Pm \text{ (viga trans)} = Cm \times \text{largo eje y} \quad Pm \text{ (viga trans)} = (424,53) \times (2,80) \quad Pm \text{ (viga2)} = 1188,7 \text{ kg}$$

$$Pm \text{ (relleno)} = Cm \times \text{largo eje y} \quad Pm \text{ (relleno)} = (138) \times (2,80) \quad Pm \text{ (relleno)} = 386,4 \text{ kg}$$

$$Pm \text{ total} = 8712,55 \text{ kg}$$

$$Pv \text{ (viva)} = Cv \times \text{área tributaria} \quad Pv \text{ (viva)} = (638,4) \times (3,825) \times (2,8) \quad Pv \text{ (viva)} = 6837,26 \text{ kg}$$

$$Pu = 1,2Pm + 1,6Pv = 1,2(8712,55) + 1,6(6837,26)$$

$$\bullet \quad Pu = 21394,68 \text{ kg}$$

$$Ag = \frac{Pu}{0,3 \times f'c} \quad Ag = \frac{21394,68 \text{ kg}}{0,3 \times (240 \text{ kg/cm}^2)} \quad Ag = 297,14 \text{ cm}^2$$

Comparamos con el área asumida: $50 \times 60 = 3000 \text{ cm}^2$

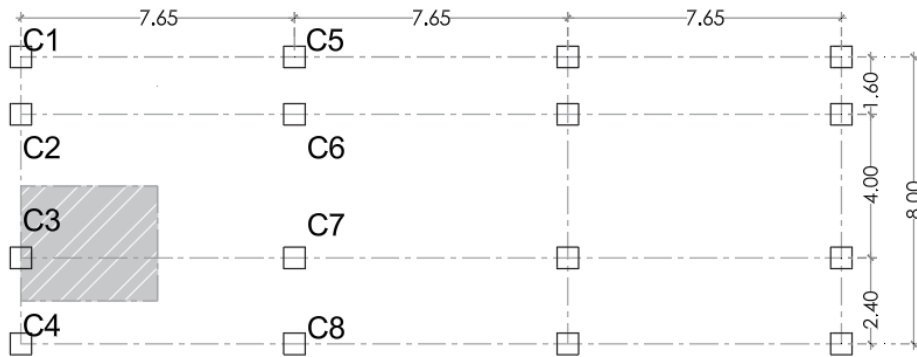
Ag asumida > Ag requerido

por lo tanto

Columna C2 “Cumple”

Columna Tipo C3

- $D_{losaescalonada} = 525 \text{ kg/m}^2$
- $D_{vigalongitudinal} = 396 \text{ kg/m}$
- $D_{vigainclinada} = 424,53 \text{ kg/m}$
- $D_{rellenoh.s.} = 138 \text{ kg/m}$
- $q_{life,dinamic} = 638,4 \text{ kg/m}^2$



Calculamos:

$$P_m (\text{losa}) = C_m * \text{área tributaria} \quad P_m (\text{losa}) = (525) * (3,825) * (3,2) \quad P_m (\text{losa}) = 6426.0 \text{ kg}$$

$$P_m (\text{viga long}) = C_m * \text{largo eje x} \quad P_m (\text{viga long}) = (396) * (3,825) \quad P_m (\text{viga1}) = 1514,7 \text{ kg}$$

$$P_m (\text{viga trans}) = C_m * \text{largo eje y} \quad P_m (\text{viga trans}) = (424,53) * (3,2) \quad P_m (\text{viga2}) = 1358,5 \text{ kg}$$

$$P_m (\text{relleno}) = C_m * \text{largo eje y} \quad P_m (\text{relleno}) = (138) * (3,2) \quad P_m (\text{relleno}) = 441,6 \text{ kg}$$

$$P_m \text{ total} = 9740,80 \text{ kg}$$

$$P_v (\text{viva}) = C_v * \text{área tributaria} \quad P_v (\text{viva}) = (638,4) * (3,825) * (3,2) \quad P_v (\text{viva}) = 7814,02 \text{ kg}$$

$$P_u = 1,2P_m + 1,6P_v = 1,2(9740,80) + 1,6(7814,02)$$

$$\bullet \quad P_u = 24191,38 \text{ kg}$$

$$A_g = \frac{P_u}{0,3 * f'_{c}} \quad A_g = \frac{24294,11 \text{ kg}}{0,3 * (240 \text{ kg/cm}^2)} \quad A_g = 335,99 \text{ cm}^2$$

Comparamos con el área asumida: $50 \times 60 = 3000 \text{ cm}^2$

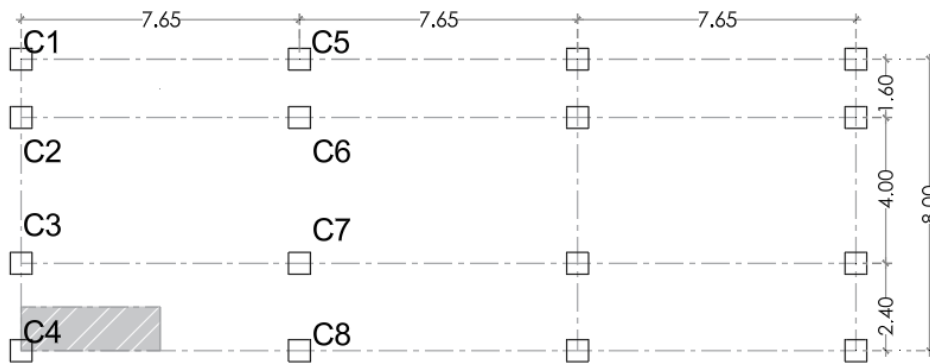
Ag asumida > Ag requerido

por lo tanto

Columna C3 “Cumple”

Columna Tipo C4

- $D_{losaescalonada} = 525 \text{ kg/m}^2$
- $D_{vigalongitudinal} = 396 \text{ kg/m}$
- $D_{vigainclinada} = 424,53 \text{ kg/m}$
- $D_{rellenoh.s.} = 138 \text{ kg/m}$
- $q_{life,dinamic} = 638,4 \text{ kg/m}^2$



Calculamos:

$$\begin{aligned}
 P_m (\text{losa}) &= C_m * \text{área tributaria} & P_m (\text{losa}) &= (525) * (3,825) * (1,2) & P_m (\text{losa}) &= 2409,75 \text{ kg} \\
 P_m (\text{viga long}) &= C_m * \text{largo eje x} & P_m (\text{viga long}) &= (396) * (3,825) & P_m (\text{viga1}) &= 1514,7 \text{ kg} \\
 P_m (\text{viga trans}) &= C_m * \text{largo eje y} & P_m (\text{viga trans}) &= (424,53) * (1,2) & P_m (\text{viga2}) &= 509,44 \text{ kg} \\
 P_m (\text{relleno}) &= C_m * \text{largo eje y} & P_m (\text{relleno}) &= (138) * (1,2) & P_m (\text{relleno}) &= 165,6 \text{ kg} \\
 & & & & P_m \text{ total} &= 4599,49 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$P_v (\text{viva}) = C_v * \text{área tributaria} \quad P_v (\text{viva}) = (638,4) * (3,825) * (1,2) \quad P_v (\text{viva}) = 2930,26 \text{ kg}$$

$$P_u = 1,2P_m + 1,6P_v = 1,2(4599,49) + 1,6(2930,26)$$

$$P_u = 10207,79 \text{ kg}$$

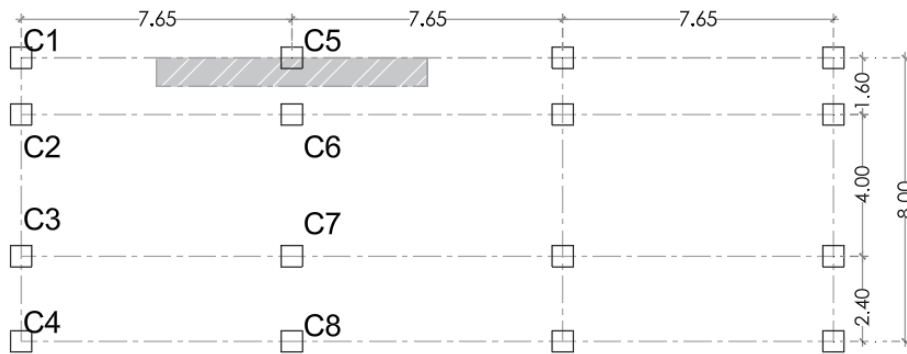
$$A_g = \frac{P_u}{0,3 * f'c} \quad A_g = \frac{10207,79 \text{ kg}}{0,3 * (240 \text{ kg/cm}^2)} \quad A_g = 141,78 \text{ cm}^2$$

Comparamos con el área asumida: $50 \times 60 = 3000 \text{ cm}^2$

Ag asumida > Ag requerido por lo tanto **Columna C4 “Cumple”**

Columna Tipo C5

- $D_{losaescalonada} = 525 \text{ kg/m}^2$
- $D_{pared} = 126 \text{ kg/m}$
- $D_{enlucido} = 63 \text{ kg/m}$
- $D_{vigalongitudinal} = 396 \text{ kg/m}$
- $D_{vigainclinada} = 424,53 \text{ kg/m}$
- $D_{rellenoh.s.} = 138 \text{ kg/m}$
- $Pu_{cercha\text{ metálica}} = 37628,8 \text{ kg}$
- $q_{life,dinamic} = 638,4 \text{ kg/m}^2$



Calculamos:

$Pm \text{ (losa)} = Cm * \text{área tributaria}$	$Pm \text{ (losa)} = (525)*(7,65)*(0,8)$	$Pm \text{ (losa)} = 3213,0 \text{ kg}$
$Pm \text{ (pared)} = Cm * \text{largo eje x}$	$Pm \text{ (pared)} = (126)*(7,65)$	$Pm \text{ (pared)} = 963,9 \text{ kg}$
$Pm \text{ (enlucido)} = Cm * \text{largo eje x}$	$Pm \text{ (enlucido)} = (63)*(7,65)$	$Pm \text{ (enlu.)} = 481,95 \text{ kg}$
$Pm \text{ (viga long)} = Cm * \text{largo eje x}$	$Pm \text{ (viga long)} = (396)*(7,65)$	$Pm \text{ (viga1)} = 3029,4 \text{ kg}$
$Pm \text{ (viga trans)} = Cm * \text{largo eje y}$	$Pm \text{ (viga trans)} = (424,53)*(0,80)$	$Pm \text{ (viga2)} = 339,62 \text{ kg}$
$Pm \text{ (relleno)} = Cm * \text{largo eje y}$	$Pm \text{ (relleno)} = (138)*(0,80)$	$Pm \text{ (relleno)} = 110,4 \text{ kg}$
$Pm \text{ (cercha metálica)} = 37628,8 \text{ kg}$		

$$Pm \text{ total} = 45767,07 \text{ kg}$$

$Pv \text{ (viva)} = Cv * \text{área tributaria}$	$Pv \text{ (viva)} = (638,4)*(7,65)*(0,8)$	$Pv \text{ (viva)} = 3907,01 \text{ kg}$
---	--	--

$$Pu = 1,2Pm + 1,6Pv = 1,2(45767,07) + 1,6(3907,01)$$

- $Pu = 61171,70 \text{ kg}$

$$Ag = \frac{Pu}{0,3 * f'c}$$

$$Ag = \frac{61171,70 \text{ kg}}{0,3 * (240 \text{ kg/cm}^2)}$$

$$Ag = 849,61 \text{ cm}^2$$

Comparamos con el área asumida: $65 \times 70 = 4550 \text{ cm}^2$

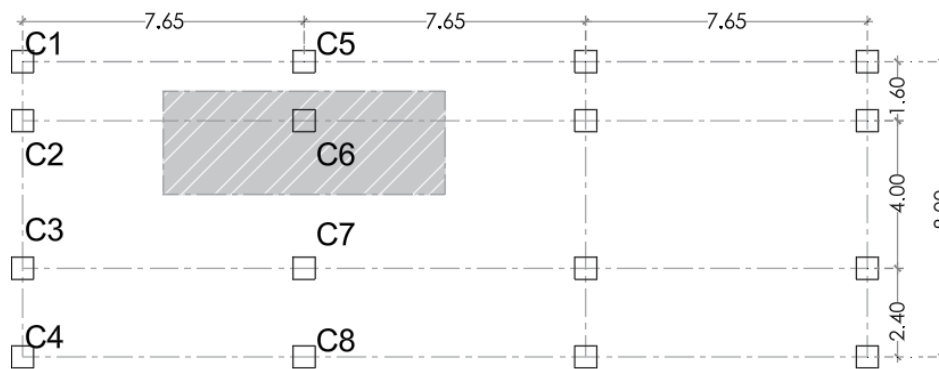
Ag asumida > Ag requerido

por lo tanto

Columna C5 “Cumple”

Columna Tipo C6

- $D_{losaescalonada} = 525 \text{ kg/m}^2$
- $D_{pared} = 126 \text{ kg/m}$
- $D_{vigalongitudinal} = 396 \text{ kg/m}$
- $D_{vigainclinada} = 424,53 \text{ kg/m}$
- $D_{rellenoh.s.} = 138 \text{ kg/m}$
- $q_{life,dinamic} = 638,4 \text{ kg/m}^2$



Calculamos:

$P_m (\text{losa}) = C_m * \text{área tributaria}$	$P_m (\text{losa}) = (525) * (7,65) * (2,8)$	$P_m (\text{losa}) = 11245,5 \text{ kg}$
$P_m (\text{viga long}) = C_m * \text{largo eje x}$	$P_m (\text{viga long}) = (396) * (7,65)$	$P_m (\text{viga1}) = 3029,4 \text{ kg}$
$P_m (\text{viga trans}) = C_m * \text{largo eje y}$	$P_m (\text{viga trans}) = (424,53) * (2,80)$	$P_m (\text{viga2}) = 1188,7 \text{ kg}$
$P_m (\text{relleno}) = C_m * \text{largo eje y}$	$P_m (\text{relleno}) = (138) * (2,80)$	$P_m (\text{relleno}) = 386,4 \text{ kg}$
		$P_m \text{ total} = 15849,98 \text{ kg}$
$P_v (\text{viva}) = C_v * \text{área tributaria}$	$P_v (\text{viva}) = (638,4) * (7,65) * (2,8)$	$P_v (\text{viva}) = 13674,53 \text{ kg}$
$P_u = 1,2P_m + 1,6P_v$	$P_u = 1,2 * (15849,98) + 1,6 * (13674,53)$	$P_u = 40899,23 \text{ kg}$

$Ag = \frac{P_u}{0,3 * f_{tc}}$	$Ag = \frac{40899,23 \text{ kg}}{0,3 * (240 \text{ kg/cm}^2)}$	$Ag = 568,05 \text{ cm}^2$
---------------------------------	--	----------------------------

Comparamos con el área asumida: $65 \times 70 = 4550 \text{ cm}^2$

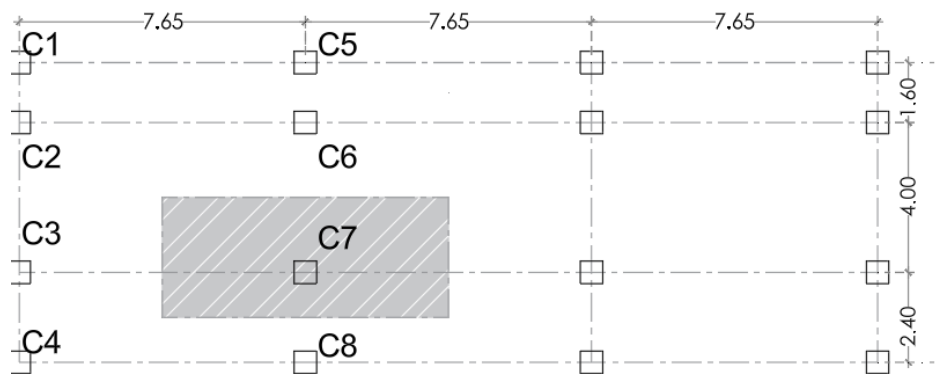
Ag asumida > Ag requerido

por lo tanto

Columna C6 “Cumple”

Columna Tipo C7

- $D_{losaescalonada} = 525 \text{ kg/m}^2$
- $D_{vigalongitudinal} = 396 \text{ kg/m}$
- $D_{vigainclinada} = 424,53 \text{ kg/m}$
- $D_{rellenoh.s.} = 138 \text{ kg/m}$
- $q_{life,dinamic} = 638,4 \text{ kg/m}^2$



Calculamos:

$$\begin{aligned}
 P_m (\text{losa}) &= C_m * \text{área tributaria} & P_m (\text{losa}) &= (525) * (7,65) * (3,2) & P_m (\text{losa}) &= 12852 \text{ kg} \\
 P_m (\text{viga long}) &= C_m * \text{largo eje x} & P_m (\text{viga long}) &= (396) * (7,65) & P_m (\text{viga1}) &= 3029,4 \text{ kg} \\
 P_m (\text{viga trans}) &= C_m * \text{largo eje y} & P_m (\text{viga trans}) &= (424,53) * (3,2) & P_m (\text{viga2}) &= 1358,5 \text{ kg} \\
 P_m (\text{relleno}) &= C_m * \text{largo eje y} & P_m (\text{relleno}) &= (138) * (3,2) & P_m (\text{relleno}) &= 441,6 \text{ kg} \\
 & & & & P_m \text{ total} &= 17681,50 \text{ kg} \\
 P_v (\text{viva}) &= C_v * \text{área tributaria} & P_v (\text{viva}) &= (638,4) * (7,65) * (3,2) & P_v (\text{viva}) &= 15628,03 \text{ kg} \\
 P_u &= 1,2P_m + 1,6P_v = 1,2(17681,50) + 1,6(15628,03)
 \end{aligned}$$

$$\bullet \quad P_u = 46222,65 \text{ kg}$$

$$A_g = \frac{P_u}{0,3 * f'c} \quad A_g = \frac{46222,65 \text{ kg}}{0,3 * (240 \text{ kg/cm}^2)} \quad A_g = 641,98 \text{ cm}^2$$

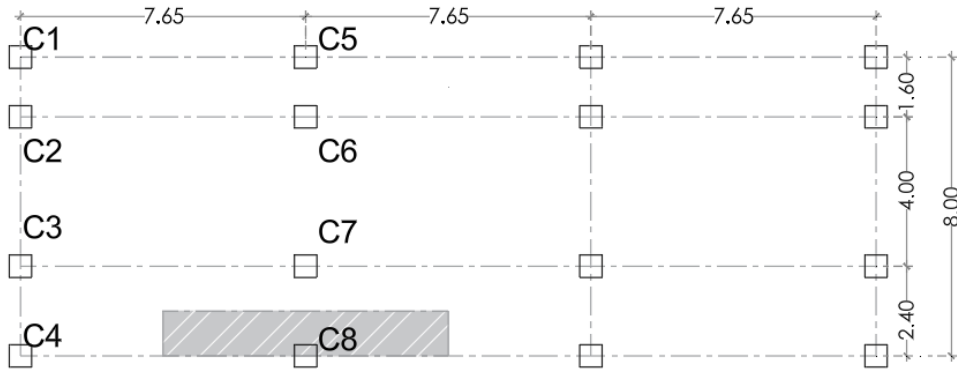
Comparamos con el área asumida: $65 \times 70 = 4550 \text{ cm}^2$

Ag asumida > Ag requerido por lo tanto **Columna C7 “Cumple”**

Columna Tipo C8

- $D_{losaescalonada} = 525 \text{ kg/m}^2$
- $D_{vigalongitudinal} = 396 \text{ kg/m}$

- $D_{vigainclinada} = 424,53 \text{ kg/m}$
- $D_{rellenoh.s.} = 138 \text{ kg/m}$
- $q_{life,dinamic} = 638,4 \text{ kg/m}^2$



Calculamos:

$$\begin{aligned}
 Pm \text{ (losa)} &= Cm * \text{área tributaria} & Pm \text{ (losa)} &= (525)*(7,65)*(1,2) & Pm \text{ (losa)} &= 4819,5 \text{ kg} \\
 Pm \text{ (viga long)} &= Cm * \text{largo eje x} & Pm \text{ (viga long)} &= (396)*(7,65) & Pm \text{ (viga1)} &= 3029,4 \text{ kg} \\
 Pm \text{ (viga trans)} &= Cm * \text{largo eje y} & Pm \text{ (viga trans)} &= (424,53)*(1,2) & Pm \text{ (viga2)} &= 509,44 \text{ kg} \\
 Pm \text{ (relleno)} &= Cm * \text{largo eje y} & Pm \text{ (relleno)} &= (138)*(1,2) & Pm \text{ (relleno)} &= 165,6 \text{ kg} \\
 & & & & Pm \text{ total} &= 8523,94 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$Pv \text{ (viva)} = Cv * \text{área tributaria} \quad Pv \text{ (viva)} = (638,4)*(7,65)*(1,2) \quad Pv \text{ (viva)} = 5860,51 \text{ kg}$$

$$Pu = 1,2Pm + 1,6Pv = 1,2(8523,94) + 1,6(5860,51)$$

- $Pu = 19605,54 \text{ kg}$

$$Ag = \frac{Pu}{0,3*f'c} \quad Ag = \frac{19605,54 \text{ kg}}{0,3 * (240 \text{ kg/cm}^2)} \quad Ag = 272,30 \text{ cm}^2$$

Comparamos con el área asumida: $60 \times 70 = 4200 \text{ cm}^2$

$Ag \text{ asumida} > Ag \text{ requerido}$ por lo tanto **Columna C8 “Cumple”**

Por lo que las secciones de columnas a utilizar serán las definidas en el siguiente cuadro:

TIPO	SECCIÓN COLUMNA (cm)
C1	60X70
C2	50X60
C3	50X60
C4	50X60
C5	65X70
C6	65X70
C7	65X70
C8	60X70

DISEÑO DE COLUMNAS

Conociendo las cargas que actúan sobre la columna, considerando el coeficiente de cortante basal, y el espectro sísmico de diseño, colocamos datos en Etabs, para tomar las cargas axiales, cortantes y momentos en cada eje, y así poder diseñar el elemento.

Ilustración 32

Cargas axiales actuantes sobre las columnas



Se realiza el cálculo de acero longitudinal para el tramo de columna que soportará la estructura metálica de cubierta.

Columna Nivel +3,50 a +5,80 (EJE1 C5)

Datos:

Recubrimiento	=	4 cm
b	=	65 cm
a	=	70 cm
f'c	=	240 kg/cm ²
Fy	=	4200 kg/cm ²
Pu (cercha)	=	37628,8 kg

Capacidad por carga axial de una columna cuadrada con estribos

$$\Phi P_n = (0,65) (0,80) [0,85 \cdot f'_c (A_g - A_s) + F_y \cdot A_s] \quad (\text{Ecuación 10-2 ACI, 08})$$

Resolvemos la ecuación para despejar el área de acero requerido (A_s).

$$P_n = (0,65) (0,80) \cdot (0,85 \cdot 240 \cdot 4550 - 0,85 \cdot 240 \cdot A_s + 4200 \cdot A_s)$$

$$37628,8 = 0,52 [928200 - 204 \cdot A_s + 4200 \cdot A_s]$$

$$37628,8 / 0,52 = 928200 + A_s(4200 - 204)$$

$$A_s = (72363,08 - 928200) / 3996$$

$$A_s = -214,17 \text{ cm}^2$$

Según el análisis, la columna de hormigón soporta por sí mismo la carga axial, por lo que podría reducir su sección y tomar el 1% del área bruta de la columna para obtener el área de acero mínimo requerido.

$$\text{Por lo tanto: } 50 \times 60 = 3000 \text{ cm}^2$$

$$A_s = A_g \cdot 1\%$$

$$A_s = 30,00 \text{ cm}^2$$

Correspondiente a: 12 Φ de 18mm.

Para el cálculo de los siguientes elementos se realizarán iteraciones para determinar el área del acero, a través de los cortantes y momentos últimos mayorados, dados por el programa ETABS, utilizando 2 combinaciones de cargas.

$$\text{CMB1} = 1.2\text{D} + 1.6\text{L}$$

$$\text{CMB2} = 1.2\text{D} + 1\text{L} + 1\text{E}$$

Ilustración 33

Combinación 1 de cargas axiales actuantes sobre las columnas

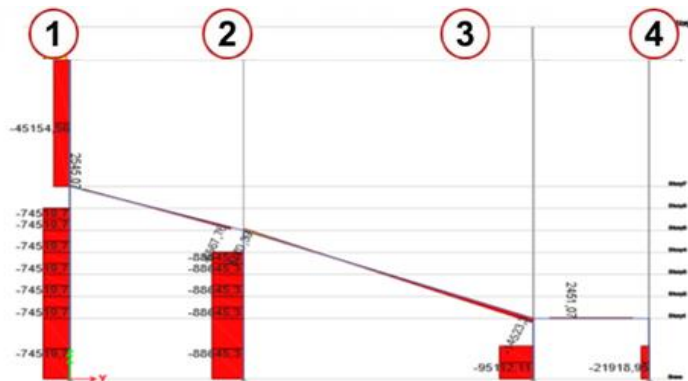


Ilustración 34

Combinación 1 de Momentos actuantes sobre las columnas



Ilustración 35

Combinación 2 de Momentos actuantes sobre las columnas



Columna Nivel +0,00 a +3,50 (EJE1 C5)

Datos:

Recubrimiento =	4 cm
b =	65 cm
a =	70 cm
f'_c =	240 kg/cm ²
F_y =	4200 kg/cm ²
Pu 1 =	74519,70 kg
Mu 1 =	2972,01 kg·m
Mu 2 =	17449,60 kg·m

Calculamos el Pn del elemento:

$$Pn = \frac{Pu}{0,65} = \frac{74519,70 \text{ kg}}{0,65}$$

- $Pn = 114645,69 \text{ kg}$

Sumamos las dos combinaciones de momentos

$$Mt = Mu1 + \delta s \cdot Mu2$$

$$Mt = 2972,01 \text{ kg} + (1,025) \cdot 17449,60 \text{ kg}$$

- $Mt = 20857,85 \text{ kg}$

Definimos la excentricidad:

$$e = \frac{Mt}{Pn} = \frac{20857,85}{114645,69}$$

- $e = 0,182 \text{ m}$

Calculamos nuestro factor geométrico γ :

$$\gamma = \frac{b - 2rec}{b} = \frac{65 - 2(4)}{65}$$

- $\gamma = 0,877 \text{ m}$

Calculamos nuestro factor Kn :

$$Kn = \frac{Pn}{f'c * Ag} = \frac{114645,69}{240 * 65 * 70}$$

- $Kn = 0,105$

Calculamos nuestro factor Rn :

$$Rn = \frac{Pn * e}{f'c * Ag * L} = \frac{114645,69 * 0,182}{240 * 65 * 70 * 70}$$

- $Rn = 0,031$

Utilizando las gráficas del Anexo 3, interpolamos valores:

Interpolando valores	γ	ρz
	0,70	0,01
	0,80	0,01
	0,88	0,01

Por lo tanto:

$$A_s = \rho_z \cdot A_g = (0,01)(65)(70)$$

- $A_s = 45,5 \text{ cm}^2$

Correspondiente a: 12 Φ de 22mm.

Columna Nivel +0,00 a +3,50 (EJE1 C6)

Datos:

Recubrimiento =	4 cm
b	= 65 cm
a	= 70 cm
f'c	= 240 kg/cm ²
Fy	= 4200 kg/cm ²
Pu 1	= 88645,30 kg
Mu 1	= 6262,13 kg·m
Mu 2	= 1834,76 kg·m

Calculamos el P_n del elemento:

$$P_n = \frac{P_u}{0,65} = \frac{88645,3 \text{ kg}}{0,65}$$

- $P_n = 136377,38 \text{ kg}$

Sumamos las dos combinaciones de momentos

$$M_t = M_{u1} + \delta_s \cdot M_{u2}$$

$$M_t = 88645,30 \text{ kg} + (1,025) \cdot 1834,76 \text{ kg}$$

- $M_t = 90525,93 \text{ kg}$

Definimos la excentricidad:

$$e = \frac{M_t}{P_n} = \frac{90525,93 \text{ kg}}{136377,38 \text{ kg}}$$

- $e = 0,66 \text{ m}$

Calculamos nuestro factor geométrico γ :

$$\gamma = \frac{b - 2rec}{b} = \frac{65 - 2(0,66)}{65}$$

- $\gamma = 0,98$

Calculamos nuestro factor Kn :

$$Kn = \frac{Pn}{f'c * Ag} = \frac{136377,38 \text{ kg}}{240 * 65 * 70}$$

- $Kn = 0,125$

Calculamos nuestro factor Rn :

$$Rn = \frac{Pn * e}{f'c * Ag * L} = \frac{136377,38 \text{ kg} * 0,66}{240 * 65 * 70}$$

- $Rn = 0,0012$

Utilizando las gráficas del Anexo 3, interpolamos valores:

Interpolando valores	γ	ρ_z
	0,70	0,01
	0,80	0,01
	0,88	0,01

Por lo tanto:

$$As = \rho_z \cdot Ag = (0,01)(65)(70)$$

$$As = 45,5 \text{ cm}^2$$

Correspondiente a: 12 Φ de 22mm

Columna Nivel +0,00 a +1,50 (EJE1 C7)

Datos:

Recubrimiento =	4 cm
b	= 65 cm
a	= 70 cm
f'_c	= 240 kg/cm ²
F_y	= 4200 kg/cm ²
Pu 1	= 95112,11 kg
Mu 1	= 3677,68 kg·m
Mu 2	= 12257,75 kg·m

Calculamos el P_n del elemento:

$$P_n = \frac{P_u}{0,65} = \frac{95112,11 \text{ kg}}{0,65}$$

- $P_n = 146326,32 \text{ kg}$

Sumamos las dos combinaciones de momentos

$$M_t = M_{u1} + \delta_s \cdot M_{u2}$$

$$M_t = 3677,68 \text{ kg} + (1,025) \cdot 12257,75 \text{ kg}$$

- $M_t = 16241,87 \text{ kg}$

Definimos la excentricidad:

$$e = \frac{M_t}{P_n} = \frac{16241,87 \text{ kg}}{146326,32 \text{ kg}}$$

- $e = 0,111 \text{ m}$

Calculamos nuestro factor geométrico γ :

$$\gamma = \frac{b - 2rec}{b} = \frac{65 - 2(0,111)}{65}$$

- $\gamma = 0,88 \text{ m}$

Calculamos nuestro factor K_n :

$$K_n = \frac{P_n}{f'_c * A_g} = \frac{146326,32 \text{ kg}}{240 * 65 * 70}$$

- $K_n = 0,134$

Calculamos nuestro factor Rn :

$$Rn = \frac{Pn * e}{f'c * Ag * L} = \frac{146326,32 \text{ kg} * 0,111}{240 * 65 * 70}$$

- $Rn = 0,024$

Utilizando las gráficas del Anexo 3, interpolamos valores:

Interpolando valores	γ	ρz
	0,70	0,01
	0,80	0,01
	0,88	0,01

Por lo tanto:

$$As = \rho z \cdot Ag = (0,01)(65)(70)$$

- $As = 45,5 \text{ cm}^2$

Correspondiente a: 12 Φ de 22mm

Columna Nivel +0,00 a +1,50 (EJE1 C8)

Datos:

Recubrimiento =	4 cm
b	= 65 cm
a	= 70 cm
$f'c$	= 240 kg/cm ²
Fy	= 4200 kg/cm ²
Pu 1	= 21918,95 kg
Mu 1	= 1470,64 kg·m
Mu 2	= 5965,91 kg·m

Calculamos el Pn del elemento:

$$Pn = \frac{Pu}{0,65} = \frac{21918,95 \text{ kg}}{0,65}$$

- $Pn = 33721,46 \text{ kg}$

Sumamos las dos combinaciones de momentos

$$Mt = Mu1 + \delta s \cdot Mu2$$

$$Mt = 1470,64 \text{ kg} \times m + (1,025) \cdot 5965,91 \text{ kg} \times m$$

- $Mt = 7585,7 \text{ kg}$

Definimos la excentricidad:

$$e = \frac{Mt}{Pn} = \frac{7585,7 \text{ kg}}{33721,46 \text{ kg}}$$

- $e = 0,225 \text{ m}$

Calculamos nuestro factor geométrico γ :

$$\gamma = \frac{b - 2rec}{b} = \frac{65 - 2(0,225)}{65}$$

- $\gamma = 0,87 \text{ m}$

Calculamos nuestro factor Kn :

$$Kn = \frac{Pn}{f'c * Ag} = \frac{33721,46 \text{ kg}}{240 * 65 * 70}$$

- $Kn = 0,033$

Calculamos nuestro factor Rn :

$$Rn = \frac{Pn * e}{f'c * Ag * L} = \frac{33721,46 \text{ kg} * 0,225}{240 * 65 * 70}$$

- $Rn = 0,0012$

Utilizando las gráficas del Anexo 3, interpolamos valores:

Interpolando valores	γ	ρz
	0,70	0,01
	0,80	0,01
	0,87	0,01

Por lo tanto:

$$As = \rho z \cdot Ag = (0,01)(65)(70)$$

- $As = 45,5 \text{ cm}^2$

Correspondiente a: 12 Φ de 22mm

3.2.3 MODELACIÓN ESTRUCTURAL EN SOFTWARE

La modelación estructural en software para construcciones de hormigón armado implica idealizar la estructura mediante elementos unidimensionales y bidimensionales. Para que el análisis informático sea representativo de la respuesta sísmica real, el modelo debe incorporar la reducción de rigidez por agrietamiento en vigas, columnas y muros recomendada por el código ACI 318, evitando sobreestimar la rigidez global del sistema."(*ACI CODE-318-19(22): Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary (Reapproved 2022)*, s. f.)

Esto fue un paso esencial que nos permitió predecir el comportamiento de la estructura ante distintas combinaciones de carga, asegurar la estabilidad global y el cumplimiento de los estados límite de servicio y resistencia. Para este proyecto, se utilizó el software ETABS, reconocido por su precisión en el análisis estructural de elementos de hormigón armado y acero.

Se desarrolló un modelo tridimensional con todos los elementos relevantes del sistema: columnas de hormigón armado, losa escalonada, vigas principales y secundarias, mientras que las cargas producidas por la estructura metálica de cubierta fueron tomadas desde SAP2000 e incluidas como pesos puntuales sobre las columnas.

El análisis estructural incluyó:

- Análisis lineal estático para las cargas gravitacionales (muerta y viva).
- Análisis espectral modal para las acciones sísmicas, utilizando el espectro de diseño elástico e inelástico estipulado en la NEC-SE-DS (2015).
- Combinaciones de carga definidas según el método LRFD, mayorando las acciones para compararlas con la resistencia nominal reducida de cada elemento estructural, en conformidad con el ACI 318-19.

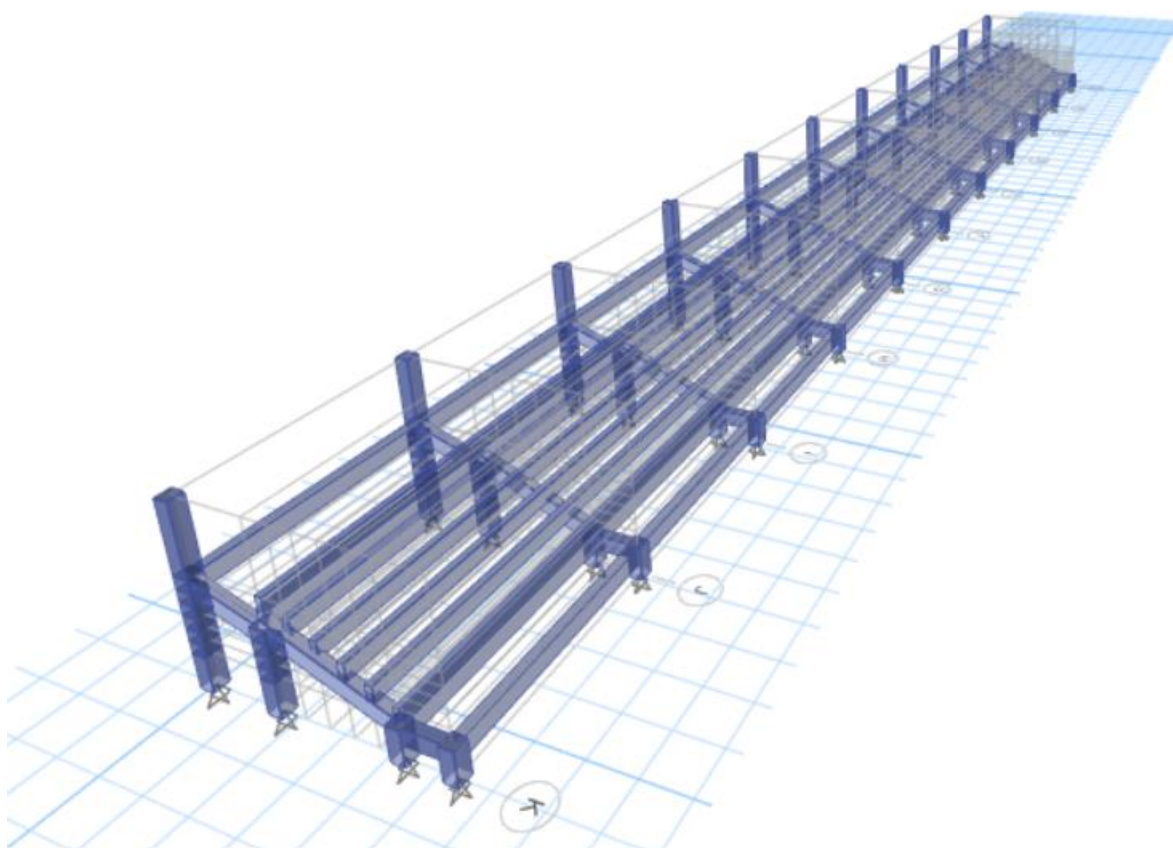
La adopción de una estructura empotrada como técnica de modelación responde a recomendaciones establecidas en la propia documentación de CSI (Computers and Structures Inc.), lo que garantiza

una representación realista del efecto de la rigidez del terreno, especialmente considerando la clasificación de suelo tipo D para el área de estudio.

Con esta modelación se buscó garantizar que el diseño estructural si cumple con las normativas y requisitos de seguridad.

Ilustración 36

Modelación estructural en Etabs



3.3 METODOLOGÍA DEL O.E.3: ELABORAR EL PRESUPUESTO REFERENCIAL DEL PROYECTO CONSIDERANDO COSTOS DE MATERIALES, MANO DE OBRA Y RECURSOS NECESARIOS PARA LA CONSTRUCCION DEL PROYECTO.

El presente presupuesto referencial contempla exclusivamente los rubros correspondientes al sistema estructural de hormigón armado y a la cubierta metálica, elementos que constituyen el objetivo principal 2 del presente trabajo de titulación. En este sentido, no se incluyen dentro del análisis económico los rubros relacionados con el sistema eléctrico, el sistema hidrosanitario, ni los acabados y revestimientos del escenario deportivo, dado que estos componentes no forman parte del alcance técnico definido para el pre diseño estructural desarrollado bajo la normativa AISC 360.

Esta delimitación responde a que el enfoque de la investigación se centra netamente en la concepción, análisis y dimensionamiento de los graderíos de hormigón armado y su respectiva cubierta metálica, por lo que la valoración económica presentada debe entenderse como un presupuesto referencial parcial, orientado únicamente a los componentes estructurales objeto de estudio, y no como un presupuesto integral de la obra.

Los valores unitarios aplicados son referenciados a los del sistema nacional de contratación pública.

3.3.1 PRESUPUESTO REFERENCIAL

PRESUPUESTO REFERENCIAL					
TEMA:	PRE-DISEÑO ESTRUCTURAL DE GRADERÍOS DE HORMIGON ARMADO Y CUBIERTA METALICA APLICANDO AISC 360 PARA ESCENARIO DEPORTIVO				
UBICACIÓN:	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA - LA LIBERTAD				
DETALLE DE OBRA					
Nº	DESCRIPCIÓN DEL RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	SUBTOTAL
ESTRUCTURA					
3	RIOSTRA DE Ho. Ao. F'C=210KG/CM2	m3	31,27	\$ 467,03	\$ 14.604,03
4	COLUMNA DE Ho. Ao. F'C=240KG/CM2	m3	58,18	\$ 559,09	\$ 32.527,86
5	VIGA DE Ho. Ao. F'C=240KG/CM2	m3	187,75	\$ 520,67	\$ 97.755,79
7	MAMPOSTERIA DE BLOQUE LIVIANO PL-9	m2	504,03	\$ 19,35	\$ 9.752,98
8	ENLUCIDO DE PARED	m2	1008,06	\$ 11,11	\$ 11.199,55
9	ENLUCIDO DE FILOS	ml	96,00	\$ 4,05	\$ 388,80
10	ENLUCIDO DE LOSA	m2	226,22	\$ 12,39	\$ 2.802,87
11	GRADERIO Ho. Ao. F'C=240KG/CM2	m2	264,35	\$ 194,33	\$ 51.371,14
12	LOSA MAZIZA DOS DIRECCIONES DE Ho.Ao. F'c=240 kg/cm2 e=16cm	m2	296,22	\$ 187,47	\$ 55.532,36
CUBIERTA					
13	CUBIERTA DE GALVALUMEN e=0,40mm	m2	919,15	\$ 31,81	\$ 29.238,20
6	ACERO ESTRUCTURAL A36 Fy=2530KG/CM2	kg	13228,66	\$ 3,97	\$ 52.517,78
				TOTAL:	\$ 305.173,57

CAPÍTULO IV

ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

Como resultado del **Objetivo Específico 1** acerca del diseño arquitectónico preliminar se presentó un diseño acorde a normativas vigentes, a las condiciones físicas del terreno y a necesidades del campus universitario.

El graderío tiene una longitud que brindará amplia visibilidad desde cualquier ubicación, debido a los cinco niveles escalonados de concreto armado que están diseñados para que cada espectador tenga un espacio adecuado y cómodo, la escalinatas laterales y espacios accesibles fueron diseñados para que personas con movilidad reducida puedan movilizarse fácilmente; mientras que, las longitudes y características de los elementos que componen la cubierta metálica garantizan protección solar y pluvial de acuerdo al clima que pueda presentarse.

El diseño arquitectónico realizado en AutoCAD y su visualización 3D mediante SketchUp, nos permitió incluir las imágenes adecuadas en la sección de Anexos y mediante estos fue más preciso el análisis estructural posterior.

En cumplimiento del **Objetivo Específico 2** se realizó el cálculo de cargas actuantes y el pre dimensionamiento de sus componentes. La cubierta se diseñó de material Galvalume de $e=0,40$ mm, con una pendiente de cubierta de 5% a una sola caída, que deberá ser apoyada en cerchas trianguladas tipo Pratt mismas que deberán ser instaladas mediante soldadura en la placa de $e=10$ mm, placa que deberá ser empotrada en el momento de fundir las columnas de hormigón. La cercha está compuesta de cordón superior en perfil C, cordón inferior en perfil C, cordón posterior de perfil 2L, diagonales de perfil 2L y parantes en perfil 2L. Con una fuerza axial $P_u=37628,8$ kg que será transmitida hacia la columna en que será empotrada.

En la estructura metálica se verificó el pandeo de elementos comprimidos, y su resistencia a tracción. Este sistema permite tener una alta capacidad portante y de rigidez frente a deformaciones y un comportamiento favorable ante efectos sísmicos y de servicio, lo que permite una distribución

eficiente de esfuerzos hacia la cimentación. Por último, en el modelo estructural con ETABS, los marcos se representan mediante elementos tipo viga-columna, permitiendo que el sistema diseñado garantice continuidad estructural, rigidez transversal y respuesta adecuada ante cargas de viento y sismo.

También se realizó el cálculo de cargas que actúan en el graderío y el pre dimensionamiento de sus elementos, se presentó un diseño para la gradería mediante losas inclinadas escalonadas con huella de 0,80 m y 0,40 m de contrahuella, con un espesor de 100 mm en huella y 200 mm en contrahuella; la armadura calculada para la huella debe ser prolongada verticalmente de manera que se una a las varillas longitudinales de la contrahuella, de manera que la estructura sea más segura, los componentes de las losas será apoyados sobre un sistema de pórticos de hormigón armado, compuesto por elementos columnas y vigas integradas, lo cual proporciona rigidez y resistencia frente a las cargas calculadas y permite:

- Tener una conexión rígida entre ellos
- Simular la interacción estructural
- Cálculo de momentos, cortantes y desplazamiento bajo cargas aplicadas

Para la losa escalonada, las columnas y vigas se consideró hormigón armado con una resistencia del $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$, mientras que para rellenar el espacio entre la losa escalonada y las vigas se consideró hormigón simple, según los cálculos previstos. Se verificaron las solicitaciones en flexión y cortante, además de la interacción de la cubierta metálica con el sistema de pórticos.

Las dimensiones adoptadas para columnas son (500x600 mm, 600x700 y 650x700 mm) y para las vigas (300x550 mm y 300x500 mm) esto asegura el cumplimiento de criterios de resistencia, rigidez y durabilidad.

El análisis estructural se realizó con Etabs, empleando un modelo tridimensional que integró vigas, columnas, losas escalonadas y la cubierta metálica.

Por otro lado, se reafirma que los cálculos, procedimientos y criterios de diseño expuestos en la metodología del Objetivo Específico 2 garantizan la estabilidad global del sistema estructural, la seguridad de los usuarios y el cumplimiento de las normativas nacionales e internacionales aplicables, incluyendo la NEC-15, ACI 318-19, ASCE 7-16 y AISC 360-16. Este respaldo técnico

permite que el diseño del graderío y la cubierta metálica sea funcional, confiable y adaptado a las condiciones locales de la provincia de Santa Elena.

La elaboración del presupuesto referencial del graderío de hormigón armado con cubierta metálica se realizó en cumplimiento con el Objetivo Específico 3, este sintetizó la cuantificación física del proyecto (cálculos métricos), los análisis de precios unitarios (APU) y la estructuración total de costos directos.

La estructura del presupuesto se dividió de manera formal en Costos Directos desglosados de la siguiente manera:

- Materiales: Hormigón armado, acero de refuerzo, estructura metálica, cubierta, encofrados.
- Mano de obra: Cuadrillas especializadas, rendimientos.
- Equipos y herramientas: Equipo pesado/mediano, equipo menor

Lo que permitió presentar una tabla referencial y parcial de la inversión que deberá considerarse al momento de llevar a cabo esta importante construcción.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Cumpliendo con el Objetivo Específico 1, se realizó el diseño arquitectónico preliminar de los graderíos permitió establecer un espacio funcional y seguro para los usuarios del escenario deportivo, al ser realizado con base en normativas de construcción nacionales e internacionales y considerando factores ambientales específicos de la provincia de Santa Elena.

La orientación este-oeste y la pendiente de la cubierta aseguran la protección necesaria según el clima que se presente. Además, la incorporación de elementos como rampas, espacios reservados para personas con movilidad reducida y áreas de evacuación refuerza la accesibilidad e inclusión. El diseño modular de once segmentos de columnas alineadas, la plataforma escalonada de hormigón armado apoyada sobre vigas cargadoras y cubierta metálica liviana, no solo brindará un espacio adecuado, sino que también provee seguridad y factibilidad constructiva, afianzando así una propuesta que responde a los estándares de calidad para una infraestructura deportiva.

Cumpliendo con el Objetivo Específico 2, se pre dimensionó los graderíos de hormigón armado con cubierta metálica bajo requisitos normativos vigentes, que priorizan la seguridad frente a cargas estáticas y dinámicas, así como la estabilidad global del sistema. Se definió un sistema constructivo mixto que combina la resistencia del hormigón armado para las gradas y la ligereza de las cerchas metálicas en la cubierta. El análisis estructural fue modelado en software SAP2000 y Etabs, luego de ser realizado usando normas como la AISC 360, NEC-15, ACI 318-19 y ASCE 7-16, que nos permitió verificar la respuesta del sistema ante cargas muertas, vivas, de viento y sísmicas, incluyendo la consideración de efectos dinámicos generados por la ocupación de los graderíos. Bajo estos chequeos favorables se demostró que la estructura tendrá un correcto funcionamiento en el caso de que ocurra un evento sísmico.

Cumpliendo con el Objetivo Específico 3, se presentó un presupuesto referencial de \$407491,55 que se encuentra desglosado de manera clara en costos preliminares, movimiento de tierra, recursos asociados a la construcción de la estructura de hormigón y de la estructura metálica.

Este análisis fue realizado a partir de precios unitarios actualizados del mercado local y considerando la particularidad constructiva de la provincia de Santa Elena. Esto permitió elaborar un desglose detallado de partidas y establecer un costo aproximado por metro cuadrado que servirá como base para para la planificación financiera. Esta herramienta resultó fundamental para evaluar la viabilidad del proyecto y en el futuro gestionar los recursos de manera eficiente.

5.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda implementar graderíos con cubierta en la cancha de césped de la Universidad Estatal Península de Santa Elena ya que esto motiva a la práctica de deportes de los estudiantes, docentes y personal administrativo, bajo un ambiente adecuado para los espectadores

Se recomienda profundizar en estudios de confort técnico y visual utilizando herramientas de simulación más avanzadas, asimismo, se recomienda incluir vegetación o elementos paisajísticos que se integren armoniosamente con el entorno y potencien la experiencia de los asistentes.

Al realizar el diseño definitivo de este proyecto se recomienda aprovechar al máximo el espacio disponible bajo las gradas implementando servicios sanitarios, bar, área administrativa, etc.

Se recomienda colocar señalética a los espacios especialmente destinados para personas con movilidad reducida.

Se recomienda a la UPSE realizar los estudios geotécnicos en el área de implantación como lo indica la NEC-2015, es decir hasta una profundidad de 30 m, y en base a esto realizar el cálculo y diseño de cimentación adecuada, para que la estructura en general sea un sitio seguro ante movimientos sísmicos o que los daños en elementos estructurales y no estructurales sean mínimos.

Previo al inicio de las excavaciones, deberá realizarse el replanteo topográfico del área de intervención, así como la limpieza y desbroce del terreno, retirando la capa vegetal y cualquier material orgánico o inestable que pueda afectar la capacidad portante del suelo, también se recomienda que el material producto de la excavación para la cimentación sea clasificado para determinar su posible reutilización como relleno si un sitio dentro de la ciudadela universitaria lo requiere. Los materiales no aptos deberán ser transportados y dispuestos en sitios autorizados, cumpliendo la normativa ambiental vigente.

Se recomienda el uso de hormigón premezclado frente al elaborado en obra ya que reduce tiempos de ejecución y variabilidad en los costos de mano de obra en áreas extensas.

5.3 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI 318-19. (2019). American Concrete Institute. <https://doi.org/10.14359/51716937>
- ACI CODE-318-19(22): *Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary (Reapproved 2022)*. (s. f.). Recuperado 3 de agosto de 2026, de https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=318U19&Language=English&Units=US_Units
- Anzules Viteri, M. A. (2026). “*Diseño de escalinata para dar accesibilidad en la calle El Calvario entre Juan Montalvo y Colón de la ciudad de Jipijapa*”. [bachelorThesis, Jipijapa - Unesum]. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/9498>
- Arias, F. G. (2012). *El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica. 6ta. Edición*. Fideas G. Arias Odón.
- ASCE 7-22. (2022). <https://www.asce.org/publications-and-news/codes-and-standards/asce-sei-7-22>
- Bazán, E., & Meli, R. (2000). *Diseño sísmico de edificios Bazan y Meli*. https://www.academia.edu/36401028/Diseno_Sismico_de_Edificios_Bazan_y_Meli
- Borobio, L. (1988). Escaleras. *Re. Revista de Edificación*, 4, 22-33.
- Cáceres, P. (2025). *Guia básica de prediseño de estructuras para edificaciones-signed*.
- Cauas, D. (2013). *Variables, enfoque y tipo de investigación*.
- Cervera Ruiz, M., & Blanco Díaz, E. (2009). *Mecánica de estructuras. Libro 1, Resistencia de materiales* ([2ª ed., reimpr.]). Universitat Politècnica de Catalunya.
- Chacha Guala, L. E., & Sánchez Vallesteros, J. W. (2016). *Introducción al diseño unión viga-columna para estructuras metálicas livianas o de baja altura* [bachelorThesis, Quito, 2016.]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16009>
- Chazaro Rosario, C. (2019). *Diseño de Conexiones en Estructuras de Acero 2019*. Studocu. <https://www.studocu.com/es-mx/document/universidad-de-guanajuato/ingenieria-civil/disenio-de-conexiones-2019-min-min/64044369>
- Chopra, A. K. (s. f.). *Dinámica de estructuras*.
- Coveña Muñoz, J. (2022). *Irregularidad en planta y elevación de edificios en el Ecuador*. eaweb.ec. (s. f.). *Dismetel—TECHO (GALVALUME)*. Recuperado 17 de agosto de 2026, de <https://dismetel.ec/productos/paneles/techo-galvalume>
- Esteban Nieto, N. (2018). *Tipos de Investigación*.

Freire Ortiz, W. D. (2022). *Diseño y cálculo de un escenario deportivo tipo estadio de fútbol con capacidad para 2000 personas en el caserío El Porvenir perteneciente al cantón Mocha, provincia de Tungurahua*. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/36492>

García-Ramírez, Y., & Segarra-Morales, S. (2022). Mejora del diseño de titulación en la carrera de ingeniería civil: Caso de estudio ecuatoriano. *HUMAN REVIEW. International Humanities Review / Revista Internacional de Humanidades*, 11(Monográfico), 1-13.

Gavidia González, A. C., & Subía Sánchez, A. M. (2015). *Elaboración de los procedimientos de fabricación y montaje de una estructura de acero para un edificio Tipo*. Escuela Politecnica Nacional.

Hernández, L. (1991). Las especificaciones en el diseño. *Ingeniería e Investigación*, 33-37.

Inside FIFA. (s. f.-a). Recuperado 6 de agosto de 2026, de <https://inside.fifa.com>

Inside FIFA. (s. f.-b). Recuperado 6 de agosto de 2026, de <https://inside.fifa.com>

Liévano Ortiz, J. N. (2022). La importancia de los espacios y escenarios deportivos para la práctica de la recreación y el deporte. *Revista Internacional de Pedagogía e Innovación Educativa*, 2(2),

Lopez, M. D. R., & Giraldo, J. J. A. (2008). *COMPARACION TECNICO-FINANCIERA DEL ACERO ESTRUCTURAL Y EL HORMIGON ARMADO*.

Malagón Zafra, D. (2018). *CERCHAS Y CELOSIAS RAZÓN DE SER Y DESARROLLO DE SOFTWARE*.

Mamani Villalobos, C. G. (2024). *Evaluación de requerimientos de ductilidad para elementos de concreto armado resistentes a sismo en edificios con aislamiento sísmico*. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/27955>

Mera Huilca, F. E. (2024). *EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UN EDIFICIO DE ACERO DISEÑADO CON EL SISTEMA DUAL Y USANDO COLUMNAS DE SECCIÓN I*.

Ministerio de Infraestructura y Tecnología. (2015). <https://www.mit.gob.ec/norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>

Moran, M. (s. f.). Ciudades. *Desarrollo Sostenible*. Recuperado 6 de agosto de 2026, de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>

Pacurucu Ramon, E. E., & Vallejo Peralta, E. D. (2025). *Diseño estructural de una cubierta metálica en voladizo, ubicada en la comunidad de Sacre, en el cantón Guachapala, de la provincia del Azuay* [bachelorThesis]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/30967>

- Pestana Morejón, L., & Rodríguez García, C. (2016). Análisis de parámetros influyentes en el diseño de columnas esbeltas según la NC 207:2003. *Revista Arquitectura e Ingeniería*, 10(1), 5. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6362090>
- Pinoargote Rovello, V. A. (2014). *Verificación del factor de reducción sísmico R, para el análisis inelástico de estructuras de hormigón armado de acuerdo al NEC-11*. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/1332>
- Ramos-Galarza, C. (2021). Editorial: Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica*, 10(1), 1-7. <https://doi.org/10.33210/ca.v10i1.356>
- Rendón Figueroa, G. M. (2023). *Diseño estructural de reservorio de agua rectangular de 120 m³ aplicando la normativa ACI 350-06 para un suelo tipo D*. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/10567>
- Reyes Peredo, G. R. (2026). *Evaluación acorde a la norma NEC vivienda 2015 del comportamiento estructural de edificaciones de dos pisos ubicadas en sectores de alta peligrosidad sísmica*. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/15817>
- Rivera Cugler, D. (2015). *Anteproyecto de construcción de gradas con cubierta en el campo de fútbol Lendoiro, en A Barcala (Cambre)*. <http://hdl.handle.net/2183/16023>
- Rodas Andrade, H. (2014). *Estructuras 1 Apuntes de Clase*. Universidad de Cuenca. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=693803>
- Rodríguez Jiménez, A., & Pérez Jacinto, A. O. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, (82), 175-195.
- Salas, J. (1981). Graderías y prefabricación. *Informes de la Construcción*, 33(333-334-335-336),
- Santiana Bazán, J. A., & Roca Larrea, G. A. (2023). *Prediseño estructural de una edificación residencial de 5 pisos para el uso de los estudiantes de la Universidad Estatal Península de Santa Elena*. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/9203>
- Valle, A. del. (2025). *Glosario ilustrado de patología del hormigón*. <https://hdl.handle.net/2117/457722>
- Villarreal Castro, G. (2007). *Interacción suelo-estructura en edificios altos*.

5.4 ANEXOS

Anexo 1

HOJAS DE CÁLCULO PARA EL ESPECTRO DE DISEÑO DE ACELERACIONES DE LA ESTRUCTURA METÁLICA PARA CUBIERTA

ESPECTRO DE DISEÑO DE ACELERACIONES

CIUDAD	ANTA ELENA
REGIÓN	COSTA
TIPO DE OBRA	GRADERIOS
TIPO DE ESTRUCTURA	HORMIGÓN
ZONA	VI
Z	0,5
n	1,8
TIPO DE SUELO	D
r	1
Fa	1,12
Fd	1,11
Fs	1,4
I	1,3
R	8
ϕ_p	1
ϕ_c	0,81
W(T)	15,22
Ct	0,055
α	0,9
h	5,8
T	0,26757645
To	0,13875
Tc	0,763125

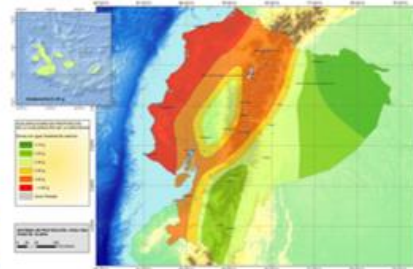
N° PISOS	ALtura CIPISOREA PLANTA
0	5,8
	614,4

$$T = C_t * h^\alpha$$

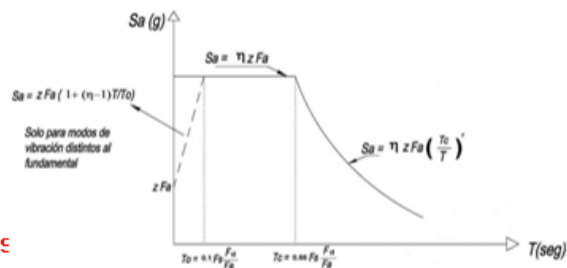
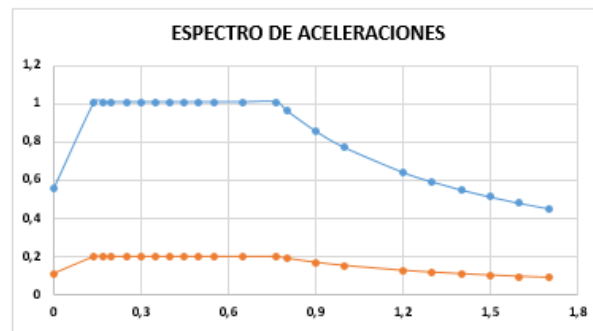
$$T_o = 0,1 + F_s * \frac{F_d}{F_a}$$

$$T_c = 0,55 * F_s * \frac{F_d}{F_a}$$

$$C_s = \frac{S_a * I}{\phi_p * \phi_c * R}$$



T(seg)	Sa(g)	Cs(g)
0	0,56	0,11235
0,13875	1,008	0,20222
0,17	1,008	0,20222
0,2	1,008	0,20222
0,25	1,008	0,20222
0,3	1,008	0,20222
0,35	1,008	0,20222
0,4	1,008	0,20222
0,45	1,008	0,20222
0,5	1,008	0,20222
0,55	1,008	0,20222
0,65	1,008	0,20222
0,763125	1,008	0,20222
0,8	0,96154	0,1929
0,9	0,8547	0,17147
1	0,76923	0,15432
1,2	0,64103	0,1286
1,3	0,59172	0,11871
1,4	0,54945	0,11023
1,5	0,51282	0,10288
1,6	0,48077	0,09645
1,7	0,45249	0,09078

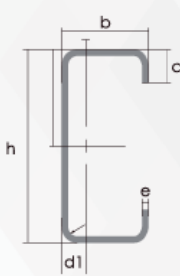


$$S_a = \frac{1,423959}{1,008} S_a = \eta z F_a \left(1 + \frac{(\eta - 1) T}{T_o} \right) S_a = \eta z F_a \left(\frac{T_c}{T} \right)^r$$

Anexo 2

TABLAS DE PERFILES ESTRUCTURALES FACILITADOS POR EL PROVEEDOR DIPAC

PERFILES TIPO G



Dimensiones exteriores a la sección transversal.
Radio de curvatura interior igual a 1,5e para espesores menores a 6,00 mm
Radio de curvatura interior igual a 2e para espesores de 6,00 mm o mayores

Designación	Dimensiones				Masa	A	d1	Momento de inercia		Módulo resistente		Radio de giro	
	h	b	c	e				Ix	Iy	Wx	Wy	ix	iy
	mm	mm	mm	mm				cm4	cm4	cm3	cm3	cm	cm
G 60x30x10x2	60	30	10	2	1,96	2,54	1,44	14,88	5,28	4,9	2,74	2,42	1,44
G 80x40x15x2	80	40	15	2	2,75	3,54	1,46	35,25	8,07	8,81	3,18	3,16	1,51
G 80x40x15x3	80	40	15	3	3,95	5,11	1,46	49,04	10,85	12,26	4,27	3,1	1,46
G 80x50x15x2	80	50	15	2	3,06	3,88	1,46	41,11	13,55	10,28	4,34	3,23	1,88
G100x50x15x2	100	50	15	2	3,38	4,34	1,73	69,24	14,98	13,85	4,57	4,00	1,86
G100x50x15x3	100	50	15	3	4,89	6,31	1,72	97,78	20,51	19,56	6,25	3,94	1,8
G100x50x15x4	100	50	15	4	6,29	8,15	1,71	122,5	24,85	24,49	7,55	3,88	1,75
G100x50x20x4	100	50	20	4	6,60	8,55	1,85	126,7	28,5	25,34	9,05	3,85	1,83
G100x50x25x5	100	50	25	5	8,35	10,86	1,98	152,51	36,52	30,5	12,09	3,75	1,83
G125x50x15x2	125	50	15	2	3,77	4,84	1,56	116,4	16,16	18,63	4,69	4,91	1,83
G125x50x15x3	125	50	15	3	5,48	7,06	1,55	165,5	22,16	26,48	6,43	4,84	1,77
G125x50x15x4	125	50	15	4	7,07	9,15	1,54	208,7	26,88	33,39	7,78	4,78	1,71
G125x50x15x5	125	50	15	5	8,55	11,11	1,54	246,2	30,41	39,39	8,78	4,71	1,65
G125x50x20x4	125	50	20	4	7,39	9,55	1,68	217	30,9	34,7	9,32	4,77	1,8
G125x50x25x5	125	50	25	5	9,33	12,11	1,8	264,3	39,88	42,29	12,46	4,67	1,82
G125x50x30x6	125	50	30	6	11,32	14,73	1,92	307,1	48,69	49,14	15,81	4,56	1,81
G150x50x15x2	150	50	15	2	4,16	5,34	1,42	178,7	17,13	23,83	4,78	5,79	1,79
G150x50x15x3	150	50	15	3	6,07	7,81	1,42	255,2	23,49	34,03	6,56	5,72	1,73
G150x50x15x4	150	50	15	4	7,86	10,15	1,41	323,5	28,51	43,13	7,95	5,65	1,68
G150x50x15x5	150	50	15	5	9,53	12,36	1,41	383,6	32,27	51,15	8,98	5,57	1,62
G150x50x20x4	150	50	20	4	8,17	10,5	1,54	337	32,9	44,9	9,52	5,65	1,77
G150x75x25x5	150	75	25	5	12,28	15,86	2,65	545,4	117,2	72,71	24,17	5,86	2,72
G150x75x30x6	150	75	30	6	14,86	19,23	2,78	641,4	144,5	85,52	30,57	5,77	2,74
G175x50x15x2	175	50	15	2	4,56	5,84	1,31	257,7	17,92	29,45	4,85	6,64	1,75
G175x50x15x3	175	50	15	3	6,66	8,56	1,31	369,4	24,59	42,22	6,66	6,57	1,7
G175x50x15x4	175	50	15	4	8,64	11,15	1,3	470,0	29,85	53,71	8,07	6,49	1,64
G175x50x15x5	175	50	15	5	10,51	13,61	1,3	559,7	33,79	63,97	9,14	6,41	1,58
G175x75x25x4	175	75	25	4	10,84	13,9	2,48	653,0	105	74,6	20,9	6,84	2,75
G175x75x25x5	175	75	25	5	13,26	17,11	2,47	786,0	123,9	89,82	24,63	6,78	2,69
G175x75x30x6	175	75	30	6	16,03	20,73	2,6	929,4	152,8	106,2	31,19	6,7	2,72
G200x50x15x2	200	50	15	2	4,95	6,34	1,21	354,9	18,59	35,49	4,91	7,48	1,71
G200x50x15x3	200	50	15	3	7,25	9,31	1,21	510,3	25,51	51,03	6,73	7,4	1,66
G200x50x15x4	200	50	15	4	9,43	12,15	1,21	651,4	30,96	65,14	8,18	7,32	1,6
G200x50x15x5	200	50	15	5	11,49	14,86	1,21	778,3	35,06	77,83	9,26	7,24	1,54
G200x75x25x4	200	75	25	4	11,63	14,9	2,32	895,0	110,0	89,50	21,3	7,64	2,71
G200x75x25x5	200	75	25	5	14,24	18,37	2,32	1080,0	129,6	108,0	25,02	7,67	2,66
G200x75x30x6	200	75	30	6	17,21	22,23	2,45	1282,0	160,2	128,2	31,73	7,59	2,68
G250x75x25x4	250	75	25	4	13,20	6,90	2,07	1520,0	118,0	122,0	21,7	9,48	2,64
G250x100x25x5	250	100	25	5	18,17	23,36	2,73	2219,0	285,3	177,5	39,24	9,75	3,49
G250x100x30x6	250	100	30	6	21,92	8,23	3,1	2647,0	383,5	219,8	55,58	9,68	3,69
G300xz100x30x4	300	100	30	4	16,65	21,3	2,84	2860,0	274,0	191,0	38,3	11,6	3,58
G300x100x35x5	300	100	35	5	20,91	26,9	2,97	3560,0	351,0	237,0	49,9	11,5	3,62
G300x100x35x6	300	100	35	6	24,75	31,8	2,96	4170,0	404,0	278,0	57,4	11,4	3,56

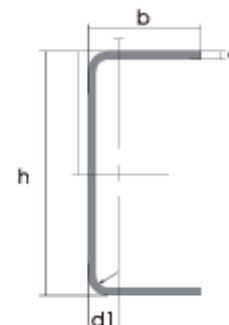
PERFILES CANAL U

Designación	Dimensiones (mm)			Masa	A	d1	Momento de inercia		Módulo resistente		Radio de giro	
	h	b	e				Ix	Iy	Wx	Wy	ix	iy
	mm	mm	mm	Kg/m	cm ²	cm	cm ⁴	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	cm
C 200 x 50 x 2	200	50	2	4,59	5,87	0,92	316	11,8	31,6	2,88	7,34	1,42
C 200 x 50 x 3	200	50	3	6,80	8,7	0,96	462	17,1	46,2	4,23	7,29	1,4
C 200 x 50 x 4	200	50	4	8,95	11,5	1,0	600	22,1	60	5,52	7,23	1,39
C 200 x 50 x 5	200	50	5	11,05	14,2	1,05	729	26,7	72,9	6,75	7,17	1,37
C 200 x 50 x 6	200	50	6	13,08	16,81	1,09	850,8	31,18	85,08	7,97	7,11	1,36
C 200 x 60 x 5	200	60	5	11,83	15,18	1,34	853,8	45,29	85,33	9,72	7,5	1,73
C 200 x 60 x 6	200	60	6	14,02	18,01	1,39	963,8	53,04	96,37	11,5	7,31	1,71
C 200 x 60 x 8	200	60	8	18,23	23,5	1,53	1219	66,96	121,9	14,96	7,2	1,68
C 200 x 80 x 6	200	80	6	15,91	20,42	2,14	1190	120,8	119	20,61	7,63	2,43
C 200 x 80 x 8	200	80	8	20,74	26,69	2,14	1514	153,9	151,4	26,27	7,53	2,4
C 200 x 80 x 10	200	80	10	25,34	32,71	2,23	1803	183,9	180,3	31,87	7,42	2,37
C 200 x 80 x 12	200	80	12	29,71	38,47	2,32	2060	210,4	206	37,04	7,32	2,34
C 200 x 100 x 6	200	100	6	17,79	22,82	2,78	1416	225,3	141,6	31,19	7,87	3,14
C 200 x 100 x 8	200	100	8	23,25	29,89	2,87	1809	289,6	180,9	40,61	7,77	3,11
C 200 x 100 x 10	200	100	10	28,48	36,71	2,97	2165	348,6	216,5	49,59	7,67	3,08
C 200 x 100 x 12	200	100	12	33,71	43,28	3,07	2485	420,8	248,5	60,72	7,58	3,12
C 250 x 60 x 3	250	60	3	8,45	10,8	1,1	894,5	30,27	71,56	6,18	9,1	1,67
C 250 x 60 x 4	250	60	4	11,15	14,27	1,14	1167	39,31	93,35	8,09	9,04	1,66
C 250 x 60 x 5	250	60	5	13,79	17,68	1,19	1426	47,85	114,1	9,95	8,98	1,65
C 250 x 60 x 6	250	60	6	16,38	21,02	1,23	1674	55,89	133,9	11,72	8,92	1,63
C 250 x 60 x 8	250	60	8	21,37	27,48	1,32	2133	70,52	170,6	15,07	8,81	1,6
C 250 x 80 x 6	250	80	6	18,26	23,42	1,82	2031	129	162,5	21,28	9,31	2,34
C 250 x 80 x 8	250	80	8	23,88	30,69	1,91	2601	164,7	208,1	27,03	9,2	2,31
C 250 x 80 x 10	250	80	10	29,27	37,71	2,00	3119	197,3	249,5	32,88	9,09	2,28
C 250 x 80 x 12	250	80	12	34,42	44,47	2,09	3589	225,8	287,1	38,2	8,98	2,25
C 250 x 100 x 6	250	100	6	20,14	25,82	2,49	2388	241,6	191,1	32,17	9,61	3,05
C 250 x 100 x 8	250	100	8	26,39	33,89	2,58	3069	311,4	245,6	41,96	9,51	3,03
C 250 x 100 x 10	250	100	10	32,41	41,71	2,67	3695	375,8	295,6	51,27	9,41	3,0
C 250 x 100 x 12	250	100	12	38,19	49,27	2,77	4268	450,3	341,5	62,28	9,31	3,02
C 250 x 120 x 10	250	120	10	35,55	45,71	3,40	4272	629,6	641,7	73,21	9,67	3,71
C 250 x 120 x 12	250	120	12	41,96	54,07	3,49	4948	732,6	395,8	86,09	9,57	3,68
C 300 x 80 x 4	300	80	4	13,98	17,87	1,56	2186	93,35	145,8	14,5	11,06	2,29
C 300 x 80 x 5	300	80	5	17,33	22,18	1,61	2685	114,4	179	17,9	11,0	2,27
C 300 x 80 x 6	300	80	6	20,62	26,42	1,65	3165	134,6	211	21,19	10,94	2,26
C 300 x 80 x 8	300	80	8	27,02	34,69	1,74	4072	172,9	271,4	27,62	10,83	2,23
C 300 x 80 x 10	300	80	10	33,19	42,71	1,82	4096	207,7	327,1	33,6	10,71	2,2
C 300 x 80 x 12	300	80	12	39,13	50,47	1,91	5673	237,5	378,2	39	10,6	2,17
C 300 x 100 x 6	300	100	6	22,50	28,82	2,26	3684	254,6	245,6	32,89	11,3	2,97
C 300 x 100 x 8	300	100	8	29,53	37,89	2,35	4754	328,6	316,9	42,95	11,2	2,94
C 300 x 100 x 10	300	100	10	36,33	46,71	2,44	5748	397,3	383,2	52,55	11,09	2,91
C 300 x 100 x 12	300	100	12	42,90	55,3	2,53	6670	459	445	61,5	11,0	2,88
C 300 x 120 x 10	300	120	10	39,47	50,71	3,11	6590	667,5	439,3	75,09	11,4	3,63
C 300 x 120 x 12	300	120	12	46,67	60,07	3,21	7664	777,8	510,9	88,49	11,3	3,6
C 300 x 150 x 10	300	150	10	44,18	56,71	4,21	7851	1251	523,4	115,3	11,77	4,7
C 300 x 150 x 12	300	150	12	52,32	67,27	4,31	9157	1465	610,4	137	11,67	4,67

Dimensiones exteriores a la sección transversal.

Radio de curvatura interior igual a 1,5e para espesores menores a 6,00 mm

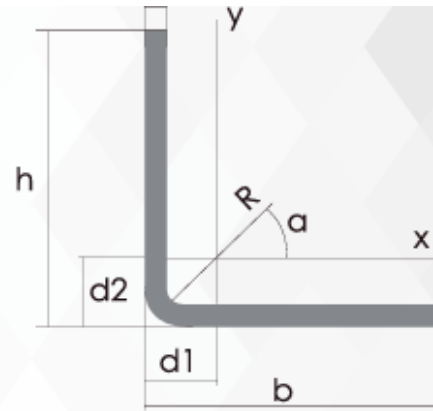
Radio de curvatura interior igual a 2e para espesores de 6,00 mm o mayores



PERFILES TIPO L

Especificaciones Generales:

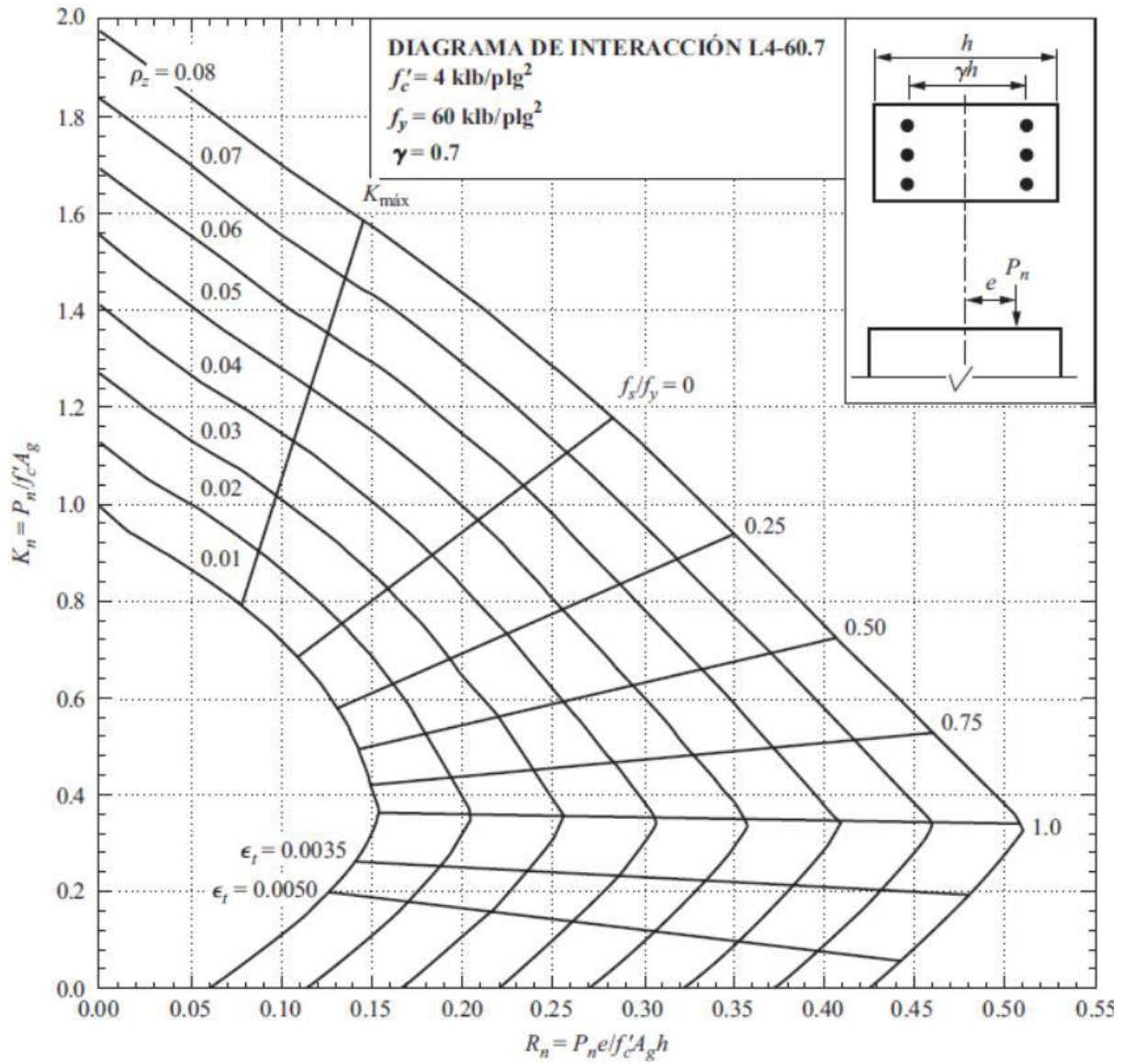
Norma:	NTE INEN 1623
Calidad:	ASTM A36
Largo Normal:	6,00m y medidas especiales
Espesores:	Desde 2.00mm - 12mm
Acabado:	Acero Negro

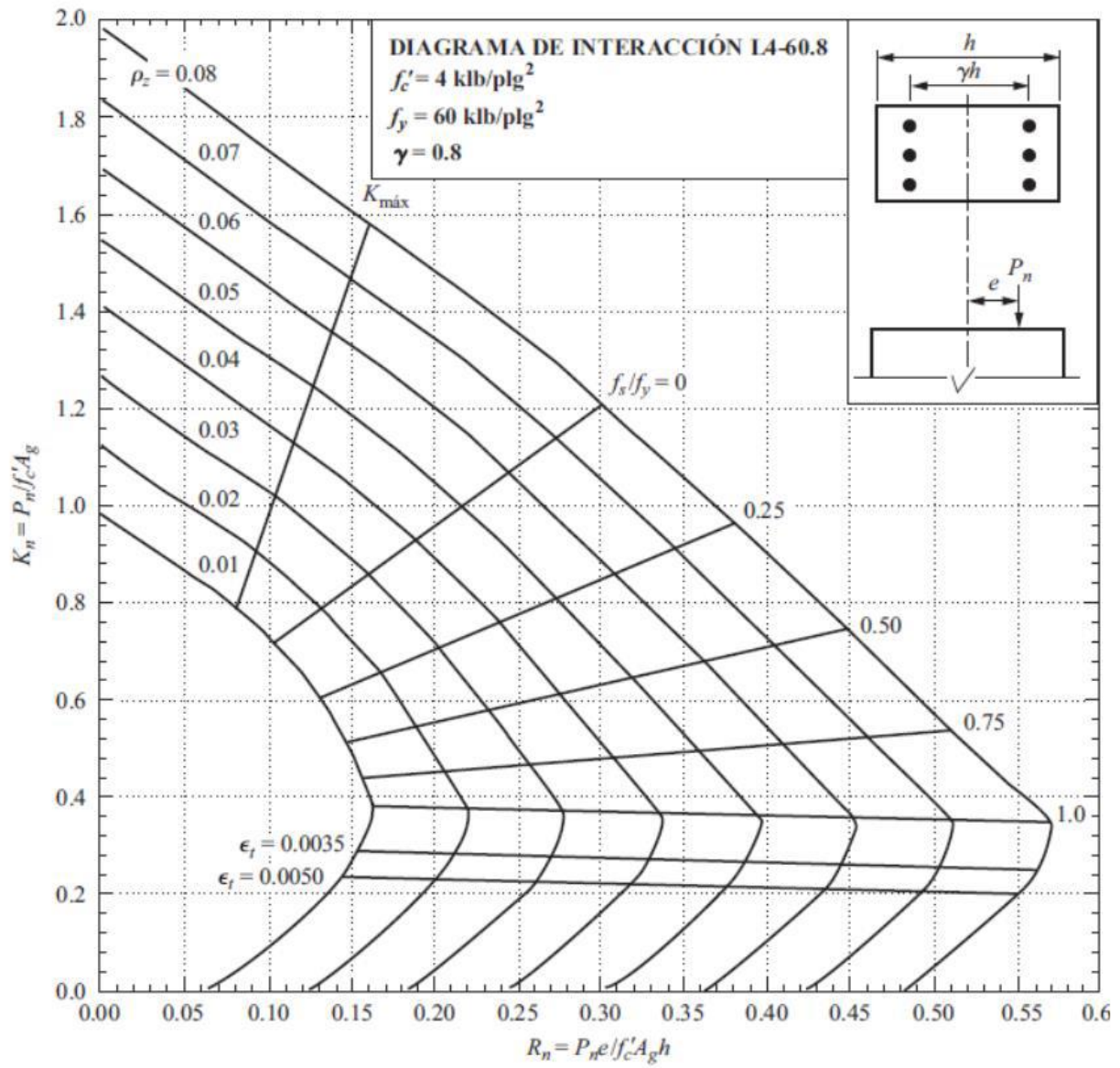


Ángulos de alas iguales																				
Descripción	b	h	e	Masa	Área	d1	d2	Ángulo a	Eje X - X			Eje Y - Y			Eje U - U			Eje V - V		
	mm	mm	mm	Kg/m	cm2	cm	cm	(°)	Ix cm4	Wx cm3	rx cm	Iy cm4	Wy cm3	ry cm	Iu cm4	Wu cm3	ru cm	Iv cm4	Wv cm3	rv cm
L 20x 2	20	20	2	0,57	0,73	0,60	0,60	45,00	0,28	0,20	0,62	0,28	0,20	0,62	0,46	0,32	0,79	0,10	0,14	0,37
L 20 x 3	20	20	3	0,81	1,03	0,65	0,65	45,00	0,38	0,28	0,60	0,38	0,28	0,60	0,63	0,45	0,78	0,12	0,17	0,34
L 25x 2	25	25	2	0,73	0,93	0,72	0,72	45,00	0,56	0,32	0,78	0,56	0,32	0,78	0,92	0,52	1,00	0,20	0,23	0,47
L 25x 3	25	25	3	1,05	1,33	0,78	0,78	45,00	0,78	0,45	0,77	0,78	0,45	0,77	1,30	0,74	0,99	0,26	0,30	0,45
L 30 x 2	30	30	2	0,88	1,13	0,85	0,85	45,00	1,00	0,46	0,94	1,00	0,46	0,94	1,63	0,77	1,20	0,37	0,35	0,57
L 30x 3	30	30	3	1,28	1,63	0,90	0,90	45,00	1,40	0,67	0,93	1,40	0,67	0,93	2,32	1,09	1,19	0,49	0,46	0,55
L 30x 4	30	30	4	1,65	2,10	0,95	0,95	45,00	1,76	0,86	0,91	1,76	0,86	0,91	2,93	1,38	1,18	0,58	0,55	0,52
L 40x 2	40	40	2	1,20	1,33	1,10	1,10	45,00	2,44	0,84	1,26	2,44	0,84	1,26	3,96	1,40	1,61	0,92	0,65	0,78
L 40x 3	40	40	3	1,75	2,23	1,15	1,15	45,00	3,49	1,22	1,25	3,49	1,22	1,25	5,71	2,02	1,60	1,27	0,90	0,75
L 40x 4	40	40	4	2,28	2,90	1,20	1,20	45,00	4,44	1,59	1,24	4,44	1,59	1,24	7,23	2,59	1,59	1,55	1,10	0,73
L 40x 5	40	40	5	2,77	3,54	1,25	1,25	45,00	5,29	1,92	1,22	5,29	1,92	1,22	8,80	3,11	1,58	1,77	1,25	0,71
L 50x 2	50	50	2	1,51	1,93	1,35	1,35	45,00	4,85	1,33	1,59	4,85	1,33	1,59	7,85	2,22	2,02	1,85	1,05	0,98
L 50x 3	50	50	3	2,22	2,83	1,40	1,40	45,00	7,01	1,95	1,57	7,01	1,95	1,57	11,42	3,23	2,01	2,61	1,47	0,96
L 50x 4	50	50	4	2,90	3,70	1,45	1,45	45,00	9,01	2,54	1,56	9,01	2,54	1,56	14,76	4,18	2,00	3,25	1,84	0,94
L 50x 5	50	50	5	3,56	4,54	1,50	1,50	45,00	10,84	3,10	1,55	10,84	3,10	1,55	17,89	5,06	1,99	3,79	2,14	0,91
L 60x 3	60	60	3	2,69	3,43	1,65	1,65	45,00	12,34	2,84	1,90	12,34	2,84	1,90	20,03	4,72	2,42	4,65	2,19	1,16
L 60x 4	60	60	4	3,53	4,50	1,70	1,70	45,00	15,96	3,71	1,70	15,96	3,71	1,70	26,04	6,14	2,40	5,88	2,77	1,14
L 60x 5	60	60	5	4,34	5,54	1,75	1,75	45,00	19,33	4,55	1,87	19,33	4,55	1,87	31,72	7,48	2,39	6,95	3,27	1,12
L 75x 3	75	75	3	3,40	4,33	2,02	2,02	45,00	24,55	4,48	2,38	24,55	4,48	2,38	39,72	7,49	3,03	9,38	3,53	1,47
L 75x 4	75	75	4	4,47	5,70	2,07	2,07	45,00	31,94	5,88	2,37	31,94	5,88	2,37	51,90	9,79	3,02	11,99	4,51	1,45
L 75x 5	75	75	5	5,52	7,04	2,12	2,12	45,00	38,96	7,24	2,35	38,96	7,24	2,35	63,56	11,99	3,01	14,35	5,40	1,43
L 75x 6	75	75	6	6,53	8,33	2,17	2,17	45,00	45,60	8,56	2,34	45,60	8,56	2,34	74,73	14,09	2,99	16,46	6,20	1,41
L 80x 4	80	80	4	4,79	6,10	2,20	2,20	45,00	39,00	6,72	2,53	39,00	6,72	2,53	63,30	11,19	3,22	14,70	5,19	1,55
L 80x 5	80	80	5	5,91	7,54	2,25	2,25	45,00	47,65	8,28	2,51	47,65	8,28	2,51	77,64	13,72	3,21	17,65	6,23	1,53
L 80x 6	80	80	6	7,00	8,93	2,30	2,30	45,00	55,86	9,79	2,50	55,86	9,79	2,50	91,39	16,16	3,20	20,32	7,17	1,51
L 80x 8	80	80	8	9,11	11,61	2,40	2,40	45,00	71,03	12,68	2,47	71,03	12,68	2,47	117,22	20,72	3,18	24,85	8,78	1,46
L 80x 10	80	80	10	11,09	14,14	2,50	2,50	45,00	94,59	15,39	2,45	94,59	15,39	2,45	140,84	24,90	3,16	28,34	10,04	1,42
L 100x 5	100	100	5	7,48	9,54	2,75	2,75	45,00	95,23	13,13	3,16	95,23	13,13	3,16	154,55	21,86	4,03	35,90	10,13	1,94

Anexo 3

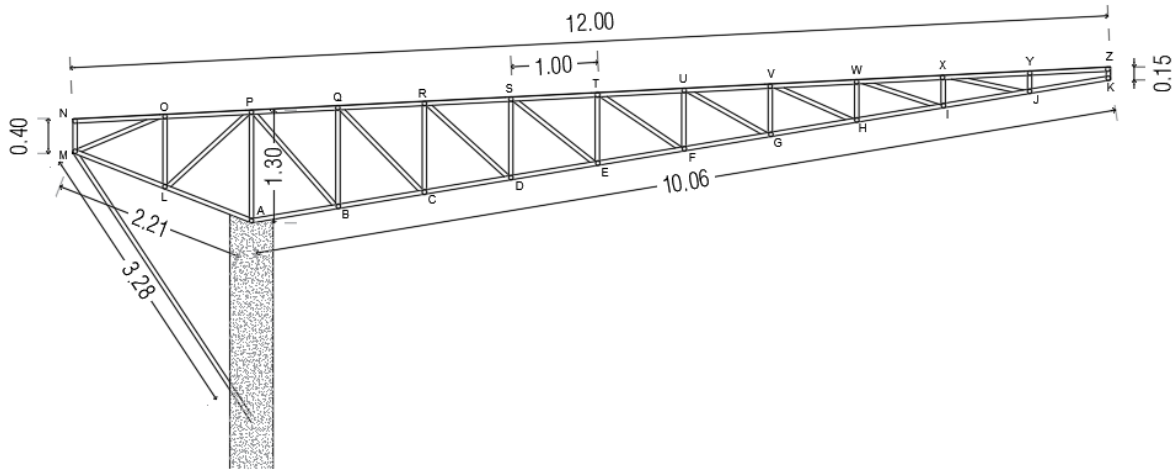
DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN DE LA ACI





Anexo 4

PLANO DE ESTRUCTURA METÁLICA



Elemento	Perfil	Elemento	Perfil	Elemento	Perfil	Elemento	Perfil
P-A	2L60x4	U-F	2L40x3	O-L	2L60x4	D-H	C250x100x6
P-B	2L30x3	U-G	2L30x3	O-M	2L60x3	H-K	C250x100x6
Q-B	2L40x3	V-G	2L40x3	N-O	C250x100x6	Z-K	C250x100x6
Q-C	2L30x3	V-H	2L30x3	O-P	C250x100x6	N-M	C250x100x6
R-C	2L40x3	W-H	2L40x3	P-S	C250x100x6	M-1	C250x100x6
R-D	2L30x3	W-I	2L30x3	S-W	C250x100x6		
S-D	2L40x3	X-I	2L40x3	W-Z	C250x100x6		
S-E	2L30x3	X-J	2L30x3	L-A	C250x100x6		
T-E	2L40x3	Y-J	2L40x3	M-L	C250x100x6		
T-F	2L30x3	P-L	2L60x3	A-D	C250x100x6		

Anexo 5

PLANO DE GRADERÍOS DE HORMIGÓN ARMADO

