

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TRUJILLO
BENEDICTO XVI
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE
INGENIERÍA CIVIL



**ANÁLISIS SÍSMICO DE UNA COBERTURA METÁLICA
DISEÑADA PARA LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MARISCAL
LUZURIAGA, DISTRITO CASMA, PROVINCIA CASMA,
ANCASH 2023.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL
EN INGENIERO CIVIL**

AUTOR

Br. Jesusdavid Ricardo Alva Carbajal
ORCID: 0000-0001-7183-4262

ASESOR

Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña

<https://orcid.org/0000-0001-7882-5916>

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Estructuras y tecnologías constructivas.

TRUJILLO - PERÚ

2023

INFORME DE TESIS - JDRAC

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%	16%	4%	8%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	vsip.info Fuente de Internet	2%
2	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	1%
3	core.ac.uk Fuente de Internet	1%
4	www.repositorio.usac.edu.gt Fuente de Internet	1%
5	repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	vdocuments.mx Fuente de Internet	1%
7	www.pj.gob.pe Fuente de Internet	1%
8	repositorio.uct.edu.pe:8080 Fuente de Internet	1%
9	www.uns.edu.pe Fuente de Internet	<1%

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Monseñor Dr. Héctor Miguel Cabrejos Vidarte, O.F.M.

Arzobispo Metropolitano de Trujillo

Fundador y Gran Canciller de la UCT Benedicto XVI

Dr. Luis Orlando Miranda Díaz

Rector de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI

Dra. Mariana Geraldine Silva Balarezo

Vicerrectora Académica

Mg, Ing., Breiner Guillermo Díaz Rodríguez

Decano de la Facultad de Ingeniería.

Dra. Ena Obando Peralta

Vicerrectora Académico (e) de Investigación

Dr. Winston Rolando Reaño Portal

Director de la Escuela de Posgrado

Dra. Teresa Sofía Reategui Marin

Secretaria General

CONFORMIDAD DEL ASESOR

Yo Mg. Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña con DNI N° 71475477 como asesor del trabajo de investigación “Análisis sísmico de una cobertura metálica diseñada para la Institución Educativa Mariscal Luzuriaga, distrito Casma, provincia Casma, Ancash 2023”. Desarrollado por el bachiller Jesusdavid Ricardo Alva Carbajal con DNI N° 75660843, Egresado del Programa Profesional de Ingeniería Civil, considero que dicho trabajo de titulación reúne los requisitos tanto técnicos como científicos y corresponden con las normas establecidas en el reglamento de titulación de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI y en normativa para la presentación de trabajos de titulación de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Por tanto, autorizo la presentación del mismo ante el organismo pertinente para que sea sometido a evaluación por la comisión de la clasificación designado por el Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Trujillo, 23 de Mayo de 2023.



Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
ING. CIVIL
R. CIP. N° 211074

Mg. Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios

Por brindarme sabiduría, fuerza, inteligencia y perseverancia para culminar con éxito mi labor profesional, y por darme la fortaleza para superar las adversidades que se presentaron durante estos cinco años de estudio y formación..

A mis padres

Por los principios y valores que me enseñaron desde joven, por su apoyo incondicional, por sus sabios consejos. Agradezco a mi padre Eduardo y a mi madre Zulema por criar un ciudadano de bien y realizado profesionalmente.

A mi tía y primo.

A Verónica, por su atención y crianza durante la etapa universitaria, a Marc Anthony por su grata compañía y diversión en la etapa adolescente.

A mis hermanas y abuelita.

A Nissi y Jireh, por ser la razón de mi esfuerzo y mi dedicación, por verlas crecer , a mi abuelita Elena María por su amor sin límites en Chimbote.

Alva Carbajal Jesusdavid Ricardo

Autor

AGRADECIMIENTO

Al único Dios: Padre, Hijo y Espíritu Santo, por darme la vida, despertándome cada mañana y permitirme descansar confiado, exhortándome a ser honesto e íntegro en mi profesión.

A mi madre Bertha Zulema Carbajal Jáuregui, por llenarme de amor y cuidados desde mi infancia; a mi padre Eduardo Eliseo Alva Nolasco, por alentarme en mi búsqueda a Dios.

A mi tía Verónica, por enseñarme la dedicación, la ética y la responsabilidad en la profesión; a mi abuelita Elena María Jáuregui López, quien desde me quiso mucho desde joven.

A mi primo Marc y a mis hermanas Nissi y Jireh, por ser mi razón para mejorar, pues son quienes seguirán mis pasos.

Alva Carbajal Jesusdavid Ricardo

Autor

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Alva Carbajal Jesusdavid Ricardo con DNI N° 75660843, egresado del Programa de Estudios de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI, doy fe que he seguido rigurosamente los procedimientos académicos y administrativos emanados por la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, para la elaboración y sustentación del trabajo de investigación titulado: “Análisis sísmico de una cobertura metálica diseñada para la institución educativa Mariscal Luzuriaga, distrito Casma, provincia Casma, Ancash 2023”, el cual consta de un total de 142 páginas, en las que se incluye 15 tablas y 79 figuras, incluye un total de 29 páginas en apéndices y/o anexos.

Doy constancia de la originalidad y autenticidad de la mencionada investigación y declaro bajo juramento en razón a los requerimientos éticos, que el contenido de dicho documento corresponde a mi autoría respecto a redacción, organización, metodología, y diagramación. Asimismo, garantizo que los fundamentos teóricos están respaldados por el referencial bibliográfico, asumiendo un mínimo porcentaje de omisión involuntaria respecto al tratamiento de cita de autores, lo cual es de mi entera responsabilidad.

Declaro también que el porcentaje de similitud o coincidencia es de 18%, el cual es aceptado por la Universidad Católica de Trujillo.

El autor



DNI 75660843

INDICE

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS	ii
CONFORMIDAD DEL ASESOR	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	vii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
I. INTRODUCCIÓN	16
II. METODOLOGÍA	77
2.1. Enfoque, tipo y diseño de investigación	77
2.2. Población y muestra.....	77
2.3. Técnicas e instrumentos de recojo de datos	77
2.4. Técnicas de procesamiento y análisis de la información	77
2.5. Aspectos éticos en investigación	78
III. RESULTADOS	80
IV. DISCUSIÓN	106
V. CONCLUSIONES	108
VI. RECOMENDACIONES	109
VII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	110
ANEXOS	114
Anexo 1: Instrumentos de recolección de la información	115
Anexo 2: Ficha técnica.....	117
Anexo 3: Operacionalización de variables	119
Anexo 4: Carta de presentación	121
Anexo 5: Carta de autorización emitida por la entidad que faculta el recojo de datos.....	123

Anexo 6: Consentimiento informado.....	125
Anexo 7: Matriz de consistencia.....	127
Anexo 8: Registro fotográfico	130
Anexo 9: Presupuesto	134

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 01	<i>Patio de recreo de la I. E. Mariscal Luzuriaga 2020</i>	17
Figura N° 02	<i>Tiempo en Casma por mes en el año 2023</i>	18
Figura N° 03	<i>Temperatura media, máxima y mínima en Casma en el año 2023</i>	18
Figura N° 04	<i>Temperatura media por hora en Casma en el año 2023</i>	19
Figura N° 05	<i>Tipos de cáncer de piel</i>	20
Figura N° 06	<i>Montaje de vigas fabricadas con acero</i>	30
Figura N° 07	<i>Perfiles M y W</i>	33
Figura N° 08	<i>Perfil S</i>	33
Figura N° 09	<i>Perfil HP</i>	34
Figura N° 10	<i>Perfil C y MC</i>	34
Figura N° 11	<i>Perfiles en ángulo tipo L</i>	35
Figura N° 12	<i>Perfiles tipo WT</i>	35
Figura N° 13	<i>Placas y barras</i>	36
Figura N° 14	<i>Tubos estructurales y HSS</i>	36
Figura N° 15	<i>Secciones preconstruidas</i>	37
Figura N° 16	<i>Edificio típico de acero: elementos básicos estructurales (3D)</i>	37
Figura N° 17	<i>Perfiles de armadura típicos</i>	39
Figura N° 18	<i>Elementos estructurales de acero que conforman un techo.</i>	39
Figura N° 19	<i>Cubiertas típicas</i>	40
Figura N° 20	<i>Diversos tipos de cubierta en la iglesia San Víctor, Auvelais Bélgica.</i>	41
Figura N° 21	<i>Apriete de tuerca de un perno de resistencia con una llave de impacto.</i>	42
Figura N° 22	<i>Plano eólico en el Perú</i>	49
Figura N° 23	<i>Plano de zonificación sísmica</i>	51
Figura N° 24	<i>Arco empotrado con carga vertical distribuida uniformemente</i>	57
Figura N° 25	<i>Arco empotrado con carga horizontal distribuida uniformemente</i>	58
Figura N° 26	<i>Celosía cargada y DCL en el nodo I</i>	60

Figura N° 27	<i>Valores razón de esbeltez (K) con diferentes condiciones en sus extremos</i>	62
Figura N° 28	<i>Sección del Canal C</i>	64
Figura N° 29	<i>Triangulación simétrica y montantes verticales</i>	65
Figura N° 30	<i>Corte para cálculo de cordones</i>	65
Figura N° 31	<i>Corte para cálculo de diagonales</i>	66
Figura N° 32	<i>Variación de cortante V respecto a inclinación de la barra</i>	66
Figura N° 33	<i>Ángulo óptimo y ángulo razonable teóricos</i>	66
Figura N° 34	<i>Configuración de ejes para correas</i>	67
Figura N° 35	<i>Viga continua de 4 apoyos y 3 segmentos</i>	68
Figura N° 36	<i>Reacciones en vigas: Isostáticas, Hiperestáticas y Suma de reacciones</i>	69
Figura N° 37	<i>Elementos sometidos a un momento flector M</i>	70
Figura N° 38	<i>Arriostramiento en el plano del techo</i>	71
Figura N° 39	<i>Áreas expuestas a la acción longitudinal</i>	72
Figura N° 40	<i>Nomenclatura para el arreglo del arriostramiento</i>	72
Figura N° 41	<i>Modelado 3D de la cubierta metálica en software SAP 2000</i>	73
Figura N° 42	<i>Componentes de la estructura metálica a diseñar</i>	80
Figura N° 43	<i>Propiedades del acero estructural A-36</i>	81
Figura N° 44	<i>Zonificación sísmica de la provincia Casma – departamento Ancash</i>	83
Figura N° 45	<i>Caregoría de las edificaciones y factor “U”</i>	83
Figura N° 46	<i>Clasificación de cada perfil de suelo</i>	84
Figura N° 47	<i>Factor suelo “S”</i>	84
Figura N° 48	<i>Periodos “Tp” y “Tl”</i>	85
Figura N° 49	<i>Sistemas estructurales con uso del acero</i>	86
Figura N° 50	<i>Software SAP 2000: Combinaciones de carga I</i>	87
Figura N° 51	<i>Software SAP 2000: Combinaciones de carga II</i>	87
Figura N° 52	<i>Software SAP 2000: Combinaciones de carga III</i>	88
Figura N° 53	<i>Software SAP 2000: Combinaciones de carga IV</i>	88

Figura N° 54	<i>Software SAP 2000: Combinaciones de carga V</i>	89
Figura N° 55	<i>Software SAP 2000: Combinaciones de carga VI</i>	89
Figura N° 56	<i>Software SAP 2000: Combinaciones de carga VII</i>	90
Figura N° 57	<i>Software SAP 2000: Combinaciones de carga VIII</i>	90
Figura N° 58	<i>Software SAP 2000: Combinaciones de carga IX</i>	91
Figura N° 59	<i>Software SAP 2000: Combinaciones de carga X</i>	91
Figura N° 60	<i>Software SAP 2000: Combinaciones de carga XI</i>	92
Figura N° 61	<i>Software SAP 2000: Combinaciones de carga XII</i>	92
Figura N° 62	<i>Software SAP 2000: Combinaciones de carga por servicio</i>	93
Figura N° 63	<i>Software SAP 2000: Carga muerta sobre la cobertura metálica</i>	93
Figura N° 64	<i>Software SAP 2000: Carga viva sobre la cobertura metálica</i>	94
Figura N° 65	<i>Software SAP 2000: Cargas sotavento (succión) y barlovento (presión)</i> ... 94	
Figura N° 66	<i>Software SAP 2000: Carga sotavento (succión) ybarlovento (succión)</i>	95
Figura N° 67	<i>Software SAP 2000: Deflexión por carga muerta</i>	95
Figura N° 68	<i>Software SAP 2000: Deflexión por carga viva</i>	96
Figura N° 69	<i>Software SAP 2000: Diseño de la cobertura metálica</i>	96
Figura N° 70	<i>Software SAP 2000: Diseño del tijeral principal</i>	97
Figura N° 71	<i>Software SAP 2000: Diseño de brida superior Rattio 0.39 ok!!</i>	97
Figura N° 72	<i>Datos del AISC 360-10 Steel Section Check</i>	98
Figura N° 73	<i>Software SAP 2000: Diseño de la brida inferior Ratio 0.70 ok!!</i>	99
Figura N° 74	<i>Software SAP 2000: Diseño de columnas y tensores Ratio 0.90 ok!!</i>	99
Figura N° 75	<i>Reacciones expresadas matemáticamente en las bases</i>	103
Figura N° 76	<i>Modelo de la cimentación expresado matemáticamente</i>	104
Figura N° 77	<i>Aplastamiento del suelo 0.80 kg/cm²</i>	104
Figura N° 78	<i>Diagrama de momento en el eje x-x M = 4.49 Tn-m</i>	105
Figura N° 79	<i>Diagrama de momento en el eje y – y M = 1.96 Tn-m</i>	105

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 01	Componentes químicos del acero según su porcentaje	29
Tabla N° 02	Materiales usados en edificación y sus cargas	45
Tabla N° 03	Coefficientes de forma (C)	48
Tabla N° 04	Factor de forma para el cálculo de cargas en miembros de cierre (C)	48
Tabla N° 05	Coefficientes del factor zona (Z)	51
Tabla N° 06	Factor uso y categoría de las edificaciones	52
Tabla N° 07	Clasificación de perfiles de suelo	54
Tabla N° 08	Factores de Suelo “S”	54
Tabla N° 09	Periodos “Tp” y “Tl”	54
Tabla N° 10	Valores de coeficientes de periodo de vibración	55
Tabla N° 11	Coefficiente de reducción de fuerza sísmica (Ro)	56
Tabla N° 12	Cargas exteriores de viento	82
Tabla N° 13	Fuerzas y momentos en las bases	102
Tabla N° 14	Operacionalización de variables	120
Tabla N° 15	Matriz de consistencia	128

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado “Análisis sísmico de una cobertura metálica diseñada para la Institución Educativa Mariscal Luzuriaga, distrito Casma, provincia Casma, Ancash 2023”, presenta el diseño estructural, análisis sísmico estático y dinámico de los miembros que componen la cubierta metálica, basados en el método de carga y resistencia (LRFD) y el uso del software SAP 2000. La estructura a diseñar es 2 cubiertas similares de dimensiones: 26.50 m de luz, 24 m de largo y 4.35 m de flecha haciendo un área plana de 636 m² por cubierta. Calculando un peso aproximado de 18'442.41 Kg. Metodología de tipo básico y nivel descriptivo, dado que se analizó la estructura metálica por el método LRFD, con el uso de las normas E.020 Cargas, E.030 Diseño Sismorresistente, E.060 Concreto Armado y E.090 Estructuras Metálicas. Como resultados se obtuvo que la estructura será de acero ASTM A-36. El diseño se realizó con 06 Tijerales principales (arcos) diseñados como armaduras Pratt con barras redondas lisas de diámetros 1 ½” (cuerdas principales), 5/8” (diagonales o celosía) y ½” (conexiones); 75 viguetas (correas) diseñados como armaduras Warren con cuerdas de canal U 2”x2.58 lbs/pie (brida superior), barra redonda lisa de diámetro ½” (brida inferior) y diagonales de barra redonda lisa de diámetro 5/8”. Compuesto por 12 columnas de sección H (H24x9x76 LBS), la cubierta compuesta por plancha de acero TR-4 Plano de acero AluZinc ASTM A792 de espesor 0.50 mm. El presupuesto ascendió a un total de S/. 425'667.44. Los planos de detalles y arquitectura se presentaron en AutoCad.

Palabras claves: Cubierta metálica, Diseño estructural, Análisis sísmico, Método LRFD.

ABSTRACT

This research paper entitled "Seismic analysis of a metal roof designed for the Mariscal Luzuriaga Educational Institution, Casma district, Casma province, Ancash 2023", presents the structural design, static and dynamic seismic analysis of the members that make up the metal roof, based on the load and resistance method (LRFD) and the use of SAP 2000 software. The structure to be designed is 2 similar sized roofs: 26.50 m span, 24 m long and 4.35 m arrow making a flat area of 636 m² per deck. Calculating an approximate weight of 18'442.41 Kg. Basic type methodology and descriptive level, since the metal structure was analyzed by the LRFD method, using the standards E.020 Loads, E.030 Seismic Resistant Design, E.060 Reinforced Concrete and E.090 Metallic Structures. As results, it was obtained that the structure will be made of ASTM A-36 steel. The design was made with 06 main trusses (arches) designed as Pratt frameworks with smooth round bars with diameters of 1 ½" (main chords), 5/8" (diagonals or lattice) and ½" (connections); 75 joists (purlins) designed as Warren trusses with 2"x2.58 lbs/ft U-channel chords (top flange), ½" dia. smooth round bar (bottom flange) and 5/8" dia. smooth round bar diagonals . It has 12 H section columns (H24x9x76 LBS), with the cover being made of TR-4 Plano AluZinc ASTM A792 steel plate, 0.50 mm thick. The budget gave a total of S/. 425'667.44. Architectural plans and details are presented in AutoCad.

Keywords: Metal roof, Structural design, Seismic analysis, LRFD method.

I. INTRODUCCIÓN

León (2019), en su tesis de especialización, señala que la Institución Educativa Emblemática Mariscal Luzuriaga de Casma fue inaugurada el 28 de febrero de 1946 por medio de la Resolución Ministerial 1117. Iniciando sus operaciones en el mes de abril de 1946 en un local temporal donado por la Sra. Andrea Tafur Vda. De Gamarra. Fue creado por las gestiones del diputado por Ancash, Agustín Haya De La Torre, durante el gobierno del Dr. Luis Bustamante y Rivero. Después de tres años de funciones, estuvo en receso desde abril de 1949 y permaneció inactivo durante siete años hasta abril de 1956. Alma máter de la provincia de Casma, la Institución Educativa Emblemática Mariscal Luzuriaga ha tenido un gran impacto cultural en el desarrollo de Casma, forjando más de catorce mil alumnos egresados, con setenta y cuatro promociones a la fecha, profesionales altamente calificados, dispersos tanto dentro como fuera del país, sirven al desarrollo de la humanidad. Teniendo la visión de convertirse en una institución educativa acreditada e integral para 2023. La I.E. Mariscal Luzuriaga se ubica en la Avenida Huaraz 244, en la ciudad de Casma, en la costa central de Ancash. Desde una perspectiva de infraestructura, la I.E. Mariscal Luzuriaga aprecia dos centros de recursos tecnológicos, dos aulas de innovación educativa, comedor, biblioteca, audiolibros, laboratorio de biología-química, laboratorio de física, carpintería, talleres de manualidades, artesanía y repostería, mecánica, confecciones textiles, electricidad y computación, quince aulas de primaria y 25 de secundaria, servicios higiénicos por nivel, canchas deportivas y amplios patios. Toda la estructura compuesta por material noble. En marzo del 2020, la institución educativa estrenó una malla Raschel que se extendía del techo a los parantes al final del patio de recreo. Desafortunadamente, colapsó en el mes de noviembre del 2020 debido a los fuertes vientos y al desgaste de la malla Raschel.

Figura N° 01

Patio de recreo de la I. E. Mariscal Luzuriaga 2020



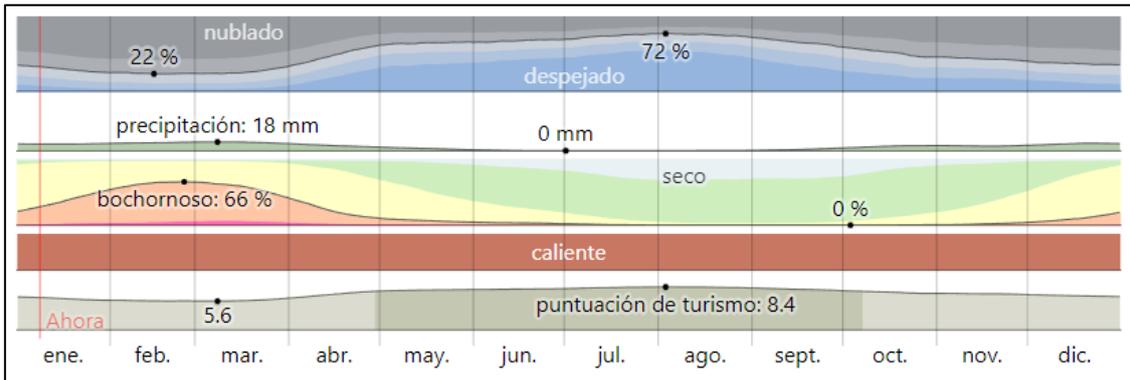
Nota: Colapso del techado de malla Raschel el día 16/11/2020.

Fuente: Periódico el Comercio, 2020.

Hoy, la Institución Educativa Emblemática Mariscal Luzuriaga en Casma, dispone un patio central, en el cual están construidas las losas de concreto. Dicho patio se encuentra descubierto para las actividades físicas de los estudiantes al aire libre, exponiendo a los escolares a la radiación solar. El colegio también cuenta con dos entradas frontales descubiertas que no brindan sombra para los estudiantes, ni al personal administrativo, ni a los padres que recogen a sus hijos al final del horario de clases, lo que hace que la exposición al sol sea un peligro grave para la salud. Según el Weather Spark (2022), los veranos en Casma son cortos, calurosos, opresivos y raras veces nublados. Los inviernos son largos, cómodos y a menudo nublados. Y en cuanto a precipitaciones, raramente llueve. A lo largo del año, las temperaturas suelen oscilar entre los 18 °C y los 27 °C, y raras veces bajan de los 17 °C o superan los 32 °C. En la figura a continuación se detalla el clima y la temperatura mínima, máxima y media por mes en la ciudad de Casma.

Figura N° 02

Tiempo en Casma por mes en el año 2023

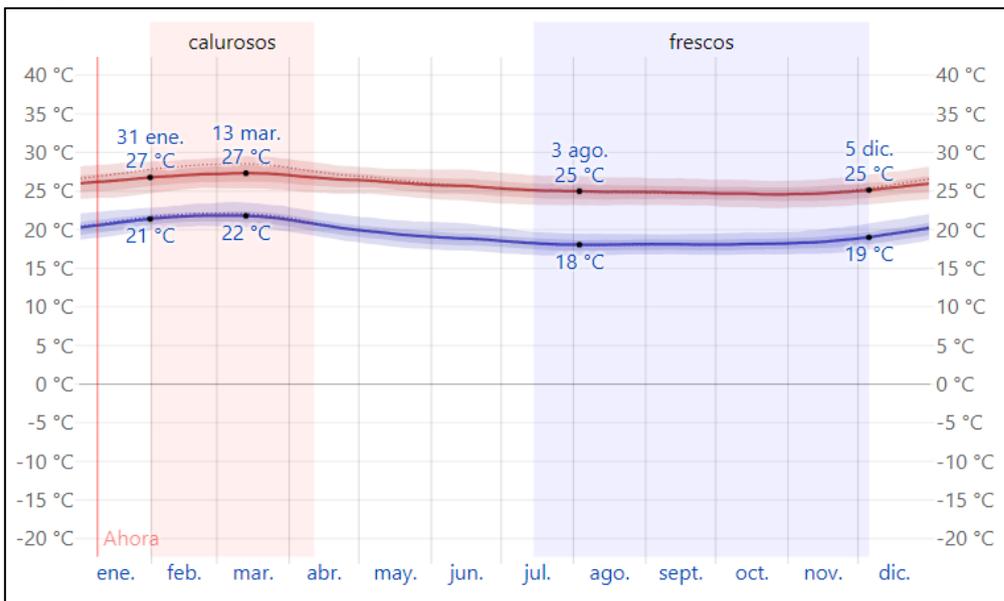


Fuente: Diario Weather Spark, 2023.

Marzo es el mes más cálido en Casma, con temperatura máxima promedio de 28 °C y una temperatura mínima de 22 °C. La temporada fresca dura aproximadamente 5 meses, desde el 14 de julio al 5 de diciembre, con máximas diarias promedio por debajo de los 25 °C. La temporada templada dura aproximadamente 2 meses y medio, desde el 31 de enero al 11 de abril, con máximas diarias promedio superiores a 28 °C y una temperatura mínima de 22 °C.

Figura N° 03

Temperatura media, máxima y mínima en Casma en el año 2023

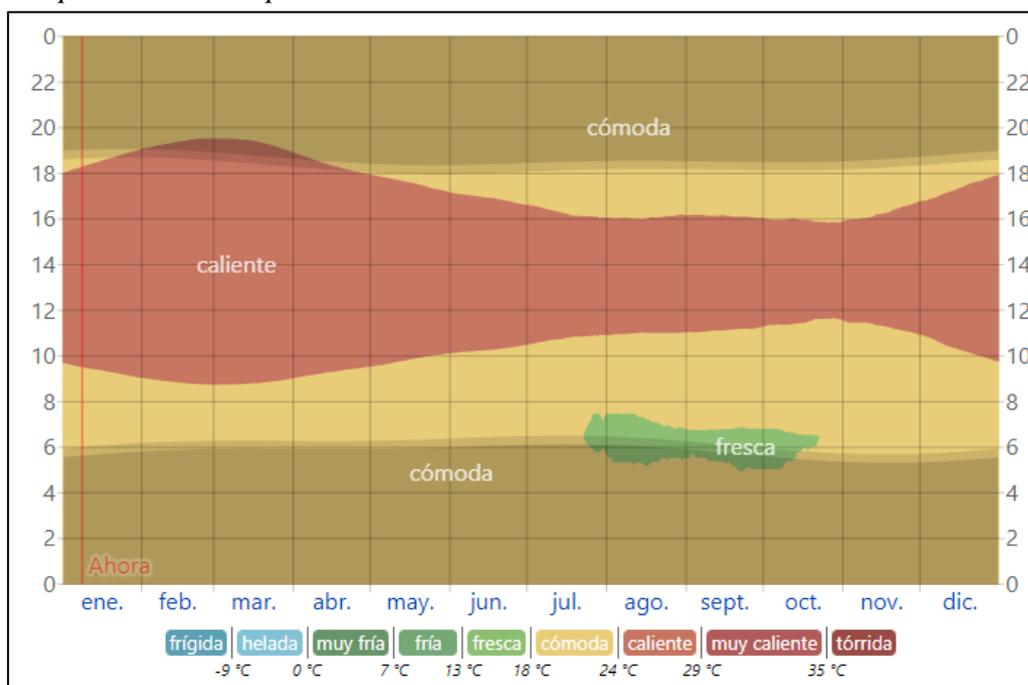


Nota: La figura muestra la temperatura promedio mensual durante todo el año. El eje vertical es la temperatura en °C, el eje horizontal es el mes del año y el color es la temperatura promedio para ese mes.

Fuente: Diario Weather Spark, 2023.

Figura N° 04

Temperatura media por hora en Casma en el año 2023



Nota: La figura muestra las temperaturas promedio por hora durante el año 2023. El eje vertical representa la hora, el eje horizontal es el día del año y el color es la temperatura media para ese día y hora.

Fuente: Diario Weather Spark, 2023.

Se considera que las horas más calurosas son entre las 9:00 am y las 4:00 pm, durante las cuales los alumnos de la I.E. Mariscal Luzuriaga tienen formación, actividades recreativas, deportivas y horario de salida, donde se exponen a altos niveles de radiación, muy dañinos y perjudiciales para su piel y salud. Según Armstrong (2021), existe evidencia convincente que cada uno de los tres tipos principales de cáncer de piel: melanoma, carcinoma de células basales [CCB] y carcinoma de células escamosas [CCE], es causado por la exposición a la luz solar. La incidencia es mayor en personas de piel clara y sensible al sol, que en personas de piel oscura y con menor sensibilidad a la luz del sol; a medida que aumenta la radiación solar, aumenta el riesgo de cáncer de piel; las partes del cuerpo que están más expuestas al sol tienen mayor incidencia; y se evidencia en individuos con antecedentes de exposición constante (principalmente CCB), ocupacional (principalmente CCE) y no ocupacional o recreativa (principalmente melanoma y CCB) y antecedentes de quemaduras solares o presencia de daño solar benigno en la piel.

Si los rayos UV causan específicamente estos cánceres de piel depende de la inferencia indirecta de estudios en animales sobre el espectro de acción de la radiación solar y de los

dímeros de dipirimidina sobre el cáncer de piel, y de los efectos de los rayos UV sobre estos cánceres de piel. Las mutaciones que se sospecha que causan cáncer de piel ocurren con mayor frecuencia en los sitios de pirimidina.

Figura N° 05

Tipos de cáncer de piel



Nota: Los BCC suelen ser protuberancias cerosas o nacaradas, los CCE son nódulos duros y rojos, y los melanomas son áreas grandes de color marrón oscuro.

Fuente: Investigación de Infinitek Paris, 2022.

La protección solar es fundamental para reducir la incidencia del cáncer de piel. Los datos epidemiológicos sugieren que se deben evitar los aumentos intermitentes en la exposición al aplicar protectores solares, y que los protectores solares son más efectivos cuando se aplican lo más temprano posible en la vida y pueden afectar más tarde en la vida. Especialmente la vida de una persona que estuvo expuesta a una gran cantidad de luz solar durante la infancia. El cual motiva la siguiente investigación. Proponiendo la cubierta metálica con malla Raschel como solución adecuada, pues crea un clima interior confortable utilizando estándares de aire acondicionado pasivo, reduce la acumulación de calor, crea un escudo contra la radiación solar y da sombra completa al patio central y la entrada principal, es una factible solución económica, constructiva y de larga duración.

Considerando la realidad problemática descrita, se tiene en cuenta el clima soleado y de alta radiación ultravioleta en la ciudad de Casma, con una temperatura mínima de 18 °C y máxima de 28 °C. El problema general se formula de la siguiente manera:

- ¿Cuáles son las características del análisis sísmico de una cubierta metálica diseñada para la Institución Educativa Mariscal Luzuriaga?

Los problemas específicos planteados para esta investigación:

- ¿Cuál es el diseño del tijeral principal de una cobertura metálica empleando el software SAP2000 en la I.E. Mariscal Luzuriaga?
- ¿Cuál es el diseño de la brida inferior y superior de una cobertura metálica, empleando el software SAP2000 en la I.E. Mariscal Luzuriaga?
- ¿Cuál es el diseño de cimentación para la cobertura metálica en la I.E. Mariscal Luzuriaga?
- ¿Cuál será el análisis sísmico de la cobertura metálica en la I.E. Mariscal Luzuriaga?

El objetivo general se formula de la siguiente manera:

- Diseñar y analizar sísmicamente la cobertura metálica para el patio de formación de la I.E. Mariscal Luzuriaga, distrito Casma, provincia Casma, Áncash 2023.

Se describen a continuación los objetivos específicos:

- Determinar el diseño del tijeral principal empleando el software SAP2000.
- Determinar el diseño de la brida inferior y superior, usando el software SAP2000.
- Desarrollar el diseño de cimentación para este tipo de estructura.
- Realizar el análisis sísmico estático con el Reglamento Nacional de Edificaciones.

La justificación económica se describe:

La presentación del proyecto a la I.E. Mariscal Luzuriaga, constituye una herramienta muy útil para el municipio de Casma, ya que en caso de ser necesario se tomarán las medidas necesarias para asegurar la inversión económica propuesta en la presente investigación.

La justificación tecnológica se describe:

El diseño, cálculo, análisis en SAP2000, planos y presupuesto que se obtenido, serán de utilidad para la ejecución del mencionado proyecto, además será la base para el desarrollo de diversas cubiertas metálicas de diferentes dimensiones.

La justificación social se describe:

El proyecto se justifica porque asegura un mejor servicio, confort y bienestar a los estudiantes, docentes, padres y personal administrativo de la I.E. Mariscal Luzuriaga, la cobertura metálica bloquea el paso de los rayos ultravioleta, y evita el cáncer de piel en los alumnos y docentes. Los beneficiarios con este proyecto son 15 personales administrativos, 110 docentes, 2000 estudiantes y más de mil padres de familia.

La justificación legal se describe:

El análisis sísmico de una edificación tiene como objetivo analizar y evaluar en cada uno de los elementos del sistema estructural las fuerzas admisibles, cargas internas y momentos internos debido a cargas muertas, vivas, viento y sismo en X e Y. Luego se procede al diseño, siguiendo el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y las normas Cargas – E.020, Diseño Sismorresistente - E.030, Concreto Armado - E.060 y Estructuras Metálicas – E.090.

Descripción de los antecedentes internacionales:

En Turquía, Afranur Yaren (2023), autor del artículo científico denominado “Diseño de peso óptimo de sistemas de techo de armadura de acero teniendo en cuenta el efecto de la corrosión”, el objetivo de este estudio fue realizar optimizaciones de peso considerando el efecto de corrosión de los sistemas de techo de armadura de acero. Por lo tanto, se ha revelado cómo la corrosión que puede desarrollarse en las superficies de los miembros de la armadura afecta el peso óptimo general de la estructura. El programa principal, que incluye análisis estructural (FEA) y algoritmos de optimización, fue el software SAP 2000. En conclusión este resultado prueba la corrección de los algoritmos propuestos en este artículo. Luego, bajo la influencia de la corrosión, se realizan los diseños de peso óptimo de las estructuras. Cuando se examinan los resultados de los dos casos, se puede ver que los valores de peso óptimos para todas las estructuras han aumentado ligeramente. Esto se debe a que se requieren perfiles más grandes debido a la sobrecapacidad provocada por la pérdida de sección. El peso de la estructura aumenta al unísono con la severidad de la corrosión.

En China Chunting Lu (2022), autor del artículo científico denominado “Corredera integral de cercha de acero de 800 T para edificio de centro cultural y de arte”. El objetivo del artículo fue presentar el deslizamiento integral de una armadura de acero para techo de un edificio de un centro de cultura y arte. La armadura del techo tiene un peso propio de 830 toneladas y su luz es de 36 m de largo. Antes de iniciar el proceso de deslizamiento integral, se utilizó el software de elementos finitos Sap 2000 para simular el proceso de construcción del deslizamiento. Según la situación del sitio y la consideración de costos, toda la armadura del techo se dividió en tres partes y se deslizó a la posición de diseño en tres pasos en el plano. En conclusión este estudio muestra que el uso de un método de simulación numérica adecuado para analizar los estados de tensión de las estructuras durante el proceso de construcción deslizante puede ofrecer un apoyo de decisión razonable para el proceso de construcción. La metodología presentada en este estudio de caso se recomienda para la construcción de armaduras de acero grandes y pesadas.

En China Tong Ou (2020), autor del artículo científico titulado “Ensayos a escala real sobre el comportamiento mecánico de un techo de acero inoxidable soldado en continuo bajo excitación de viento”, el estudio tuvo como objetivo determinar el comportamiento mecánico de un techo de acero inoxidable continuamente soldado (AICS) , adoptado en el Centro de Deportes del Nuevo Distrito de Zhaoqing (CDNDZ) en China. Para determinar el tipo de soldadura óptimo e investigar las propiedades mecánicas de las uniones de acero inoxidable continuamente soldadas, se realizaron los primeros ensayos de tracción en un solo eje en 27 probetas del tipo cortante y flexión. Dos muestras AICS, un cuadrado con un patrón horizontal y un rectángulo con un patrón de inclinación de 10,71 grados, se probaron bajo fuerzas máximas de elevación de viento estático y dinámico para así explorar las capacidades de elevación del viento. La investigación demostró que el sistema AICS sellado e integral tiene un mecanismo de transmisión de energía bien definido y una excelente resistencia al viento. La unión soldada obtuvo el mejor desempeño y el comportamiento mecánico igualó a los del material base en condiciones de soldadura continua involucrando una corriente eléctrica de 65 amperios y una velocidad de movimiento de 750 mm/s. En conclusión se logró un alto rendimiento dinámico de succión de viento en 5000 ciclos de trabajo acumulativos en cinco etapas con una presión máxima de 5400 pascales. La presión estática máxima llegó a los 9400 pascales para la muestra cuadrada y 10,400 pascales para la muestra rectangular.

En Egipto Reda El Sabaggh (2019), autor del artículo científico titulado “Comportamiento y diseño de componente y sistema de cerchas de acero conformado en frío”, el estudio tuvo como objetivo analizar el comportamiento de las cerchas de acero conformado en frío por medio del análisis de elementos finitos – predecir la ubicación de la falla en el ensamblaje y su causa mediante el análisis de las relaciones de demanda - capacidad (D/C) utilizando el método de resistencia directa (MRD) para cada componente de la armadura, compárelos con los resultados de los elementos finitos. Las armaduras se analizaron bajo las mismas condiciones ambientales y de carga gravitacional para estudiar los efectos de la luz, la armadura, el alma y el tipo de sección transversal de los miembros de la armadura en la resistencia máxima de la cercha de acero. Los resultados mostraron que la configuración de la armadura Fink supera a la configuración de la armadura Howe para tramos largos. El elemento con la relación D/C más alta es el primero en fallar, por lo tanto los ingenieros pueden usar la relación de los componentes D/C para determinar qué elemento falla primero, causa de falla y la capacidad de la cercha. Los resultados de la relación D/C muestran que cada armadura está diseñada con componentes críticos altamente eficientes y relaciones D/C altamente variables para proporcionar caminos de carga alternativos para las cargas transportadas por los miembros de la armadura. En conclusión dado que la relación D/C determinada del sistema de armaduras, siempre es menor que la relación D/C del componente más grande diseñado, la confiabilidad del sistema de armaduras es mucho mayor que la confiabilidad de otros componentes.

Descripción de los antecedentes nacionales:

En Junín, Casas Sotomayor (2022), autor de la tesis de titulación denominada “Análisis comparativo entre estructuras tradicionales y tensionadas, para el diseño de naves industriales metálicas, Chupaca - Junín, 2022”, la investigación tuvo como objetivo comparar una estructura tradicional y una tensionada, para diseñar una nave industrial, Chupaca - Junín, 2022. Aplicó un método de investigación aplicado, con enfoque cuantitativo, diseño experimental y explicativo. Como población tuvo las estructuras metálicas diseñadas para la construcción de naves industriales destinados a almacenar productos agrícolas en la provincia de Chupaca, Junín. El tamaño de la muestra fue el mismo de la población con muestreo no probabilístico y no aleatorio. Utilizó técnicas de observación para realizar la recolección de datos, apoyado en herramientas como tablas e informes del software SAP 2000. En cuanto a los resultados se determinó que la estructura

tensionada es mejor opción que la estructura tradicional, debido a que los valores del análisis sísmico y estructural condujeron a valores más portantes que la estructura tradicional. En conclusión la estructura tensada posee mayor estabilidad y menor coste a la hora de construir la nave industrial metálica.

En Tacna, Merma e Izquierdo (2021), autores de la tesis de titulación denominada “Análisis Sísmico de una Estructura de Cubierta Diseñado para el Estadio Municipal de Calana”, el estudio tuvo como objetivo realizar un análisis sísmico de la estructura de cubierta del Estadio Municipal de Calana. El estudio se realizó a nivel descriptivo y se diseñó la estructura metálica con el método LRFD, aplicando las normas E.030 Diseño Sismorresistente, E.060 Concreto armado y E.090 de Estructuras Metálicas. Los resultados fueron los siguientes: De acuerdo a los parámetros especificados en la Norma E.030 Diseño Sismorresistente la estructura se encontró dentro del rango especificado de deformación entre pisos. Para el cálculo de deformación entre pisos, se dividió el desplazamiento entre las alturas. Observando que el desplazamiento horizontal fue de 0.0002 metros dividido por la altura será un valor inferior 0,01 por una gran diferencia, asegurando la compatibilidad con la Norma E.030 Diseño Sismorresistente, por lo tanto, se obtuvo un eficiente resultado. En conclusión las investigaciones revelaron que el diseño se basó no solo en la resistencia y rigidez de los materiales y las secciones, sino también en la simplicidad de la construcción. Por lo tanto, al diseñar una estructura con menor variación de sección transversal a lo largo del arco, es más fácil ensamblar y ensamblar, y también se reduce la cantidad de plantillas utilizadas para la fabricación.

En Piura, Aniceto Febre (2020), en su tesis denominado “Diseño de un techo metálico empleando metodología BIM en la Institución Educativa Fe y Alegría N° 49 Piura, 2020.”, el estudio tuvo como finalidad el diseño de una cubierta metálica con el uso de tecnologías BIM en la Institución Educativa Fe y Alegría N.º 49 en Piura. El proyecto se desarrolló mediante un sistema constructivo de techo metálico proyectado sobre un área cuadrangular de aproximadamente 111.25 m², con un área de techo de 100.08 m². Al diseñar el techo metálico, se usó perfiles de acero, viguetas metálicas y tijerales de armadura tipo Howe. Utilizando los criterios de análisis y diseño estructural de la vigueta metálica con los criterios del marco teórico descrito en dicha tesis. Luego se procedió a medir las cargas de peso propio, las cargas vivas del techo y carga de sotavento, barlovento que son las cargas de viento, transmitidas al tijeral, mediante sus reacciones, siguiendo el análisis y diseño que

corresponden a la norma E-090 Estructuras Metálicas del Reglamento Nacional de Edificaciones al igual que con el método del LRFD-AISC verificando las reacciones, esfuerzos y momentos individuales de los perfiles metálicos del techo metálico en un modelo 3D. La metodología empleada fue la descriptiva, ya que los sistemas metálicos se describen mediante cálculos estáticos. El diseño fue no experimental, descriptivo transversal dado que se determinó el cálculo estructural para el sistema de techo metálico utilizando técnicas BIM para conseguir las cargas requeridas. En Conclusión el análisis y diseño de los soportes metálicos cumplieron con los requisitos y estándares mínimos establecidos en las normas aplicadas. Como método de cálculo se examinaron los procedimientos manuales utilizando el software de cálculo y diseño estructural “Robot Structure V20 Dimensions”, el cual se estudió en conjunto con el método de diseño AISC-LRFD.

En Lima Yana (2016), en su tesis de titulación denominado “Análisis sísmico de naves industriales autoconstruidas con estructuras metálicas utilizando el SAP2000 V18, Lima, 2016”, objetivos del estudio: Desarrollar el análisis sísmico de naves industriales autoconstruidas con estructuras metálicas en la ciudad de Lima para el 2016. El concepto metodológico utilizado en el presente estudio fue tipo de investigación aplicado, de igual forma se considera explicativa por ser una investigación basada en una situación problema en la que se buscan posibles causas, la investigación se distinguió por su carácter no empírico, y de diseño horizontal. La población de estudio se desarrolló tomando como referencia a veinte naves industriales, de los cuales cinco se consideraron como muestra y para el análisis sísmico se tomó la nave más crítica, el instrumento de recolección de datos fue validado por tres ingenieros especialistas, utilizando el cálculo alfa de Cronbach. Los datos obtenidos fueron procesados a través del software SAP 2000 V.18, los resultados obtenidos durante la investigación determinaron distintos parámetros sísmicos por la NTE E.030, así como el desarrollo del análisis dinámico y estático de la estructura, aprobación y verificación según el desplazamiento de los centros de masas y los extremos del diafragma por grado, donde los resultados antes mencionados indican la aprobación del análisis sísmico de la nave industrial construida con estructuras metálicas.

Antecedentes regionales:

En Trujillo Lozano Oliva (2022), en su tesis de titulación denominado “Diseño estructural de acero del techo parabólico para el coliseo polideportivo ACUDESI – Trujillo.” El estudio tuvo como objetivo diseñar la estructura metálica del techo parabólico de la losa deportiva

del polideportivo ACUDESI en Santa Inés – Trujillo. En cuánto a la metodología utilizada por el investigador, es describir las características de la estructura de acero del techo parabólico de la losa deportiva del club ACUDESI de Santa Inés – Trujillo. Además, todas las estructuras fueron diseñadas de acuerdo a la norma de Diseño Sísmico E.030. La investigación concluyó que el diseño se basó no solo en la resistencia de los materiales y secciones sino en la facilidad de construcción, por lo que la estructura fue diseñada con poca variación de secciones a lo largo del arco, lo que facilita la construcción y el montaje del edificio, al tiempo que reduce la cantidad de accesorios usados para la fabricación.

En la ciudad de Huaraz, Ita Cerna (2021), en su tesis de titulación denominado “Estudio comparativo respecto FEMA P-154 y modal espectral respecto la vulnerabilidad sísmica de I. E. Señor De La Soledad, Ancash – 2021”, tuvo como objetivo principal el comparar los métodos P-154 de FEMA y la espectroscopia modal relacionada con la vulnerabilidad sísmica de I. E. Señor de la Soledad, en metodología se elaboró los planos de la I. E. Señor de la Soledad en base a las medidas de vigas, columnas y parapetos, con la información obtenida en campo se llenó la ficha P-154 de FEMA grado 1 y 2. Para la obtención de la resistencia a compresión del concreto se utilizó un esclerómetro, con la información requerida se desarrolló la modelación estructural mediante el software SAP 2000 usando el método modal espectral, en resultados se obtuvieron que existen diferencias enmarcadas en cada método, con respecto a la cantidad de acero, en cuanto al diseño estructural y calidad del material de la estructura portante, ya que el método FEMA no tiene en cuenta ninguno de los parámetros indicados anteriormente y el método espectral modal sí, en cuanto a las estadísticas X^2 determinó que sí existe la relación entre los resultantes obtenidos del método FEMA - 154 y el modal espectral en cada elemento, finalmente se ha propuesto la mejora del módulo I, II y el IV pudo soportar la simulación de eventos sísmicos, recomendando la deconstrucción del módulo III.

En Áncash Barrenechea Rosales (2019), autor de la tesis de titulación denominada “Estudio y propuesta de reforzamiento estructural de la cimentación y torre metálica de 50m de altura para uso en telecomunicaciones, departamento de Áncash, 2019”, el objetivo general fue presentar una propuesta de refuerzo estructural de la torre metálica y la cimentación para el uso de las telecomunicaciones en el departamento de Áncash, usando los criterios técnicos requeridos y las bases teóricas para el diseño de hormigón armado y acero. Se inició con el trabajo de campo, planificación, modelado y análisis estructural de

torres metálicas y cimentación en el software especializado Ms. Tower, desarrollando el análisis sísmico en con el uso del software SAP 2000. Con el uso de los resultados de la investigación, se planteó que el refuerzo estructural de torres metálicas y cimentaciones es económicamente factible y estructuralmente viable, se analizó los datos y verificó los resultados según la norma estadounidense TIA-EIA 22F y el RNE peruano.

En Aija, Lazarte y Cieza (2019), desarrolladores de su tesis de titulación nombrada “Análisis del diseño estructural sismorresistente de cubiertas metálicas de la losa multideportiva en Aija, Áncash - 2019”, sobre el método utilizado por los investigadores, fue un diseño de corte transversal y no experimental. Consideró como muestra y población un diseño sísmico estructural único del techo metálico de la losa multideportiva en Aija, Áncash – 2019. Para el instrumento de medición se elaboró una ficha de recolección de datos utilizada según las normas E.030 Diseño Sismorresistente y E.090 Estructuras Metálicas. En conclusión la aplicación de las normas mencionadas utilizadas con el programa SAP 2000 para determinar la resistencia de la estructura, es apta ya que ésta estructuración se presenta dentro de los rangos permitidos.

A continuación se describen las bases teóricas de la investigación:

Según Jack McCormac (2018), autor del libro “Diseño de estructuras de acero”, el acero es un metal producido por la combinación de hierro y una pequeña cantidad de carbono, y otros elementos en pequeñas proporciones como el silicio (Si) , el azufre (S) , el oxígeno (O) y el fósforo (P) , que le confieren determinadas propiedades. La resistencia y dureza del acero aumentan con el incremento del porcentaje de carbono. Un aumento del 0.01 % en el contenido de carbono aumentará el límite elástico del acero en aproximadamente 0.50 klb/in² (ksi). El acero como material se usa en la construcción de estructuras, como edificios comerciales e industriales, puertos, puentes y cubiertas metálicas. Y también se usa como varillas corrugadas, por su gran adherencia al concreto, dando así un reforzamiento a la estructura en cuanto a fuerzas de tracción, mientras que el concreto resiste las fuerzas a compresión.

Tabla N° 01

Componentes químicos del acero según su porcentaje

Elemento	Promedio (%)
(Fe) Hierro	73.18%
(Cr) Cromo	16.16%
(Ni) Níquel	8.38%
(Mo) Molibdeno	0.28%
Fósforo y partículas de Azufre	2%

Fuente: Jack McCormac, 2018.

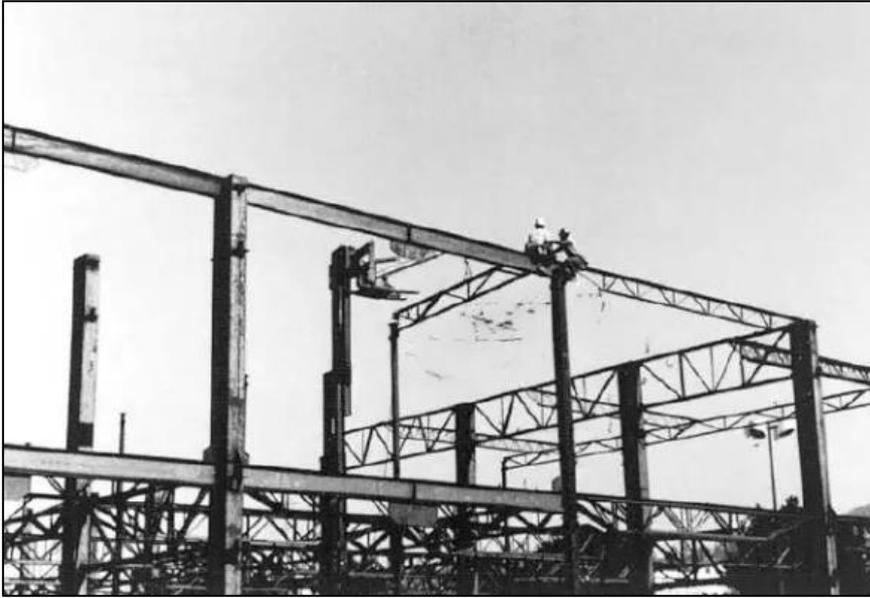
Ventajas del uso de acero como material estructural en la construcción

a) Elasticidad.- El acero se comporta más cerca de las hipótesis de diseño que los diversos materiales, ya que obedece la ley de Hooke en muy altos esfuerzos. Los momentos de inercia de las estructuras de acero se pueden determinar con precisión, mientras que los valores obtenidos para las estructuras de hormigón armado serán imprecisos.

b) Elevada resistencia y uniformidad.- Según Jack McCormac (2018), La elevada resistencia del acero por unidad de peso indica que el pesaje de la estructura será relativamente bajo, esto es imprescindible para puentes de grandes luces, en edificios de gran altura y en estructuras con cimentaciones deficientes. Las propiedades del acero no cambian significativamente con el tiempo, a diferencia de las estructuras de hormigón armado que por humedad, tiempo y sismos, suelen perder la capacidad de resistencia a compresión y tracción.

Figura N° 06

Montaje de vigas fabricadas con acero



Fuente: Jack McCormac, 2018.

c) Durabilidad.- Si se les da el mantenimiento adecuado, las estructuras de acero durarán permanentemente. Las investigaciones desarrolladas en los aceros modernos determinan que, bajo ciertas condiciones, no se requiere mantenimiento alguno a base de pintura.

d) Ductilidad.- Jack McCormac (2018), indica que es la propiedad de un material para resistir inmensas deformaciones sin romperse bajo esfuerzos elevados de tensión. Cuando se someten a pruebas de esfuerzo aceros con bajo porcentaje de carbono, se produce una reducción significativa en la sección transversal y un alargamiento significativo a la rotura antes de que ocurra la falla. Los materiales sin esta propiedad son generalmente inaceptables y es probable que se endurezcan, se vuelvan quebradizos y se rompan con un impacto repentino. Una ventaja adicional de las estructuras flexibles es que, cuando se sobrecargan, sus grandes desviaciones proporcionan una clara evidencia de falla inminente.

e) Tenacidad.- La alta tenacidad en el acero estructural indica que tienen resistencia y ductilidad. Las estructuras de acero que pueden soportar cargas hasta grandes deformaciones todavía pueden soportar grandes fuerzas. Esta es una propiedad imprescindible, ya que implica que los elementos de acero pueden estar sujetos a grandes deformaciones durante la fabricación y el montaje sin agrietarse, pueden doblarse, martillarse, cortarse y taladrarse sin sufrir daños evidentes. La característica de un material de absorber grandes cantidades de energía se denomina tenacidad.

Desventajas del uso de acero como material estructural en la construcción

a) Corrosión.- Según Jack McCormac (2018), la mayoría de los aceros cuando se exponen al aire y agua se vuelven susceptibles a la corrosión, por lo que deberán pintarse periódicamente. Sin embargo, el uso de acero resistente a la intemperie para ciertos usos tiende a eliminar el costo del pintado. Si bien los aceros resistentes a la intemperie pueden ser muy efectivos en ciertas circunstancias para disminuir la corrosión, hay variedad de casos en los que su uso no presenta una solución. Por ejemplo la falla por fatiga de corrosión puede ocurrir si los componentes de acero se sujetan a esfuerzos cíclicos y ambientes corrosivos. La resistencia a fatiga de los elementos de acero se puede reducir significativamente cuando los elementos se usaron en entornos químicos agresivos y se sometieron a cargas cíclicas.

b) Coste de la protección contra incendios.- Si bien los elementos estructurales poseen alta resistencia al fuego, su propiedad se reduce significativamente a las temperaturas que normalmente se alcanzan en los incendios, cuando se queman otros materiales como la madera. Se han producido incendios devastadores en edificios vacíos, donde el único material combustible fue el edificio mismo, con elementos de acero.

c) Susceptibilidad al pandeo.- Mientras más extensos y delgados sean los elementos a compresión, mayor es la susceptibilidad al pandeo. En la generalidad de estructuras, la utilidad de columnas de acero es factiblemente económica debido a la alta relación resistencia - peso. Sin embargo, a veces se necesita mayor fluencia del acero para rigidizarlos y no sufran el pandeo. Jack McCormac (2018).

d) Fatiga.- Otra propiedad perjudicial del acero es que su resistencia puede verse reducida si se somete a un gran número de cargas en la dirección del esfuerzo o a un gran número de cargas en la amplitud de la tracción.

e) Frágil fractura.- En ocasiones, el acero como material estructural puede perder su ductilidad y así ocurrir una fractura frágil en los lugares donde se concentran los esfuerzos. Las cargas de fatiga y las temperaturas muy bajas, agravan la situación. Las condiciones de tensión triaxial pueden acarrear una frágil fractura, Jack McCormac (2018).

Especificaciones técnicas del acero

- Relación sustancia/volumen : 7,85 kg/m³
- Fluencia del acero: 2,53 Tn/cm²
- Esfuerzo de rotura: 4,08 Tn/cm²
- Elasticidad: 2,10 x 10⁶ kg/cm²
- Constante Poisson: 0,3
- Constante de Dilatación Térmica: 1,2 x 10⁻⁵ (°C)⁻¹

Perfiles de acero

Los tipos principales de perfiles de acero:

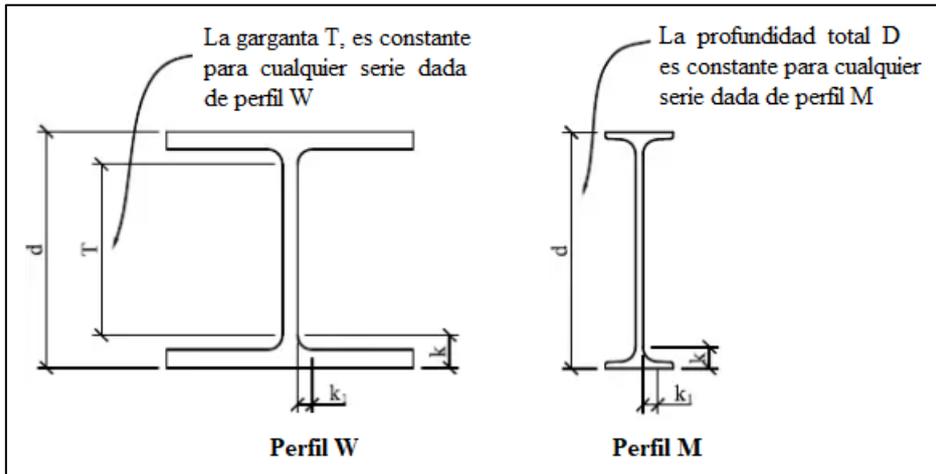
- Acero laminados: Según Jack McCormac (2018), se trata de un acero de perfil laminado en caliente cuyas dimensiones transversales y propiedades están estandarizadas en las especificaciones del American Institute of Testing and Materials (ASTM A6) y también presentadas en la parte 1 de la American Institute of Steel Construction (AISC 8).
- Formas de acero construidas: Jack McCormac (2018), indica que cuando no se puede usar las formas estandarizadas estructurales (cuando la carga soportada excede la capacidad de las secciones enumeradas en el reglamento AISC), las formas construidas se podrán fabricar a partir de placas. Los ejemplos incluyen vigas de placas soldadas, vigas transversales planas y con alas, y vigas cajón.

a) Brida ancha: perfil M y perfil W

Jack McCormac (2018), señala que la losa ancha es una sección en forma de I comúnmente utilizadas como columnas o vigas en estructuras compuestas de acero. A veces se utilizan como cordones inferiores y superiores en cerchas y como riostras transversales en marcos de riostras. Las superficies interior y exterior de la brida del canal W son paralelas; las formas W son similares a la M, pero no son disponibles fácilmente ni ampliamente se usan como las formas en W y sus dimensiones tienen límites. Los perfiles M enumerados en el AISC tienen una profundidad máxima de 12,50 pulgadas y un ancho de brida máximo de 5pulgadas, según el perfil AW14×90.

Figura N° 07

Perfiles M y W



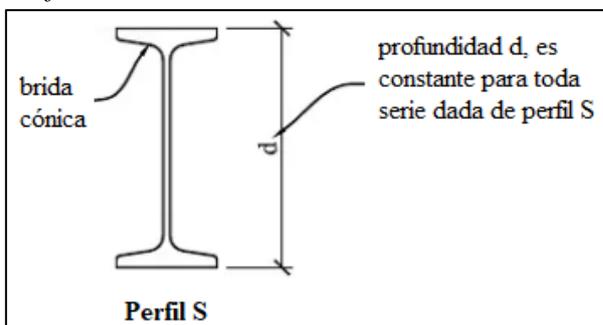
Fuente: Jack McCormac, 2018.

b) Perfil de acero tipo S

Vigil Jason (2020), indica que los perfiles S, conocidos también como viga americana estándar, es similar a los perfiles en I, excepto que las áreas de las alas internas están en ángulo. La cara interior de los patines normalmente se hallan en una pendiente de 2:12, y el espesor del patín varía desde un valor más pequeño en los extremos, hasta un espesor de patín más grande cerca del borde de la viga. Un perfil S12×35 implica un elemento con 12 pulgadas en profundidad real y el peso muerto de 35 lb/pie como longitud del elemento.

Figura N° 08

Perfil S



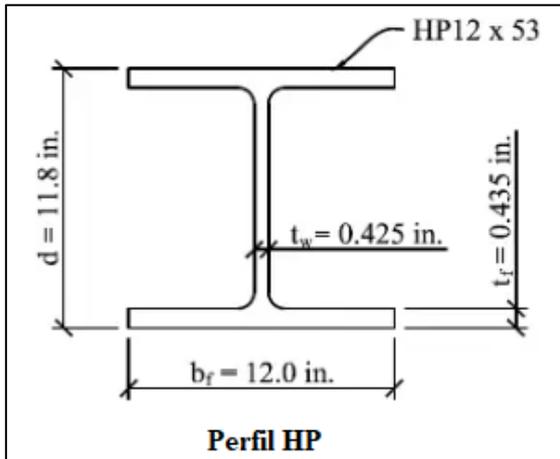
Fuente: Vigil Jason, 2020.

c) Perfiles de acero tipo HP

El perfil HP es similar al W y se usa como pilotes de forma H en cimientos de pilotes de apoyo. Estos pilotes H, con una longitud mayor o igual a 100 pies, soportan cargas de la superestructura y, a menudo, se inyectan y encajan en el lecho de roca para resistir las cargas de elevación en la estructura, Vigil Jason (2020).

Figura N° 09

Perfil HP



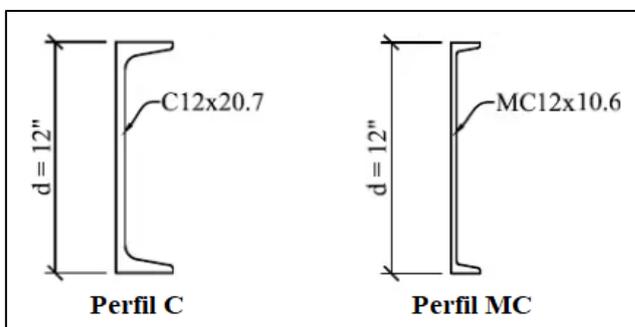
Fuente: Vigil Jason, 2020.

d) Perfil de acero tipos MC y C

Las secciones en C con caras internas del ala del canal ahusadas desde el mínimo espesor en el extremo del ala hasta el espesor máximo en la pared del canal. Comúnmente usadas como vigas para el soporte de cargas livianas, como en pasillos y peldaños de escaleras, también se usan para enmarcar bordes de las aberturas del techo. Un C 12 × 30 implica un perfil C con una real profundidad de 12 pulgadas y un peso de 30 lb/pie, en tanto que un elemento MC 12 × 35 involucró el canal múltiple con una profundidad de 12 pulg. y un propio peso de 35 libras/pie MC 12× 43, según Vigil Jason (2020).

Figura N° 10

Perfil C y MC



Fuente: Vigil Jason, 2020.

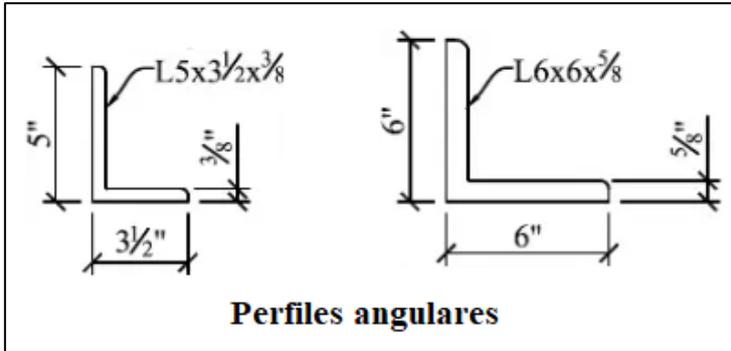
e) Perfil de acero tipo ángulo L

Jack McCormac (2018), indica que los ángulos son elementos en forma de L con patas de igual o diferente longitud, y se utilizan como dinteles transversales para soportar el

revestimiento de ladrillos y revestimientos de paredes sobre ventanas y puertas, y como elementos de alma en armaduras.

Figura N° 11

Perfiles en ángulo tipo L



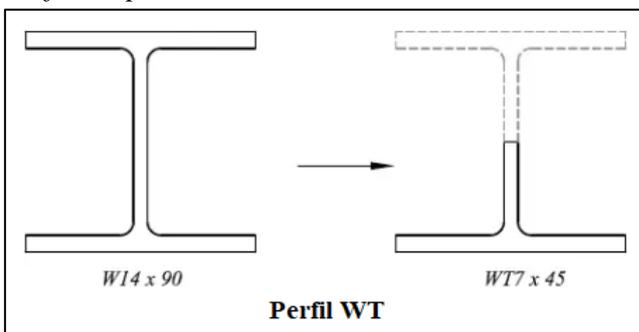
Fuente: Jack McCormac, 2018.

f) Tees estructurales: Perfiles MT, ST y WT

Se fabrican las tees estructurales cortando por la mitad una sección del ala ancha, en forma de S o M. Por ejemplo, si se corta una mitad de W14 × 90, la forma resultante será WT 7 × 45, donde la profundidad nominal es de 7 pulgadas, y el peso muerto de cada paca es de 45 lbs/ft. Las formas WT se usan comúnmente como tirantes y como cuerdas superior e inferior de la armadura. De manera similar, los formularios ST y MT incluyen formularios S y M, Vigil Jason (2020).

Figura N° 12

Perfiles tipo WT



Fuente: Vigil Jason, 2020.

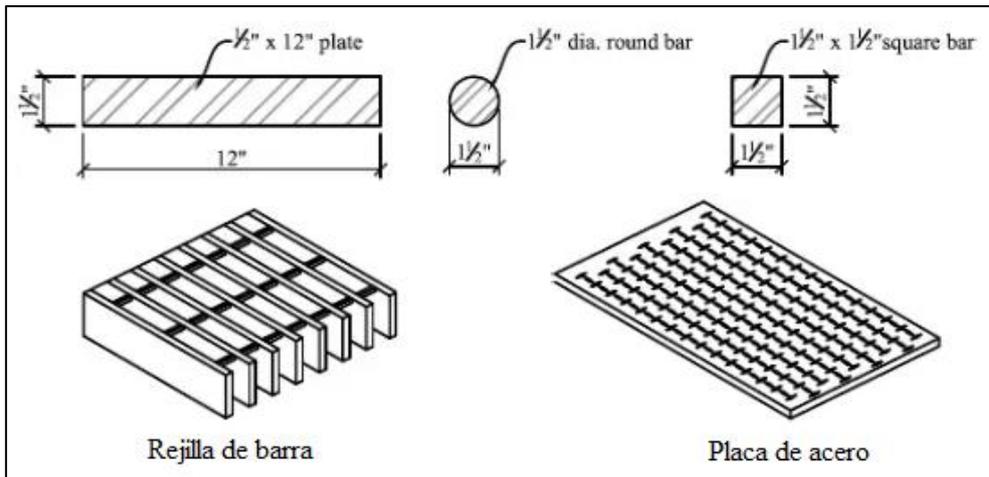
g) Barras y placas

Según Vigil Jason (2020), las barras y placas son elementos planos utilizados como rigidizadores, espaciadores y elementos de arriostramiento en X. Del mismo modo se usan

para el reforzamiento de vigas existentes de acero y como soporte en dinteles construidos de acero. Las placas son usadas también en columnas planas en forma de cruz.

Figura N° 13

Placas y barras



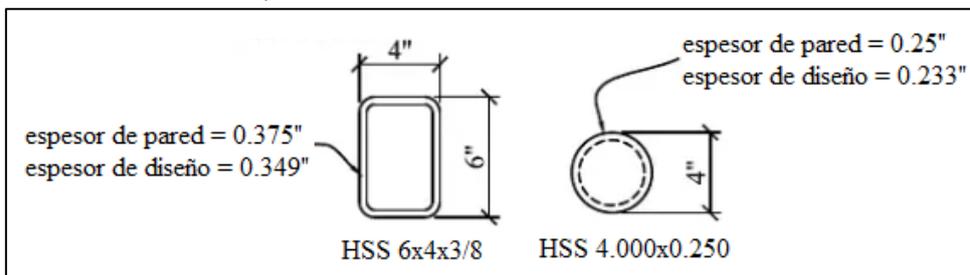
Fuente: Vigil Jason, 2020.

h) Secciones estructurales huecas SEH

En su totalidad, las formas descritas anteriormente están fabricadas de perfiles de acero laminados en caliente, en tanto que los elementos de sección estructural hueco (SEH) son de acero al carbono soldado y formado en frío, y se crean mediante el doblado en frío de una pieza de acero plano que viene en tubos rectangulares, cuadrados o redondos; luego suelde los extremos juntos; se usan comúnmente como vigas transversales, columnas, puntales, tirantes, soportes colgantes, riostras laterales y elementos de marcos de arriostamiento en construcciones y puentes.

Figura N° 14

Tubos estructurales y HSS



Fuente: Vigil Jason, 2020.

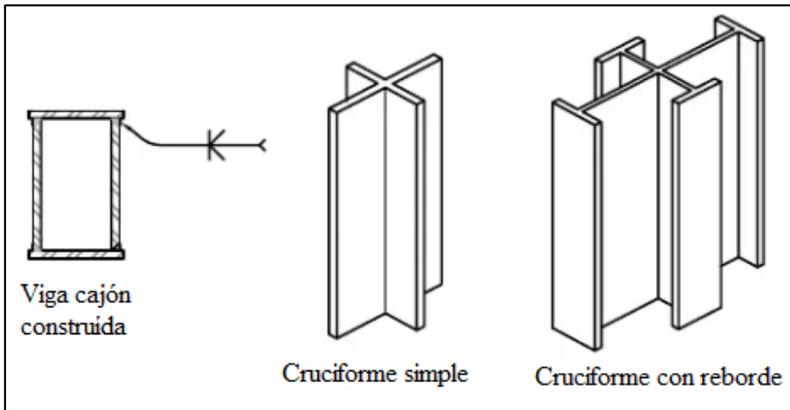
i) Secciones preconstruidas

Los ensamblajes incluyen vigas de losa soldada y otras secciones construidas a partir de secciones y placas laminadas estándar (por ejemplo, la sección W con losa soldada al ala inferior; sección transversal plana y ala transversal). Las vigas de placa se usan para el

soporte de cargas pesadas cuando los perfiles de acero laminado estándar enumerados no son suficientes para el soporte de la carga. Los perfiles reforzados también se pueden utilizar como refuerzo y dinteles para pilares y vigas existentes.

Figura N° 15

Secciones preconstruidas



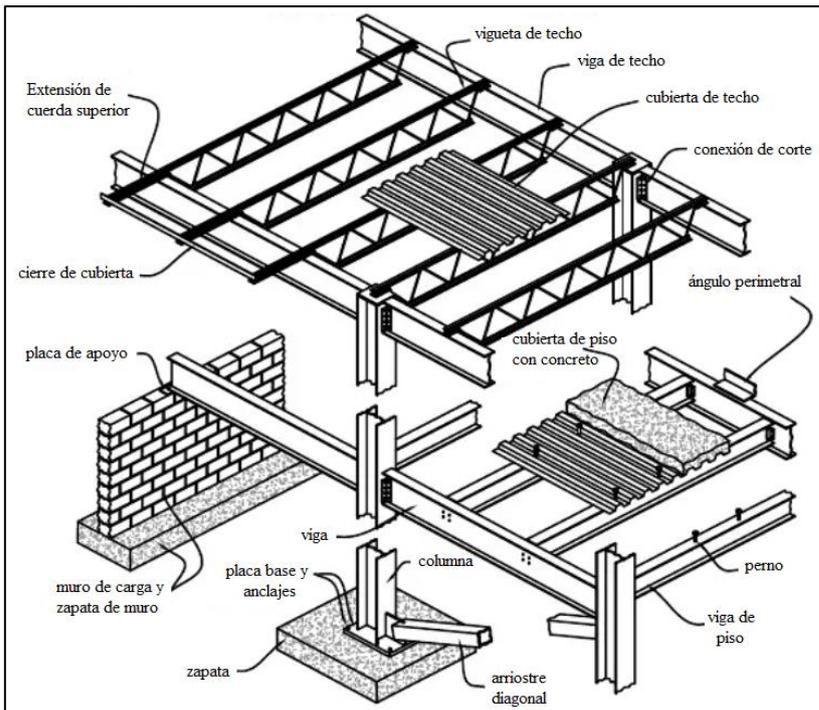
Fuente: Vigil Jason, 2020.

Elementos estructurales básicos de acero

En la siguiente figura se muestra los miembros básicos compuestos de acero y los elementos utilizados para resistir cargas laterales y de gravedad en edificios con estructuras conformadas de acero.

Figura N° 16

Edificio típico de acero: elementos básicos estructurales (3D)



Fuente: Chi Shen, 1995.

a) Viguetas y vigas de acero

Según Chi Shen (1995), las viguetas o vigas sostienen directamente la cubierta del techo o la plataforma y se extienden entre las vigas. El techo o piso generalmente se extiende en una dirección entre las vigas de relleno. Mientras que las vigas a lo largo de las líneas de los pilares comúnmente se conectan a la celosía de los pilares, las vigas a menudo se conectan a las alas de los pilares, ya que las vigas soportan cargas más intensas que las vigas de relleno típicas.

b) Columna de acero

Son miembros verticales que únicamente soportan cargas axiales de compresión. Denominados a veces puntales cuando se usan horizontalmente (como en las riostras de excavación) o puntales en diagonal para resistir cargas axiales de compresión en los pilares discontinuos, Chi Shen (1995).

c) Viga-columna de acero

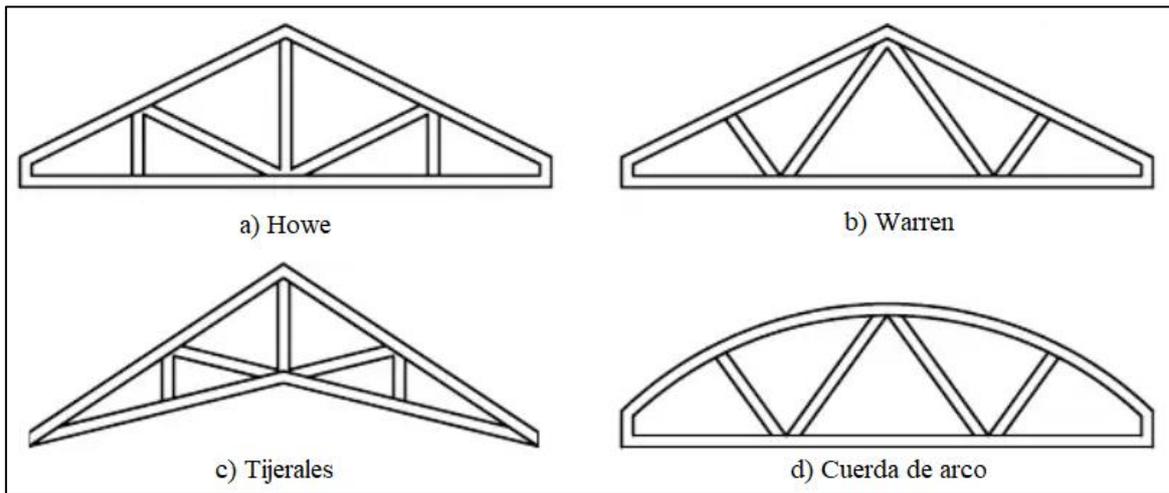
Las viga-columna es un elemento que se encuentra sometido a cargas de tracción axial o además del momento flector. Las columnas típicas de las construcciones en la práctica, a menudo actúan como columna-viga debido a la excentricidad de las acciones de la viga y la reacción de la viga al eje central de la columna, Chi Shen (1995).

d) Armaduras de acero

Cuando las cerchas se usan en una configuración vertical, actúan esencialmente como pórticos, ya que los miembros longitudinales de las columnas se construirán como elementos continuos, al menos entre las juntas de las columnas, para crear una interacción entre los muros centrales de concreto y los pilares perimetrales para en conjunto resistir cargas laterales en edificaciones de gran tamaño.

Figura N° 17

Perfiles de armadura típicos



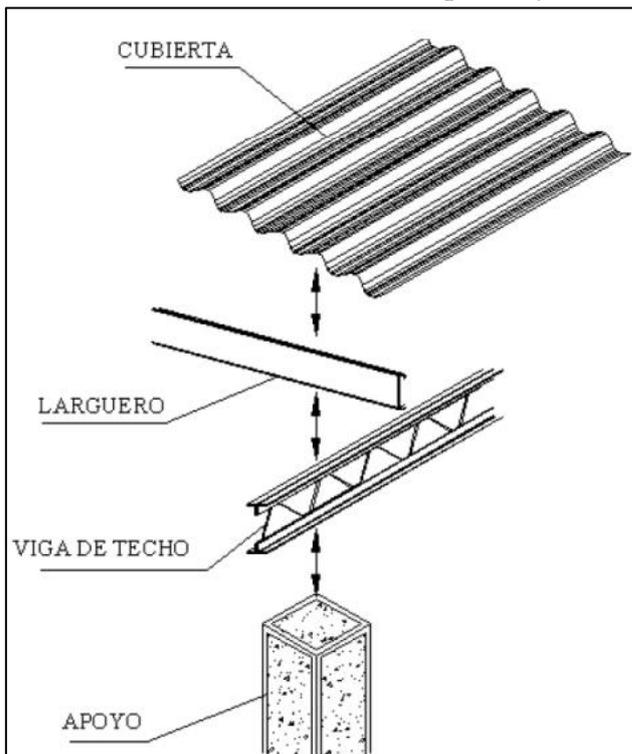
Fuente: Chi Shen, 1995.

e) Cubierta metálica

Las coberturas metálicas son elementos de cierre superior. Su cometido, es asegurar la protección del edificio, en la zona superior y, por extensión, a la estructura portante de dicha cubierta frente a los diversos agentes externos.

Figura N° 18

Elementos estructurales de acero que conforman un techo.



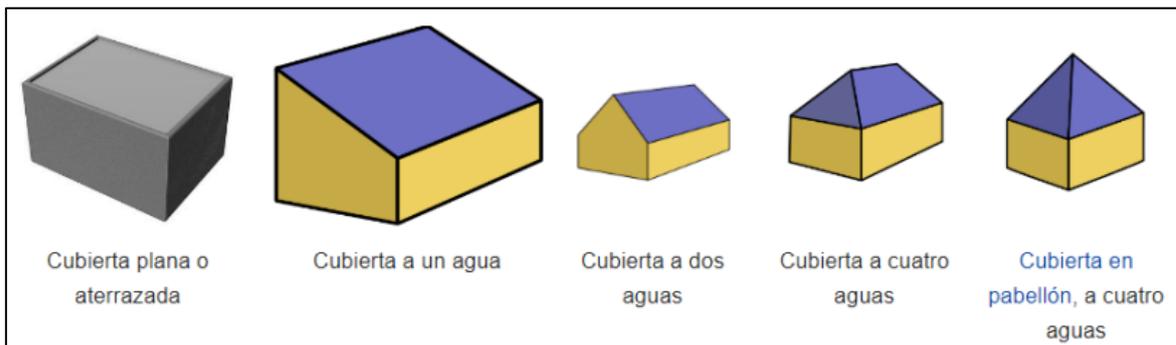
Fuente: Chi Shen, 1995.

Cubiertas típicas

Según Ziad Azzi (2020), en general se distingue y se utilizan dos tipos: cubiertas inclinadas y cubiertas planas, que difieren en su inclinación con respecto al plano horizontal. Ambos tipos de cobertura han mejorado su arquitectura y cada uno posee sus ventajas, las pendientes son más utilizadas en climas predominantemente lluviosos, ya que permiten un drenaje simple por gravedad, y las planas en climas más secos donde las precipitaciones son más problemáticas, los problemas de nieve son prácticamente desconocidos.

Figura N° 19

Cubiertas típicas



Fuente: Ziad Azzi, 2020.

Cubiertas tipo parabólico:

El techo curvo tiene la característica de que la pendiente no es recta sino curva. Pueden ser tanto continuos como discontinuos.

Recubrimiento o cubierta a un agua:

Según Ziad Azzi (2020), es un tipo de techo que consiste en un solo escalón (generalmente con un escalón uniforme) y no está conectado a ninguna otra superficie del techo.1 Un techo a dos aguas puede considerarse como una combinación de la unión de dos vertientes con agua inclinada en dos direcciones diferentes y compartiendo un techo común.

Recubrimiento o cubierta a dos aguas:

Es más común en áreas del mundo con climas fríos o templados. Consta de dos tramos de cubierta inclinados en sentidos opuestos y colocados de forma que su parte más alta coincida con una línea horizontal, denominada cumbre o cumbre.

Recubrimiento o cubierta tipo pabellón:

Según Ziad Azzi (2020), es un tipo de cubierta con pendientes pronunciadas que convergen en un vértice, normalmente de planta poligonal a cuatro aguas, aunque también puede tener más lados e incluso ser cónica.

Figura N° 20

Diversos tipos de cubierta en la iglesia San Víctor, Auvelais Bélgica.



Nota: La iglesia San Víctor, posee 3 tipos de cubiertas: A un agua, a dos aguas y en pabellón.

Fuente: Ziad Azzi, 2020.

Tipos de juntas o uniones

Durante largo tiempo, el método más aceptado para unir elementos de una estructura de acero llegó a ser el remachado. En tanto, en las últimas décadas, el empernado y la soldadura son el método más utilizado para unir acero estructural y rara vez se utilizan remaches.

a) Uniones atornilladas

Según Jack McCormac (2018), se pueden usar diferentes tipos de pernos para unir estructuras de acero. Los pernos no giratorios también se conocen como tornillos ordinarios o comunes. Disponibles en diámetros que oscilan desde ½ pulgada hasta 1 ½ pulgada en incrementos de 1/8 pulgada.

Los pernos de alta resistencia están hechos de acero de aleación y carbono medio tratado térmicamente y tienen el doble o más de resistencia a la tracción que los pernos comunes. Hay dos tipos básicos, pernos A325 (hechos de acero al carbono medio tratado térmicamente) y pernos A490 que poseen una resistencia mayor (tratados también térmicamente, pero hechos de aleación de acero).

Figura N° 21

Apriete de tuerca de un perno de resistencia con una llave de impacto.



Fuente: Jack McCormac, 2018.

b) Uniones soldadas

Según Jason (2020), la soldadura es el proceso en el que las piezas metálicas se unen calentando su superficie hasta un estado plástico o líquido, lo que permite que las piezas fluyan y se unan (sin necesidad de añadir otros metales al proceso de fundición). Una conexión remachada o atornillada puede ser casi imposible, pero una conexión soldada será menos complicada. Las estructuras soldadas son más rígidas porque los elementos generalmente se sueldan entre sí directamente.

Métodos de diseño de estructuras de acero

Los métodos más utilizados en la actualidad y aprobados por las normas nacionales y especificaciones de diseño son:

- LRFD - Método de diseño por factores de carga y resistencia
- ASD - Método de diseño por esfuerzos admisibles

a) LRFD - Método de diseño por factores de carga y resistencia

Karimi Farzad (2019), indica que el método LRFD es un método de diseño de estado límite basado en probabilidad o de confiabilidad que tiene en cuenta las variaciones o incertidumbres estadísticas en la resistencia de los elementos estructurales y las cargas que actúan sobre dicho elemento, y tipo de falla (p. ej., falla dúctil vs falla frágil) usando diversos factores de reducción de carga y resistencia. El método LRFD usa un enfoque de diseño de estado límite, siendo este el punto en el que un elemento estructural alcanza su límite útil. La ecuación básica de diseño del estado límite para el método LRFD requiere que la resistencia de diseño: ϕR_n , sea igual o mayor que la suma de las cargas calculadas mayoradas

o los efectos de carga (esto es la demanda). Esto se escribe matemáticamente como la ecuación (1):

$$R_u = \sum \lambda_i Q_i \leq \phi R_n \quad (1)$$

Donde:

λ_i : Factor de carga

Q_i : Efecto de carga

$\lambda_i Q_i$: Carga factorizada

$R_u = \sum \lambda_i Q_i$: Efectos de las cargas factorizadas en la estructura

R_n : Resistencia nominal

ϕR_n : Resistencia de diseño

Teniendo presente que la carga de servicio (esto es, la carga no factorizada o carga de trabajo) Q_i , es la carga que actúa sobre la estructura o elemento en condiciones normales de uso, mientras que la carga límite, mayorada o última Q_u , será la carga que actúa sobre la estructura en el punto de dalla o estado límite de carga última, Karimi Farzad (2019).

b) ASD - Método de diseño por esfuerzos admisibles

Según Karimi Farzad (2019), en la metodología ASD, se elige un elemento tal que la resistencia admisible igual o mayor a la carga de servicio aplicada o el efecto de la carga aplicada, o resistencia requerida R_a . La resistencia permisible es la resistencia nominal o teórica dividida por el factor de seguridad dependiendo únicamente del estado límite considerado. Esto se escribe matemáticamente como la ecuación (2):

$$R_a \leq R_n / \Omega$$

Donde:

R_a : Resistencia requerida

R_n : Resistencia nominal

Ω : Factor de seguridad

R_n / Ω : Resistencia admisible

Tenga en consideración que la resistencia teórica o nominal R_n , es la misma para los métodos LRFD y ASD. El factor de seguridad depende del modo de fallo del elemento estructural o del estado límite considerado. Como se señaló anteriormente, el enfoque de

diseño por resistencia admisible utiliza un solo factor de seguridad para tener en cuenta la incertidumbre sobre la resistencia y cargas aplicadas en el elemento.

Combinación de cargas

Las cargas individualmente estructurales que actúan sobre la estructura del edificio no actúan de forma independiente sino que actúan en conjunto con otras cargas sobre la estructura. La combinación de cargas son las permutaciones y magnitudes de diferentes tipos de cargas que pueden ocurrir simultáneamente en una estructura.

Cargas combinadas en el sistema LRFD

Combinaciones básicas para el sistema LRFD (excluyendo la carga de fluido F y la fuerza de auto sujeción T, que es cero para la mayoría de las estructuras en edificios) son:

Combinación 1:	1.40 M
Combinación 2:	1.20 M + 0.50 V
Combinación 3:	1.20 M + 1.60 V + 0.50 W
Combinación 4:	1.20 M + 1.30 W + 0.50 V
Combinación 5:	1.20 M \pm 1.00 S
Combinación 6:	0.90 M \pm (1.30 W o 1.00 S)

Cargas combinadas en el sistema ASD

Al diseñar para la resistencia en condiciones de carga de servicio, se deben usar las combinaciones de carga ASD que se dan en las siguientes ecuaciones:

Combinación 7:	M + V
Combinación 8:	$\frac{3}{4}$ (M + V)
Combinación 9:	$\frac{3}{4}$ (M + S)
Combinación 10:	$\frac{3}{4}$ (M + V + W)
Combinación 11:	$\frac{3}{4}$ (M + V + S)

Donde:

M = Carga muerta

V = Carga viva

W = Carga viento (Wind)

S = Carga sismo

Cálculo de cargas

Según el RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones) en la norma E.020 (Cargas) (2016), los edificios y todos sus componentes deben ser capaces de soportar las cargas que se les imponga como consecuencia de su previsto uso. Deberán operar en las combinaciones especificadas y no deberán causar esfuerzos o deformaciones mayores a los señalados para cada material estructural.

Peso muerto o carga muerta

Compuesto por el peso de los materiales, equipos de servicio, tabiques y demás elementos que soporta el edificio. Para edificios con estructura de acero, son cargas muertas la estructura en sí, pisos, los muros, el techo, la plomería y accesorios, indica la norma E.020.

Tabla N° 02

Materiales usados en edificación y sus cargas

Material	Carga
Concreto armado	150.00 lb/ft ³
Acero estructural	490.00 lb/ft ³
Concreto ciclópeo	145.00 lb/ft ³
Muros de división simples de acero	4.00 lb/ft ³
Empaste sobre concreto	5.00 lb/ft ³
Cielo colgante raso	2.00 lb/ft ³
Piso de madera dura (7/8")	4.00 lb/ft ³
Pisos de doble madera 2x12x16 "	7.00 lb/ft ³

Fuente: Jack McCormac, 2018.

Peso de la cubierta metálica

La carga W_c en Kg, por el peso de la cubierta metálica se estima matemáticamente con la siguiente fórmula:

$$W_c = (s)(d)(p) \dots (kg)$$

Donde:

W_c : Peso total de la cubierta metálica (kg)

p : Peso de la cobertura metálica (kg/m²)

s : Longitud del arco de cobertura metálica (m)

d : Separación entre arcos (m)

La carga vertical distribuida uniformemente sobre la luz del marco W_i se determina:

$$w_i = \frac{W_c}{L} \dots \left(\frac{kg}{m} \right)$$

Peso del tijeral principal

Para calcular el peso del marco Wp se estiman las medidas y secciones a utilizar:

$$Wp = Lp \cdot p \dots (kg)$$

Donde:

Wp : Peso total del arco (kg)

Lp : Longitud de los perfiles (m)

p : Peso de los perfiles (kg/m)

La carga vertical distribuida uniformemente sobre la luz del tijeral w_p se calcula:

$$w_p = \frac{Wp}{L} \dots \left(\frac{kg}{m} \right)$$

Peso de la vigueta

Para calcular el peso total de la vigueta Wv , se usa la fórmula:

$$Wv = Lv \cdot p \dots (kg)$$

Donde:

Wv : Peso total de la vigueta (kg)

p : Peso estimado de la vigueta (kg/m)

Lv : Longitud de la vigueta (m)

La carga vertical distribuida uniformemente sobre la luz del tijeral se calcula:

$$w_v = \frac{Wv}{L} \dots \left(\frac{kg}{m} \right)$$

Cargas vivas

Compuesta por el peso de los ocupantes, equipos, materiales, muebles y otros elementos móviles soportados en el edificio. Los techos y marquesinas se diseñarán tomando en consideración las cargas vivas, cargas de sismo, viento y otras, especificadas en la norma E.020 (2016). Siendo las cargas mínimas:

- a) Para techos inclinados 3° , con respecto a la horizontal la carga viva será 100 kgf/m^2 .
- b) Para techo con pendientes mayores a 3° , respecto a la horizontal, 100 kgf/m^2 reducida en 5 kgf/m^2 por cada $^\circ$ de pendiente por encima de 3° , no más de 50 kgf/m^2 .
- c) Para techo curvo, 50 kgf/m^2 .
- d) Para coberturas de techo livianos de planchas plegadas o onduladas, calaminas, fibrocemento, materiales plásticos, etc., cualquiera que sea su pendiente, 30 kgf/m^2 , excepto en el caso de condensación de nieve acumulada en el techo.

- e) Para terrazas o malecones, se aplicarán las cargas correspondientes a su uso particular.
- f) Para coberturas con jardín, la mínima carga será de 100 kgf/m². Si el jardín es de uso público el recargo de diseño será de 400 kgf/m².

Carga de nieve

En Perú la mayoría de las estructuras metálicas se construyen en zonas libres de nieve, sin embargo se recomienda que los techos de las estructuras por encima 3000 m.s.n.m., estén diseñados para soportar cargas de nieve, con peso específico de 150 kg/m³, y un espesor superior a los 30 cm.

Cargas de viento

Las estructuras, cerramientos y componentes externos de todos los edificios expuestos a el viento, deberán estar diseñados para resistir cargas externas e internas (presiones y succiones) debidas al viento, suponiéndose que éste actúa en dos direcciones horizontales en ángulo recto entre sí. En la estructura se considerará simultáneamente la aparición de presiones externas e internas.

a) Velocidad de diseño: La velocidad viento a una altura de hasta 10m es la velocidad máxima adecuada para la zona de ubicación del edificio pero no inferior a 75 km/h. La velocidad del viento de diseño se calculará de la siguiente fórmula:

$$V_h = V \left(\frac{h}{10} \right)^{0.22}$$

Donde:

- V_h : Velocidad de diseño en la altura h en km/h
- V : Velocidad de diseño hasta 10 m de altura en km/h
- h : Altura sobre el terreno en metros

b) Carga de viento exterior: La carga externa (presión o succión) ejercida por el viento se supone estática y de ángulo recto a la superficie en la que se actúa. Se determinará mediante la siguiente fórmula:

$$P_h = 0.005 C V_h^2$$

Donde:

- P_h : Es la presión o succión del viento a una altura en h en kg/m²
- C : Es el factor de forma sin dimensión, indicada en la norma E.020.
- V_h : Es la velocidad de diseño a la altura h,

Tabla N° 03*Coefficientes de forma (C)*

Construcción	Barlovento	Sotavento
Áreas verticales en edificaciones	+ 0.80	- 0.60
Muros aislados, anuncios, miembros con una medida corta en la dirección del viento	+ 1.50	
Chimeneas, tanques de agua y otros de sección elíptica o circular	+ 0.70	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección cuadrada o rectangular	+ 2.00	
Cubiertas y arcos cilíndricos con una inclinación menor o igual a 45°	± 0.80	- 0.50
Áreas con una inclinación no mayor a 15°	+ 0.30	- 0.60
	- 0.70	
Áreas con pendiente entre 15° y 60°	+ 0.70	
	- 0.30	- 0.60
Áreas con pendiente entre 60° y la vertical	- 0.70	- 0.70

* El signo (+) indica presión y el (-) indica succión.

Fuente: Norma E.020 del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016.

c) Carga de viento interior: Para el diseño de los miembros de cierre, incluidas sus anclajes y fijaciones, se analizan los límites de nivel en cualquier dirección, tales como paneles de vidrio, tapas, umbrales y elementos de cierre, cargas El exterior calculado se suma al interior calculado (presión y succión) con los factores de forma para presión interna según tabla 04.

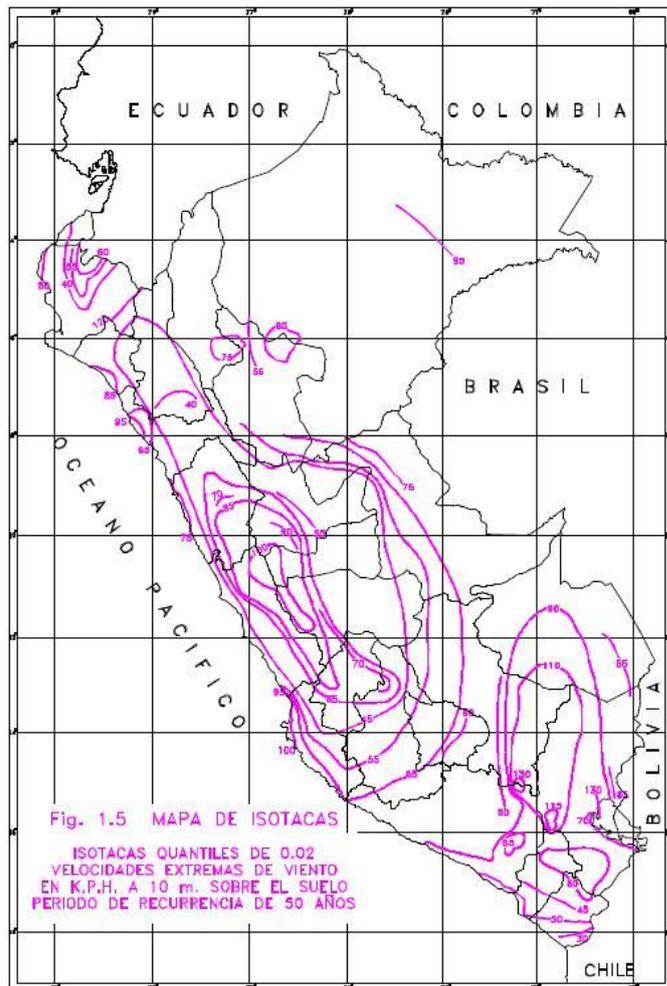
Tabla N° 04*Factor de forma para el cálculo de cargas en miembros de cierre (C)*

Tipos de aberturas		
Uniforme en lados a sotavento y barlovento	Principales en lado a barlovento	Principales en lado a sotavento o en los costados
± 0.30	+ 0.80	- 0.60

Fuente: Norma E.020 del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016.

Figura N° 22

Plano eólico en el Perú



Fuente: Norma E.020 del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016.

Diseño resistente al sismo

Los terremotos ocasionan movimientos verticales y horizontales. Los movimientos horizontales son los que mayor efecto producen en la estructura. A medida que el suelo se mueve, la inercia de la masa estructural tiende a oponerse a ese movimiento, por lo que según el principio de D'Alembert:

$$\begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \\ \ddot{x}_3 \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} k_1 + k_2 & -k_2 & 0 \\ -k_2 & k_2 + k_3 & -k_3 \\ 0 & -k_3 & k_3 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} m_1 \ddot{x}_g(t) \\ m_2 \ddot{x}_g(t) \\ m_3 \ddot{x}_g(t) \end{Bmatrix}$$

$$M\ddot{X} + KX = F$$

Al conocer los valores de X, se pueden calcular las fuerzas cortantes del piso

$$V_1 = K_1(X_1 - X_{i-1})$$

$$V_{base} = K_1 X_1$$

Y las fuerzas en el piso

$$F_1 = V_1 - V_{1-1}$$

Este análisis es difícil para los edificios, lo que se suma a la incertidumbre debido a las suposiciones consideradas para hacer el modelado matemático. Es por ello que muchas normativas acuerdan tener en cuenta únicamente la carga C.W, aplicada horizontalmente, que se especifica empíricamente. Esta carga está representada por la expresión:

$$V = \frac{ZUSC}{R} * W$$

El valor de la relación C/R se considerará mayor de 0.125.

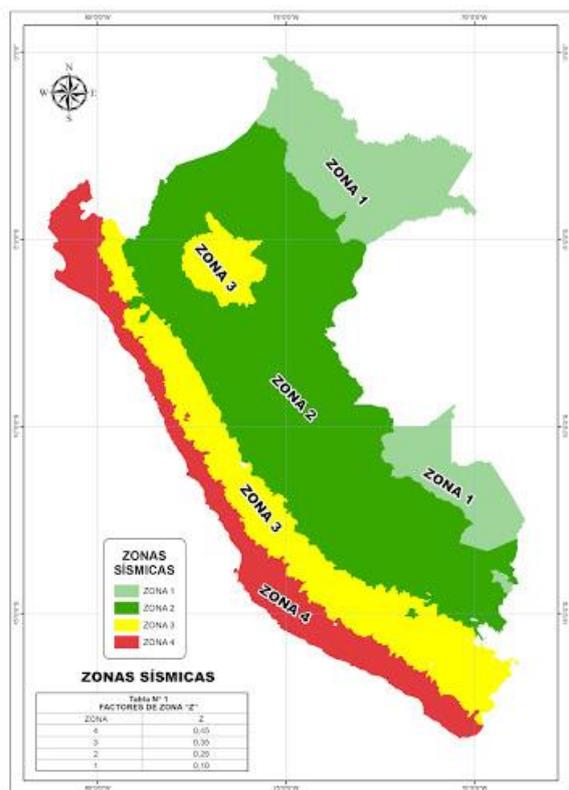
Donde:

- V: Fuerza cortante basal.
- Z: Factor zona.
- U: Factor uso.
- S: Factor suelo.
- C: Factor amplificación sísmica.
- R: Coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas.
- W: Carga muerta.

Factor Zona (Z)

El Perú se considera dividido en cuatro zonas sísmicas, como se aprecia en la figura N° 23. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial sísmica observada, las características generales de los movimientos sísmicos y su atenuación de estos con la distancia del epicentro, así como información neotectónica (2019).

Figura N° 23
Plano de zonificación sísmica



Fuente: Norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016.

El factor Z se asigna a cada zona como se muestra en la tabla N° 05. Se interpreta este factor como la aceleración lateral máxima sobre suelo duro con una probabilidad de superar el 10% en 50 años. El factor Z se conceptualiza como una fracción de la aceleración debida a la gravedad.

Tabla N° 05

Coefficientes del factor zona (Z)

ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Fuente: Norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016.

Factor Uso (U)

Cada estructura se clasificará de acuerdo a las clases especificadas en la tabla N° 6. Para edificaciones con aislamiento sismorresistente en la base se considerará $U = 1$.

Tabla N° 06*Factor uso y categoría de las edificaciones*

Factor uso (U) y categorías de las edificaciones		
CATEGORÍAS	DESCRIPCIÓN	FACTOR USO (U)
A Edificios Esenciales	A1: Los establecimientos de salud (públicos y privados) de nivel 2 y 3, según lo normado por el MINSA	1.50
	A2: Edificios que son esenciales para la gestión de emergencias, operaciones gubernamentales y, en general, edificios que pueden servir como refugios en casos de desastre. Se incluyen los siguientes edificios: <ul style="list-style-type: none"> - Establecimientos de reconocimiento y tratamiento médico no incluidos en el grupo A1. - Puerto, aeropuerto, terminal de pasajeros, sistema de transporte público, campus de la ciudad y centro de comunicaciones. - Estación de bomberos, cuartel general de las fuerzas armadas, policía. - Instalaciones de sistemas de generación y conversión de energía, embalses y plantas de tratamiento. - Los edificios que almacenan archivos importantes e información de estado. 	
B Edificios Importantes	Edificios donde se reúnen grandes multitudes de personas, como cines, teatros, estadios, arenas, centros comerciales, paradas de autobús, prisiones o lugares donde se almacenan objetos de valor, como bibliotecas y museos.	1.30
C Edificios Comunes	Edificios ordinarios tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, almacenes e instalaciones industriales, cuya ausencia no da lugar a riesgos adicionales de incendio o fuga de contaminantes.	1.00
D Edificios Temporarios	Edificaciones provisorias para almacenes, casetas y otros similares.	1.00

Fuente: Norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016.

Tipos de perfiles de suelo (So)

a. Perfil S0: Rocas duras

Corresponde a este tipo rocas con velocidad de propagación de ondas cortantes V_s superiores a 1500 m/s. Las medidas corresponden al sitio del proyecto o a secciones transversales de la misma roca en la misma formación con cambios o grietas iguales o mayores. En lugares donde se sabe que la roca dura es continua hasta una profundidad de 30 m, las mediciones de la velocidad de la onda de cortes superficial se pueden usar para calcular el valor de V_s .

b. Perfil S1: Rocas o suelos altamente rígidos

Esta categoría corresponde a rocas de diversos grados de fracturación, masa homogénea y suelos muy duros con velocidades de propagación de ondas cortantes V_s entre 500 m/s y 1500 m/s, incluyendo casos en cimentación sobre: Roca fracturada, grava arenosa muy densa o densa y arcilla muy densa.

c. Perfil S2: Suelos intermedios

Esta clase corresponde a suelos moderadamente rígidos, con velocidades de propagación de ondas cortantes V_s en el rango de 180 m/s a 500 m/s, incluyendo casos en cimentación sobre: Arena o grava compacta, arena gruesa a media. Suelo semicompacto y cohesivo con resistencia al corte sin drenaje de 50 kPa a 100 kPa.

d. Perfil S3: Suelos blandos

Suelos blandos con velocidad de propagación de ondas de corte V_s menor o igual a 180 m/s son los correspondientes a esta categoría, incluyendo los siguientes casos en cimentación sobre: Arena media a fina, o arena mixta; suelo cohesivo blando con resistencia al corte en estado no drenado entre 25 kPa y 50 kPa y cualquier sección transversal correspondiente a la clase S4 y más de 3 m de suelo con un índice plástico superior a 20, mayor contenido de humedad 40% y la resistencia al corte no drenado es inferior a 25 kPa.

e. Perfil S4: Condiciones especiales

Esta categoría corresponde a suelos particularmente blandos, flexibles y lugares con condiciones geológicas particularmente desfavorables para los que se requiere un estudio específico del sitio. La tabla N° 07 a continuación nos resumirá los valores tipo para diferentes tipos de perfiles de suelo.

Tabla N° 07*Clasificación de perfiles de suelo*

CLASIFICACIÓN DE PERFILES DE SUELO			
Perfil	Vs	Ns	Ss
S0	> 1500 m/s	-	-
S1	500 m/s - 1500 m/s	> 50	> 100 kPa
S2	180 m/s - 500 m/s	15 a 50	50 kPa - 100 kPa
S3	< 180 m/s	< 15	25 kPa - 50 kPa
S4	Clasificación basada en el EMS (Estudio de Mecánica de Suelos)		

Fuente: Norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016.

Parámetros de sitio (S, T_P y T_L)

El tipo de perfil que mejor describa las condiciones locales consideradas, utilizando los respectivos valores de amplificación del suelo S y los periodos T_P y T_L se dan en las tablas N°08 y N°09 respectivamente.

Tabla N° 08*Factores de Suelo "S"*

FACTORES DE SUELO "S"					
Zona	Suelo	S_0	S_1	S_2	S_3
Z_4		0.80	1.00	1.05	1.10
Z_3		0.80	1.00	1.15	1.20
Z_2		0.80	1.00	1.20	1.40
Z_1		0.80	1.00	1.60	2.00

Fuente: Norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016.

Tabla N° 09*Periodos " T_P " y " T_L "*

PERIODOS "TP" Y "TL"				
	S_0	S_1	S_2	S_3
$T_P(S)$	0.3	0.4	0.6	1.0
$T_L(S)$	3.0	2.5	2.0	1.6

Fuente: Norma E.030 Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016.

Factor de amplificación sísmica (C)

Este factor (C) se conceptualiza como el factor de ampliación de la aceleración de la estructura con respecto a la aceleración del suelo. De acuerdo con las propiedades del sitio, se determina mediante las siguientes fórmulas:

$$\begin{aligned} T < T_P & C = 2.50 \\ T_P < T < T_L & C = 2.50 * \left(\frac{T_P}{T}\right) \\ T > T_L & C = 2.50 * \left(\frac{T_P * T_L}{t^2}\right) \end{aligned}$$

Siendo T el periodo de vibración fundamental.

Periodo de vibración fundamental (T)

El periodo de vibración fundamental por cada dirección se calculará con la siguiente fórmula:

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

Los valores se hallan en la tabla N° 10.

Tabla N° 10

Valores de coeficientes de periodo de vibración

VALORES DE COEFICIENTE DE PERIODO DE VIBRACIÓN	
	Para edificaciones donde los factores de carga en la dirección considerada son sólo:
$C_T = 35$	a. Pórticos de hormigón armado sin muros de corte. b. Marcos de acero dúctiles con uniones con resistencia a momentos, sin arriostre.
	Para edificaciones donde los factores de carga en la dirección considerada sean:
$C_T = 45$	a. Marcos de hormigón armado con muros en las cajas de ascensores escaleras. b. Marcos de acero arriostrados.
$C_T = 60$	Para edificaciones de ladrillo y para todos los edificaciones de hormigón armado doble, los muros estructurales y de carga tienen una ductilidad limitada.

Fuente: Norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016.

Coefficiente de reducción de la fuerza sísmica (R)

El coeficiente de reducción sísmica estará determinado por el producto el coeficiente de reducción básico R_0 obtenido por medio de la tabla N° 11 y de los factores I_a , I_p .

$$R = R_0 * I_a * I_p$$

Factores de irregularidad I_a o I_p para el caso de estructura regular será igual a 1.

Tabla N° 11

Coefficiente de reducción de fuerza sísmica (Ro)

SISTEMA ESTRUCTURAL	Coefficiente Ro
Estructuras de acero:	
Pórtico Especial Resistentes a Momento (SMF)	8.00
Pórtico Intermedio Resistentes a Momento (IMF)	7.00
Pórtico Ordinario Resistentes a Momento (OMF)	6.00
Pórtico Especial Concéntricamente Arriostrado (SCBF)	8.00
Pórtico Ordinario Concéntricamente Arriostrado (OCBF)	6.00
Pórtico Excéntricamente Arriostrado (EBF)	8.00
Estructuras de concreto armado:	
Pórticos	8.00
Dual	7.00
De muros estructurales	6.00
Muros de ductilidad limitada	4.00
Estructuras de albañilería armada o confinada.	3.00
Madera (por esfuerzos admisibles)	7.00

Fuente: Norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016.

Determinación de fuerza de reacción, momento, axial y cortante

Para determinar la fuerza de reacción, momento, axial y cortante según las diversas condiciones de carga muerta, viva, viento y sismo en diversos puntos de la estructura, se usarán las expresiones recomendadas por Valerian Leontovich en el cap. 9 que corresponde al cálculo del arco parabólico simétricamente con dos articulaciones. Dichas expresiones requieren la definición de los datos y el cálculo de constantes comunes a cualquier estado de carga indica Valerian Leontovich (1973). Esto es:

$$\frac{f}{L}$$
$$\varphi = \frac{f}{h}$$

La ecuación de la parábola se obtiene con la siguiente expresión:

$$y = 4f \left(1 - \frac{x}{L}\right) \frac{x}{L}$$

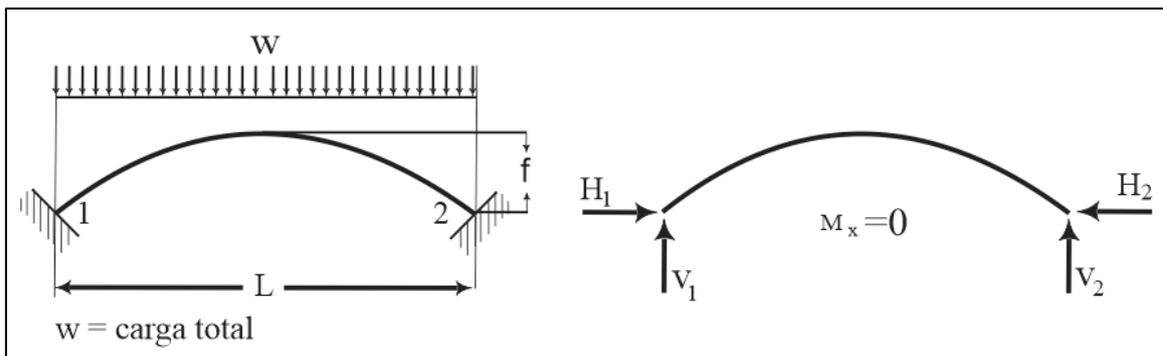
El ángulo φ es la inclinación del arco con la horizontal, se determinará:

$$\tan\varphi = \frac{4f}{L} \left(1 - \frac{2x}{L}\right)$$

Carga vertical distribuida uniformemente

Figura N° 24

Arco empotrado con carga vertical distribuida uniformemente



Fuente: Valerian Leontovich, 1973.

Se determinan las reacciones con las siguientes fórmulas:

$$H_1 = H_2 = \frac{WL}{8f}$$

$$V_1 = V_2 = \frac{W}{2}$$

El momento flector (M) y la fuerza cortante (V) en cualquier parte del arco, será cero. La fuerza normal (N) en función de "x" se determinará mediante las siguientes ecuaciones.

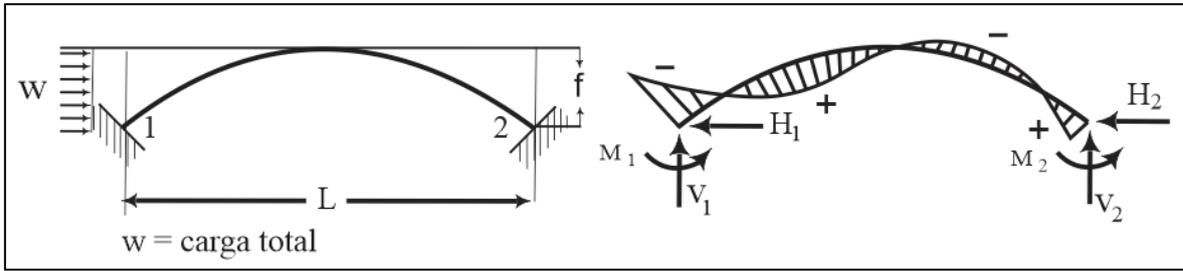
$$\text{Cuando } x \leq \frac{L}{2} \quad N_x = H_1 \cos\varphi + \frac{W}{2} \left(1 - \frac{2x}{L}\right) \sin\varphi$$

$$\text{Cuando } x > \frac{L}{2} \quad N_x = H_1 \cos\varphi - \frac{W}{2} \left(1 - \frac{2x}{L}\right) \sin\varphi$$

Carga horizontal distribuida uniformemente

Figura N° 25

Arco empotrado con carga horizontal distribuida uniformemente



Fuente: Valerian Leontovich, 1973.

Las reacciones se determinarán por medio de las ecuaciones:

$$H_1 = -\frac{201W}{256} \qquad H_2 = \frac{55W}{256}$$

$$V_1 = -V_2 \qquad V_2 = \frac{Wf}{2L}$$

$$M_1 = -\frac{Wf}{8} \left(\frac{117}{256} + 1 \right) \qquad M_2 = -\frac{Wf}{8} \left(\frac{117}{256} - 1 \right)$$

El momento flector (M) en función de "x" se determina con las siguientes fórmulas:

$$\text{Cuando } X \leq \frac{L}{2} \qquad M_x = M_1 + V_1x - H_1y - \frac{Wy^2}{2f}$$

$$\text{Cuando } X > \frac{L}{2} \qquad M_x = \frac{139Wf}{2048} + V_2(L - x) - H_2y$$

La fuerza axial, o normal (N) en función de "x" se determina con las siguientes fórmulas:

$$\text{Cuando } X \leq \frac{L}{2} \qquad N_x = \left(\frac{Wy}{f} + H_1 \right) \cos \varphi + V_1 \sin \varphi$$

$$\text{Cuando } X > \frac{L}{2} \qquad N_x = (W + H_1) \cos \varphi - V_1 \sin \varphi$$

La fuerza cortante (V) en función de "x" se determina con las siguientes fórmulas:

$$\text{Cuando } X \leq \frac{L}{2} \qquad V_x = -\left(\frac{Wy}{f} + H_1 \right) \cos \varphi + V_1 \sin \varphi$$

$$\text{Cuando } X > \frac{L}{2} \qquad V_x = (W + H_1) \cos \varphi + V_1 \sin \varphi$$

Calculo de la celosía o armadura

Walter Kaufmann (2021), describe que la celosía es una configuración estructural de miembros, generalmente apoyados solo en sus extremos, y formado por una serie de miembros lineales dispuestos e interconectados, de manera tal que la fuerza se transfiere de un elemento a otro axiale o vertical a ellos únicamente; esto es, de tensión o compresión.

Un triángulo es el polígono cuya forma es imposible de modificar geoméricamente sin cambiar las longitudes de uno o más de sus lados, por lo que, una celosía o armadura estará compuesta principalmente de un sistema de triángulos. Por lo general, la celosía consta de cuerdas superiores e inferiores, y elementos del alma.

Cargas asignadas

Carga muerta o peso propio.- La distribución de este tipo de carga en la estructura se realiza repartiendo el total de la carga sobre la superficie de trabajo de un arco, adquiriendo de este modo una carga puntual, esto es:

$$Wp = W_{DL} * L * d$$

Donde:

- Wp: Carga muerta puntual (kg)
- W_{DL}: Carga muerta sobre área (kg/m²)
- L: Longitud de luz (m)
- d: Distancia entre arcos (m)

Esta carga puntual se divide por el número de nudos cargados, estos son los nudos que forman la parte superior del arco, que es también donde se ubican los arriostramientos o correas. La carga se considera verticalmente en dirección de la gravedad.

Carga Viva.- Para la asignación de una carga puntual a la estructura, se hace del mismo modo que para una carga estática, esto es, primero se determina una carga puntual:

$$Wp = W_{LL} * L * d$$

Donde:

- Wp: Carga viva puntual (kg)
- W_{LL}: Carga viva por unidad de área (kg/m²)
- L: Luz (m)
- d: Separación entre arcos (m)

Carga sísmica.- El esfuerzo cortante basal de diseño, que reemplaza a la carga sísmica, se fracciona directamente por el número de nudos ya que se expresa en kg., pero su distribución se da horizontalmente en la cubierta.

Carga de viento.- Similar a la carga distribuida, se multiplica por la superficie de trabajo y posteriormente se distribuye entre el número de nudos. Esta carga se aplicará en la dirección horizontal.

$$Wp = W_{WL} * L * d$$

Donde:

Wp : Carga puntual del viento (kg)

W_{WL} : Carga del viento por unidad de superficie (kg/m²)

L : Longitud de la luz (m)

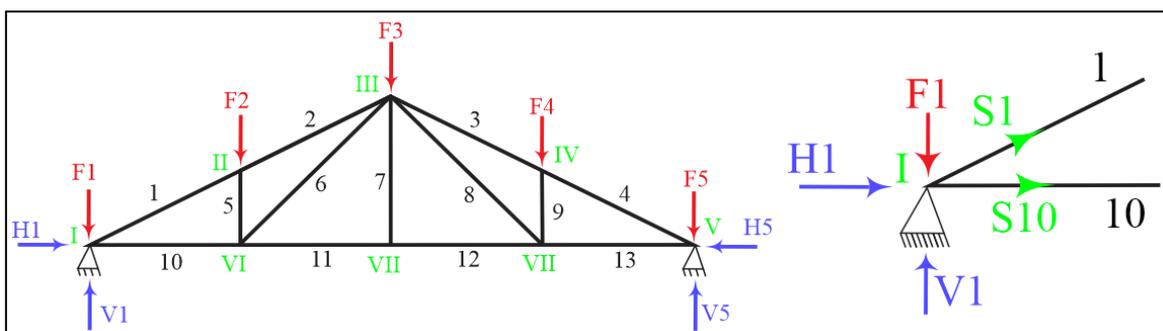
d : Distancia entre los arcos (m)

Método de los nudos para resolver la armadura

Según Saliba Yuan (2019), este método se basa en que toda la estructura está en equilibrio, luego cada uno de sus nudos también estará en equilibrio. En tanto, si se traza el diagrama de cuerpo libre (DCL) de cada articulación, se podrán usar las ecuaciones de equilibrio de fuerzas para adquirir cada fuerza de los miembros que actúan sobre cada nudo. Se tendrá que asignar las fuerzas internas en la dirección axial a cada elemento que constituye la celosía, así como las fuerzas externas que actúan sobre la misma (figura N° 26), y llegar a una solución en cada nudo usando un DCL para que los miembros estén en equilibrio, y de esta manera calcular todas sus fuerzas internas y calcular para cada miembro si este se encuentra a compresión o a tensión.

Figura N° 26

Celosía cargada y DCL en el nudo I



Fuente: Saliba Yuan, 2019.

Diseño de miembros estructurales tensionados

No existe un límite máximo de esbeltez para elementos en tensión, aunque la relación de esbeltez L/r preferentemente no debe exceder de 300.

$$\frac{L}{r} \leq 300$$

Donde:

L: Longitud del elemento (m)

r: Radio de giro menor a la sección transversal

La delgadez o esbeltez máxima para barras de sección transversal circular queda a discreción del diseñador, sin embargo, se recomienda:

$$\phi \geq \frac{L}{500}$$

Esfuerzos permitidos

Los elementos sometidos a tensión serán diseñados asumiendo que los esfuerzos fueron distribuidos uniformemente en la sección transversal. Para elementos sujetos a tracción axial, la resistencia nominal a la tensión, T_n se determinará de la siguiente forma:

$$T_n = A_n F_y$$

Además, la tensión permisible en la sección neta será:

$$T_\alpha = \phi_t T_n$$

$$\phi_t = 0.90(LRFD)$$

Donde:

T_n : Resistencia nominal del miembro cuando está tensionado.

A_n : Área neta de la sección transversal

F_y : Fluencia del acero

T_α : Tensión permisible en la sección neta

ϕ_t : Factor reducción para miembros sometidos a tensión

Diseño de miembros estructurales comprimidos

Longitud efectiva.- La carga última de pandeo elástico por flexión se corrige mediante la ecuación de Euler, dando el factor de longitud efectiva K:

$$L_c = KL$$

Donde:

- K: Factor de longitud efectiva
- L_c : Longitud efectiva del elemento
- L: Longitud no arriostrada del elemento
- r: Radio de giro

Para elementos que se diseñaron en compresión, se recomienda que la razón de esbeltez KL/r no sea mayor que 200.

$$\frac{KL}{r} \leq 200$$

Figura N° 27

Valores razón de esbeltez (K) con diferentes condiciones en sus extremos

La forma de pandeo se indica en línea de puntos	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Valores teóricos de K	0,5	0,7	1,0	1,0	2,0	2,0
Valores recomendados de proyecto para condiciones reales	0,65	0,80	1,2	1,0	2,10	2,0
Condiciones de vínculo	 <ul style="list-style-type: none">  Rotación y Traslación impedida  Rotación libre y Traslación impedida  Rotación impedida y Traslación libre  Rotación libre y Traslación libre 					

Fuente: Saliba Yuan, 2019.

Esfuerzos admisibles

Srikant (2015), en su artículo científico usando la norma AISI (American Iron and Steel Institute), C4.1 norma estadounidense conocida por ser una clasificación de aceros y aleaciones de materiales no ferrosos, asegura que la carga axial no debe exceder de:

$$P_a \leq \phi_c P_n$$

Siendo:

$$P_n = A_e F_n$$

$$\phi_c = 0.85 \text{ (LRFD)}$$

Donde:

- P_n : Resistencia nominal axial
- A_e : Área efectiva correspondiente al esfuerzo F_n
- F_n : Esfuerzo nominal de pandeo elástico
- ϕ_c : Factor de reducción para miembros en compresión

$$\text{Para } \lambda_c \leq 1.50 \quad F_n = (0.658^{\lambda_c^2}) F_y$$

$$\text{Para } \lambda_c > 1.50 \quad F_n = \frac{0.887}{\lambda_c^2} F_y$$

Donde:

$$\lambda_c = \sqrt{\frac{F_y}{F_e}}$$

F_e , mínimo esfuerzo de pandeo clásico por flexión, torsión o flexotorsión. AISI C4.1 : Para las secciones con doble simetría, las secciones transversales cerradas y cualquier otra sección, F_e se determina con:

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}$$

Donde:

- E: Módulo de elasticidad longitudinal

AISI C4.1: Para las secciones con simetría simple (como ángulos, canales, correas, etc.) sometidas a pandeo torsional flexional, F_e se debe tomar el menor valor calculado de acuerdo con la sección C4.1 y calculada de la siguiente manera:

$$F_e = \frac{1}{2\beta} \left[(\sigma_{ex} + \sigma_t) - \sqrt{(\sigma_{ex} + \sigma_t)^2 - 4\beta\sigma_{ex}\sigma_t} \right]$$

Donde:

$$\sigma_{ex} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{K_x L_x}{r_x}\right)^2}$$

$$\sigma_t = \frac{1}{Ar_o^2} \left[GJ + \frac{\pi^2 E C_w}{(K_t L_t)^2} \right]$$

$$r_o = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_o^2}$$

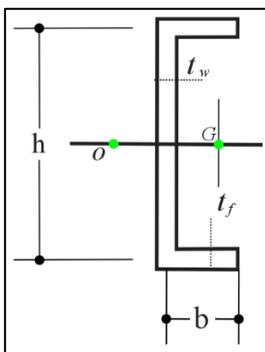
$$\beta = 1 - (x_o/r_o)^2$$

Donde:

- r_o : Radio polar de giro de la sección transversal respecto al centro de cortante
- r_x, r_y : Radios de giro de la sección transversal respecto a los ejes principales
- x_o : Distancia desde el centro de cortante al centroide, en el eje x
- G: Módulo de elasticidad transversal del acero
- J: Constante de torsión de la sección transversal
- C_w : Constante de alabeo torsional de la sección transversal

Figura N° 28

Sección del Canal C



Fuente: Saliba Yuan, 2019.

Para el cálculo de constantes se usan las siguientes ecuaciones:

$$J = \frac{1}{3} (2bt_f^3 + ht_w^3)$$

$$C_w = \frac{t_f b^3 h^2}{12} \left(\frac{3bt_f + 2ht_w}{6bt_f + ht_w} \right)$$

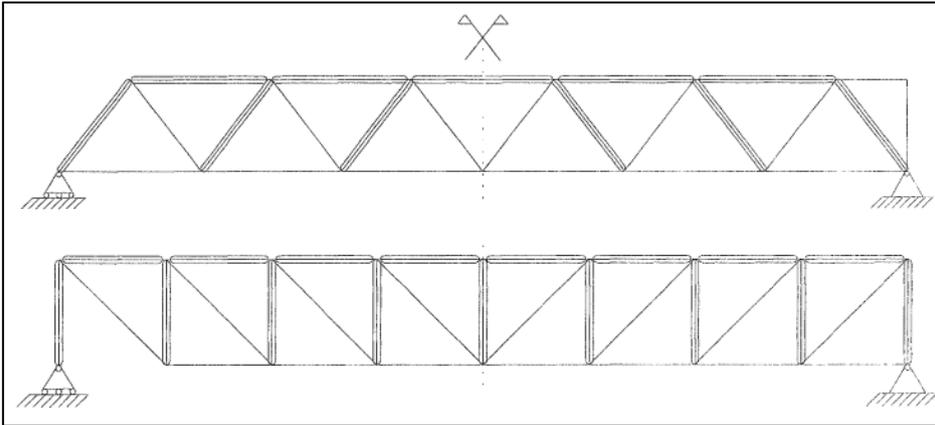
Diseño de viguetas

Alma triangulada

Ricardo Hernández (2016), señala que las vigas triangulares consisten en un sistema de barras que se comprimen y estiran alternativamente para resistir el cortante y proporcionar la pendiente necesaria para que se pueda variar el esfuerzo transversal H de las cuerdas. Hay dos tipos básicos de triángulos: triángulos simétricos y triángulos de líneas verticales y diagonales que se muestran en la figura N° 29.

Figura N° 29

Triangulación simétrica y montantes verticales



Fuente: Ricardo Hernández, 2016.

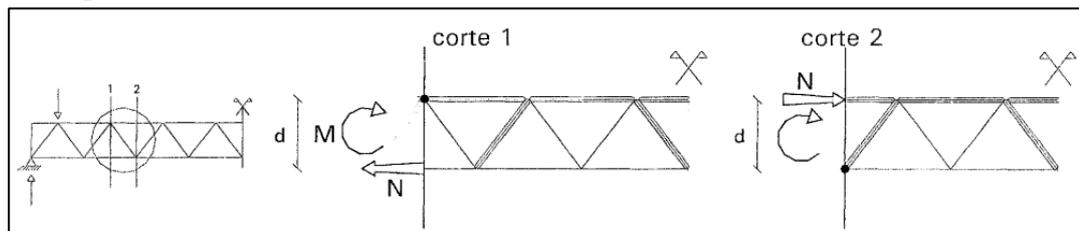
Cálculo de requerimientos

Los esfuerzos se calculan determinando las fuerzas en la cuerda usando el diagrama de momento y en la barra usando el diagrama de fuerza cortante. En la práctica, a excepción de las vigas grandes, generalmente es necesario diseñar cordones solo en momento máximo y diagonales en cortante máximo.

- a) Tensiones en las cuerdas.- Para encontrar las tensiones en cada parte de la cuerda, simplemente haga cortes en el nodo opuesto para eliminar las incógnitas de las medidas restantes.

Figura N° 30

Corte para cálculo de cordones

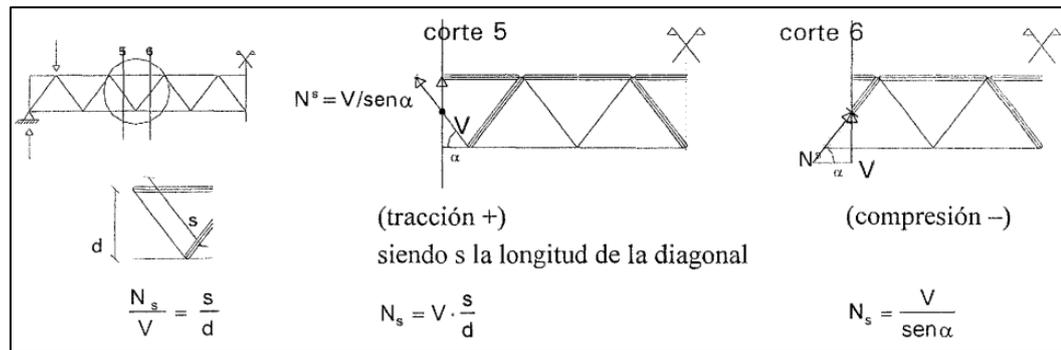


Fuente: Ricardo Hernández, 2016.

- b) Requerimientos en las diagonales.- El esfuerzo en cordones no tiene componente vertical, el esfuerzo cortante sólo puede ser balanceado por componentes verticales de diagonales.

Figura N° 31

Corte para cálculo de diagonales



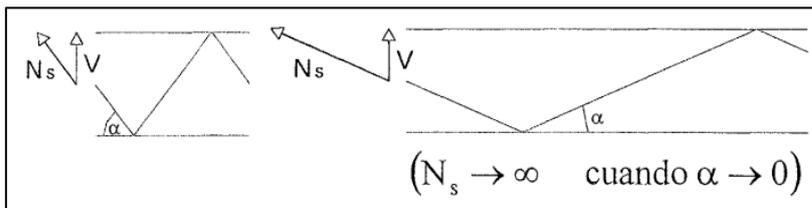
Fuente: Ricardo Hernández, 2016.

Trazado de triangulaciones

El cortante (V) es resistido por la triangulación cuanto más horizontal sea la barra inclinada, mayor será su sollicitación.

Figura N° 32

Variación de cortante V respecto a inclinación de la barra

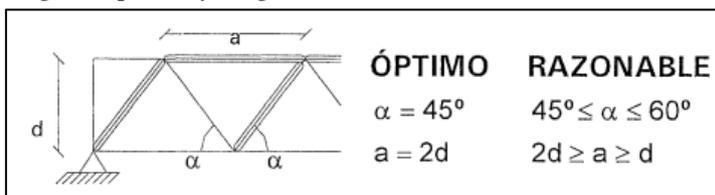


Fuente: Ricardo Hernández, 2016.

La longitud total de la viga triangular depende de α . Cuanto mayor sea el alfa, más cerca estarán los nodos entre sí y mayor será la longitud total de las barras inclinadas. En ambos extremos existen trayectorias teóricamente óptimas e intervalos razonables en los que el material utilizado en la triangulación difiere muy poco del mínimo teórico.

Figura N° 33

Ángulo óptimo y ángulo razonable teóricos



Fuente: Ricardo Hernández, 2016.

Determinación de cargas

La carga lineal que actúa sobre las correas se determina multiplicando la carga total vertical actuante sobre la cubierta por la separación que existe entre correas, es decir:

$$W = (W_{DL} + W_{LL}) \alpha$$

Donde:

- W: Carga total lineal sobre las correas
- α : Separación entre viguetas o correas

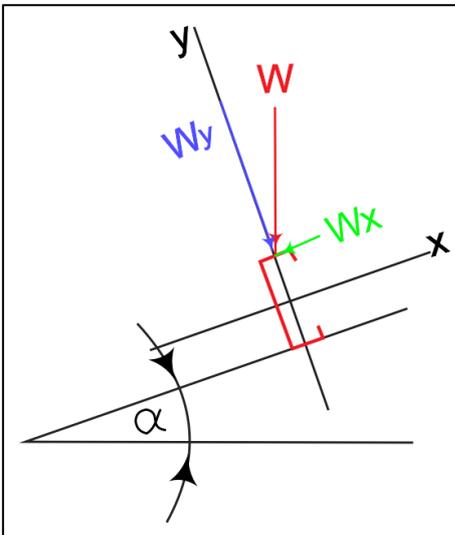
Las correas se calculan como vigas y para su cálculo se descompone la fuerza vertical debida a la carga:

$$W_x = W \sin \alpha$$

$$W_y = W \cos \alpha$$

Figura N° 34

Configuración de ejes para correas



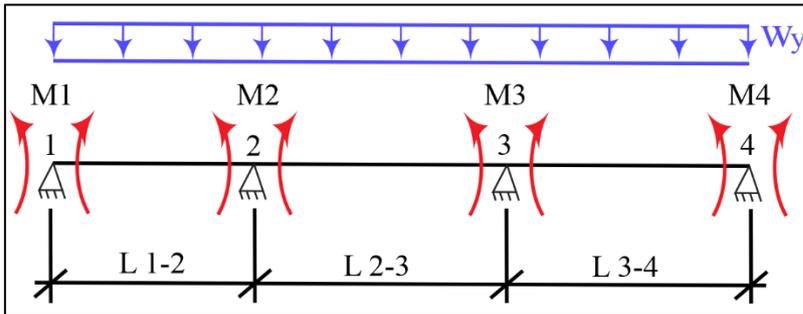
Fuente: Ricardo Hernández, 2016.

Cálculo de la correa como una viga continua

Russel Hibbeler (2021), denomina viga continua, a una viga soportada por más de dos apoyos sin juntas intermedias. Los paquetes persistentes tienen enlaces redundantes que corresponden a incógnitas estáticas. Las vigas continuas son menos costosas que una serie de secciones independientes porque, a iguales luces y cargas, experimentan menores momentos de flexión. También presentan mayor rigidez a la acción de cargas dinámicas.

Figura N° 35

Viga continua de 4 apoyos y 3 segmentos



Fuente: Ricardo Hernández, 2016.

Cálculo de momentos

Una viga continua se considera un sistema estructural indeterminado que consta de soportes internos que transmiten impulso continuamente, a diferencia de los soportes externos. El método de Clapeyron usa esta información y da una ecuación llamada tres momentos:

$$L_i M_i + 2(L_l + L_d)M + L_d M_d = -6E(\alpha_i + \alpha_d)$$

$$\alpha = \frac{WL^3}{24EI}$$

Donde:

- L_i : Longitud del tramo izquierdo
- L_d : Longitud del tramo derecho
- M_i : Momento del tramo izquierdo
- M_d : Momento del tramo derecho
- α : Giro de la formación de la barra

Cálculo de reacciones

Para calcular las reacciones con este método se debe sumar las reacciones provocadas por las fuerzas externas (reacciones isostáticas) más los momentos hiperestáticos (reacciones hiperestáticas). Así:

$$R_1 = R_2 = WL/2 = W$$

$$\sum M_2 = 0$$

$$R_{1h} \cdot L = M_2$$

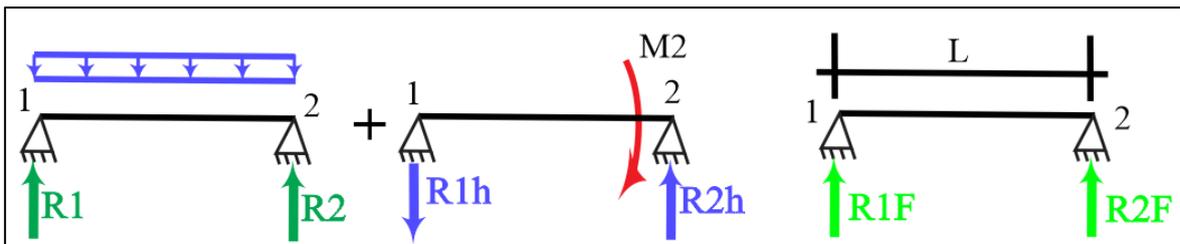
$$R_{1h} = -\frac{M_2}{L} = +R_{2h}$$

$$R_{1f} = R_1 - R_{1h}$$

$$R_{2f} = R_2 - R_{2h}$$

Figura N° 36

Reacciones en vigas: Isostáticas, Hiperestáticas y Suma de reacciones



Fuente: Ricardo Hernández, 2016.

Selección del perfil para correas

Las correas son elementos estructurales que trabajan a flexión. Para seleccionar un perfil es necesario partir del momento máximo que estará actuando sobre la correa, el cual no deberá ser mayor que el momento flector admisible M_a :

$$M_a = \phi_b M_n$$

$$\phi_b = 0.95 \text{ (LRFD)}$$

Donde:

ϕ_b : Factor de reducción a flexión

M_n : Resistencia nominal a flexión, es el menor valor entre los calculados para la resistencia nominal de la sección y para la resistencia al pandeo lateral de la misma.

Resistencia nominal

El momento de fluencia efectivo en base a la resistencia nominal de la sección, ϕ_b se debe determinar de la siguiente manera, imagen N° 37:

$$M_n = S_e F_y$$

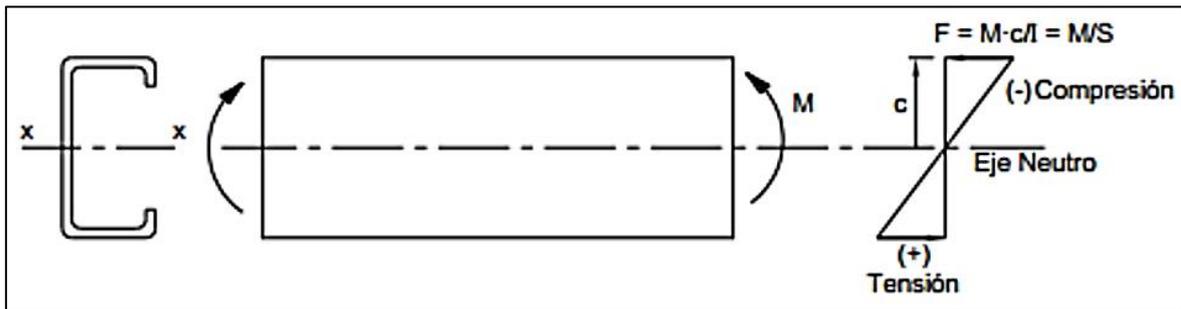
Donde:

F_y : Tensión de fluencia de cálculo

S_e : Modulo elástico de la sección efectiva

Figura N° 37

Elementos sometidos a un momento flector M



Fuente: Russel Hibbeler, 2021.

Diseño de columnas

Las columnas de acero se diseñaran como elementos a compresión y a flexión.

Elementos a compresión

Se usa las ecuaciones de diseño de elementos a compresión para pandeo por flexión expuesto en la presente investigación, en la sección II.2.2.9.

Elementos a flexión

La resistencia a la flexión del miembro con respecto a su eje mayor se puede determinar:

$$M_n = M_p = F_y Z_x$$

$$M_a \leq \phi_b M_n$$

$$\phi_b = 0.90(LRFD)$$

Donde:

Z_x : Módulo de sección plástica en torno al eje x, cm^3

F_y : Tensión de fluencia mínima kg/cm^2

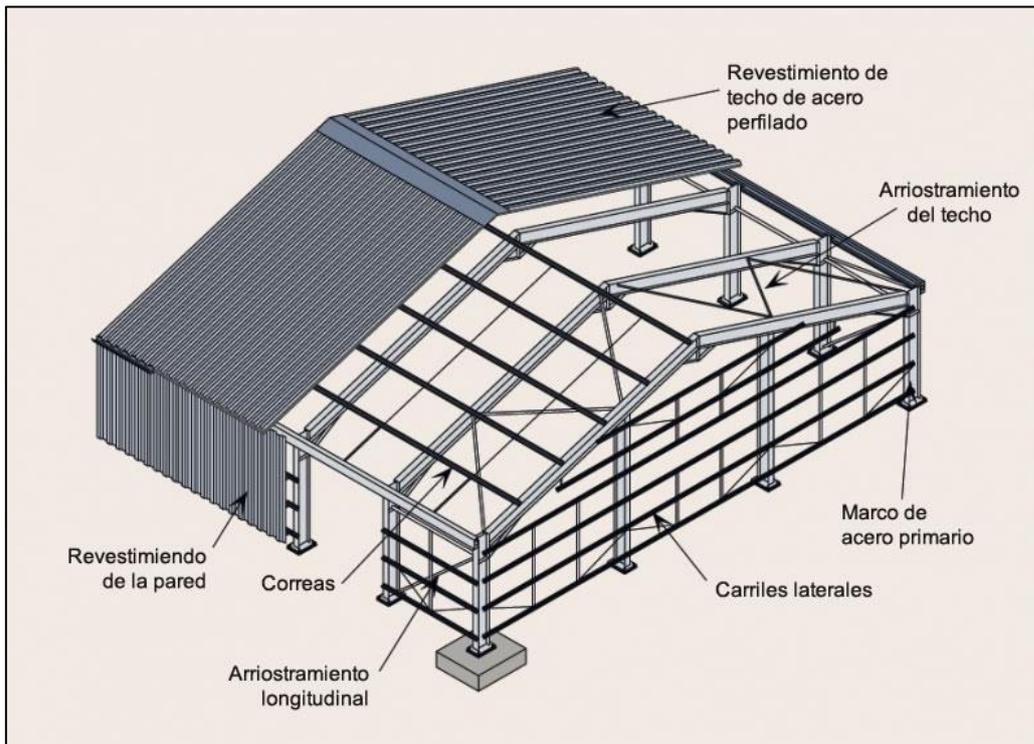
ϕ_b : Factor de reducción a flexión

Diseño del arriostramiento

También conocidos como contravientos, los arriostramientos son elementos cuyo objetivo es tener una estructura estable frente a cualquier sollicitación longitudinal en la cubierta. Se dice que estos elementos operan bajo tensión, la cual se produce por la acción directa de las cargas de viento sobre la estructura.

Figura N° 38

Arriostramiento en el plano del techo



Fuente: Russel Hibbeler, 2021.

Según Shahin (2021), el arriostramiento se diseña de muchas maneras diferentes. Los vanos de arriostramiento están formados por un par de marcos transversales conectados por tirantes en X en el plano del techo. Se supone que cada vano de arriostramiento puede soportar las cargas laterales de pórticos adyacentes. En general, uno de los tres o cuatro marcos debe convertirse en un tramo de riostra.

Área expuesta

Para el cálculo de los arriostramientos es necesario conocer el área total expuesta:

$$A_1 = L \times h$$

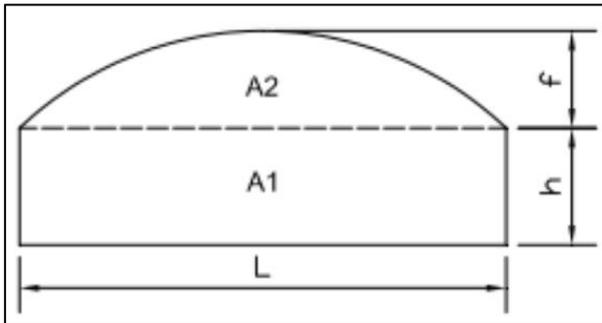
$$A_2 = \frac{2}{3}(f)(l)$$

$$A_T = A_1 + A_2$$

Donde A_1 es el área correspondiente al rectángulo formado en las columnas y A_2 es el área bajo el arco del portón como veremos en la figura N° 39:

Figura N° 39

Áreas expuestas a la acción longitudinal



Fuente: Ricardo Hernández, 2016.

Para calcular el área de diseño se toma $\frac{3}{4}$ del A_T debido a que las correas, tensores, techo y demás elementos de cubierta contribuyen a soportar $\frac{1}{4}$ de las longitudinales, así:

$$A_D = 0.75A_T$$

Arreglo del arrojamiento

La carga por unidad de longitud sobre el arrojamiento se calcula con:

$$W = \frac{W_{WL} + A_D}{L_a}$$

El cortante (V) en el arrojamiento extremo se expresa:

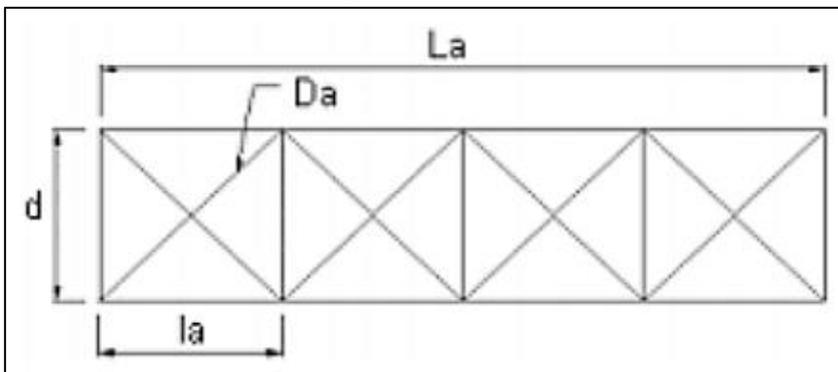
$$V = w(la)(2)$$

Tensión en la diagonal:

$$T = \frac{V}{2} \left(\frac{D_a}{d} \right)$$

Figura N° 40

Nomenclatura para el arreglo del arrojamiento



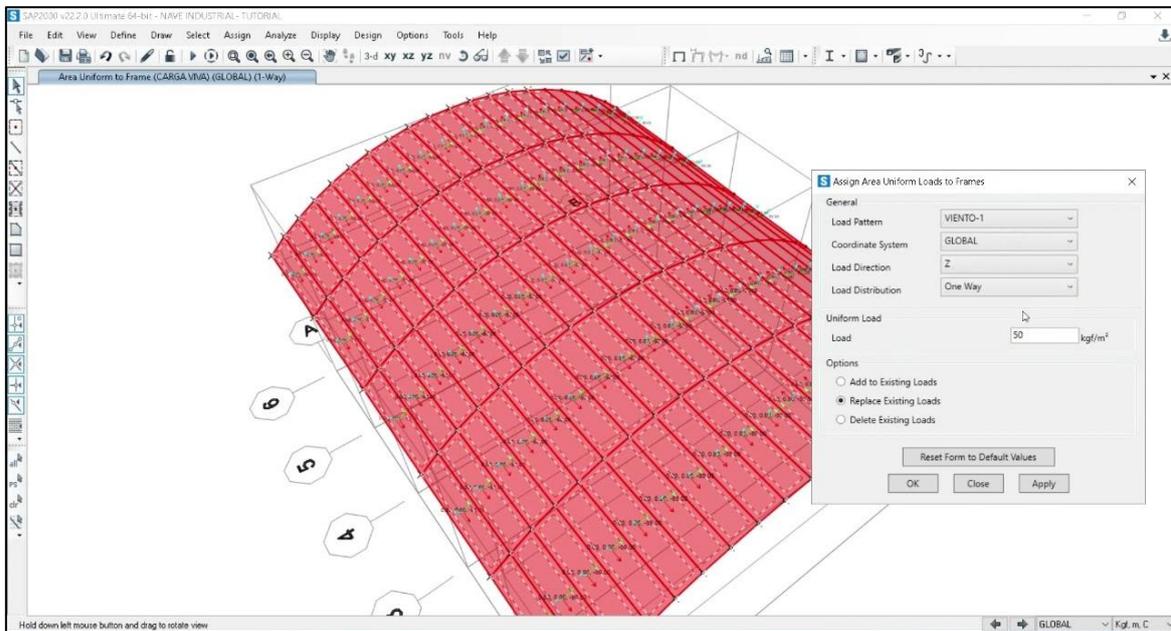
Fuente: Ricardo Hernández, 2016.

SAP 2000

El software utilizado para el modelado y análisis sísmico, es el SAP 2000, se usará la versión número 20. Según la página oficial de CSI España (2018) define el programa de manera general: “El Software SAP 2000 es un programa de elementos finitos, con una interfaz gráfica 3D orientada a objetos, preparado para realizar, de manera totalmente integrada, el modelado, análisis y dimensionamiento del más amplio conjunto de problemas de ingeniería estructural.. Además, este programa contiene herramientas que facilitan las labores para distintos tipos de proyectos, contiene distintas normas de diferentes países, también tiene distintas maneras de colocar fuerzas puntuales o distribuidas, facilidad al colocar cargas muertas, cargas vivas, cargas de viento, cargas de nieve y cargas de sismo en X e Y.”

Figura N° 41

Modelado 3D de la cubierta metálica en software SAP 2000



Fuente: Modelado 3D de la cubierta metálica en software SAP 2000.

Definición de términos básicos

- Acero estructural

Según la norma E.090 (2016), de Estructuras Metálicas, del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), define el término acero estructural a aquellos elementos de acero de sistemas estructurales de pórticos y reticulados que son parte esencial para soportar las cargas de diseño.

- Estructura metálica

Según Agüero (2015), la estructura de acero incluye todos los elementos que ayudan a estabilizar y transmitir cargas a la cimentación, generalmente de hormigón armado. Vigas, pilares y dinteles son algunos de los elementos utilizados en este tipo de estructuras.

- Esfuerzo

Según la norma E.090 (2016), fuerza es la fuerza interna a la que se someten los elementos de la estructura a la fuerza externa. Los elementos de una estructura deben resistir estas fuerzas sin romperse ni deformarse.

- Factor de resistencia

Agüero (2015), a resistencia de un elemento se define como su capacidad para soportar esfuerzos y fuerzas aplicadas sin romperse, deformarse permanentemente o degradarse de ninguna manera.

- Estado límite de resistencia

Nakib (1991), considera los estados límite de resistencia para garantizar que la resistencia y la estabilidad, tanto local como global, se proporcionen para soportar combinaciones de carga específicas estadísticamente significativas que se espera que experimenten las estructuras de acero durante la vida útil del diseño.

- Análisis sísmico

Según la norma E.030 Diseño Sismorresistente (2016), el análisis sísmico es un subconjunto del análisis estructural y es un cálculo de la respuesta de un edificio/puente o estructura a los terremotos. Esto es parte del proceso de diseño estructural, ingeniería sísmica o evaluación estructural y reacondicionamiento en áreas propensas a terremotos.

- Carga

La norma E.020 Cargas (2016), define las cargas como fuerzas u otros efectos debido al peso de los materiales de construcción, ocupantes y sus pertenencias, impactos ambientales, movimientos diferenciales y cambios de tamaño limitados.

- Carga Muerta

La norma E.020 Cargas (2016), define a la carga muerta como el peso de los materiales, equipos de servicio, equipos, mamparas y demás elementos que soporta la edificación, incluido el peso de la edificación misma que se sugiere sea fijo o tenga un pequeño amplitud variable con el tiempo.

- Carga Viva

La norma E.020 Cargas (2016), define a carga viva como el peso de todos los ocupantes, materiales, equipos, muebles y otras partes móviles soportadas por el edificio.

- Soldadura

Según McCormac (2018), la soldadura es un proceso mediante el cual se unen piezas de metal calentándolas hasta que alcanzan un estado líquido o casi líquido, con o sin el efecto de la presión.

- Tornillo de montaje o perno

Según McCormac (2018), los pernos son elementos metálicos que tienden a encajar firmemente en dos partes metálicas, las cuales tienden a presentar daños por cortante y tracción.

- SAP 2000

Según la Software-shop (2019), SAP2000 es un software especializado que permite a los usuarios realizar el modelado, análisis y dimensionamiento de problemas de ingeniería estructural de manera integrada, es un programa orientado a objeto, con una GUI soportada por visualización 3D .

A continuación se describe la hipótesis general:

Las características que tendrá el análisis sísmico son las enmarcadas en la normativa E.020 Cargas, E.030 Diseño Sismorresistente, E.060 Concreto Armado, E.090 Estructuras Metálicas y las del software SAP 2000 para el modelamiento y análisis sísmico de la cobertura metálica diseñada para la Institución Educativa Mariscal Luzuriaga, distrito Casma, provincia Casma, Ancash 2023.

Descripción de hipótesis específico 1:

El diseño del tijeral principal de la cobertura metálica para la I.E. Mariscal Luzuriaga será desarrollado con el uso de las normas E.020, E.030, E.090 y el uso del software SAP 2000.

Descripción de hipótesis específico 2:

El diseño de la brida inferior y superior de la cobertura metálica para la I.E. Mariscal Luzuriaga será desarrollado con el uso de las normas E.020, E.030, E.090 y el uso del software SAP 2000.

Descripción de hipótesis específico 3:

El diseño de la cimentación de la cobertura metálica para la I.E. Mariscal Luzuriaga será desarrollado con el uso de las normas E.020, E.060 y el uso del software SAP 2000.

Descripción de hipótesis específico 4:

El análisis sísmico de la cobertura metálica para la I.E. Mariscal Luzuriaga será desarrollado con el uso de las normas E.020, E.030, E.060, E.090 y el uso del software SAP 2000.

II. METODOLOGÍA

2.1. Enfoque, tipo y diseño de investigación

La presente investigación será de tipo básico y de nivel descriptivo, pues se analizará la estructura metálica para uso de la cubierta metálica por el método LRFD, con el uso de las normas E.020 Cargas, E.030 Diseño Sismorresistente, E.060 Concreto Armado y E.090 Estructuras Metálicas, asignando carga resultante última, combinación de la carga muerta, viva, viento, sismo, lluvia y nieve, a cada elemento estructural. Diseño de investigación no experimental transversal descriptivo: Pues el objetivo es establecer el procedimiento del cálculo estructural del sistema de la cubierta metálica, debido a las cargas solicitadas, empleando el software SAP 2000.

2.2. Población y muestra

Población

Estará conformado por la Institución Educativa Mariscal Luzuriaga en el distrito de Casma, provincia Casma, departamento Ancash.

Muestra

Conformado por una estructura metálica usado como cubierta en la I.E. Mariscal Luzuriaga en Casma que cubrirá una superficie de 1343.83 m², será diseñado y analizado sísmicamente de acuerdo a las normas ya mencionadas.

2.3. Técnicas e instrumentos de recojo de datos

En esta investigación se utilizó la técnica de observación directa mediante visita de inspección a la I.E. Mariscal Luzuriaga, para la toma de datos, a fin de identificar el área a techar con la cubierta metálica. Como instrumento de recolección de datos se usará el cuestionario, fichas de recolección de datos formulado por el investigador de acuerdo al diseño sismo resistente recomendados por la norma E.020, norma E.030 y E.090.

2.4. Técnicas de procesamiento y análisis de la información

Para empezar se realizará un predimensionamiento de los elementos estructurales, teniendo en cuenta la longitud, altura y gran luz que presentará la estructura metálica, bajo lo cual se utilizará el programa SAP2000 para visualizar el movimiento de cada

elemento anterior, estructura de tamaños, factores y puntos donde se presentarán los mayores esfuerzos. Los datos obtenidos se verán reflejados en las tablas de la hoja de Excel, que contienen las fórmulas sugeridas por el método LRFD y especificadas por la E.090 para estructuras metálicas, para seleccionar una configuración adecuada y evitar el sobredimensionamiento, por el contrario, ahorrar económicamente sin pérdida de calidad y aprovechando las propiedades físicas que ofrece el acero estructural. Para el análisis estructural se tendrá en cuenta la norma de carga E.020, todas las cargas de impacto, gravedad y aleatorias, incluidas las cargas sísmicas, que son determinantes en la localidad de Casma donde se registran con frecuencia los eventos sísmicos, el análisis se sustentará por la norma de diseño sismorresistente E.030, para las cimentaciones se tendrá en cuenta la norma E.060 concreto armado y los esfuerzos que ejercen las estructuras metálicas sobre estos elementos del programa Sap2000, además de un factor muy importante para con cimentación, es el tipo y estado del suelo. . Finalmente, para elaborar los planos del proyecto se utilizará el programa AUTOCAD 2021.

2.5. Aspectos éticos en investigación

Como profesionales, es nuestro trabajo promover y mantener la integridad, el honor y la dignidad en nuestra profesión, con sujeción a los siguientes principios éticos:

- Protección de las personas

En la investigación las personas son el fin, no el medio, para ellas es necesario la protección y confidencialidad de los estudiantes, docentes y padres de familia de la I.E. Mariscal Luzuriaga sobre los posibles riesgos a los que se pueden enfrentar. Se debe respetar la dignidad, la identidad, la diversidad, el secreto y los prejuicios.

- Cuidado del medio ambiente y la biodiversidad

La investigación debe tomar medidas para evitar posibles daños al medio ambiente si se lleva a cabo dicha investigación. Respetar las aulas, laboratorios, sanitarios, canchas deportivas y patios, más allá del aprendizaje.

- Derecho a estar informado y participación voluntaria

Una vez que se completa la investigación, los estudiantes, maestros y padres de I.E. Mariscal Luzuriaga tiene derecho a conocer el objeto y objetivos de dicha investigación, así como el derecho a participar de manera independiente.

- Beneficencia no maleficencia

En el estudio antes mencionado, la salud de los estudiantes, docentes y padres de familia de la I.E. Mariscal Luzuriaga, quien participará, significa que la conducta del investigador debe cumplir con las siguientes reglas: no causar daño, reducir los efectos no deseados y maximizar los beneficios generados.

- Justicia

Debemos hacer un juicio razonable y deliberado, y tomar las precauciones necesarias durante la investigación, para asegurarnos de que sus prejuicios no den lugar a un comportamiento desleal ni lo aprueben. El investigador debe tratar de manera justa a todas las personas involucradas en los procesos, procedimientos y servicios relacionados con la investigación.

- Ciencia integral

También definida como integridad, debe regir no sólo la actividad científica del investigador sino también extenderse a su actividad docente y práctica profesional. Se vuelve esencial para los estándares éticos de cada profesión.

III. RESULTADOS

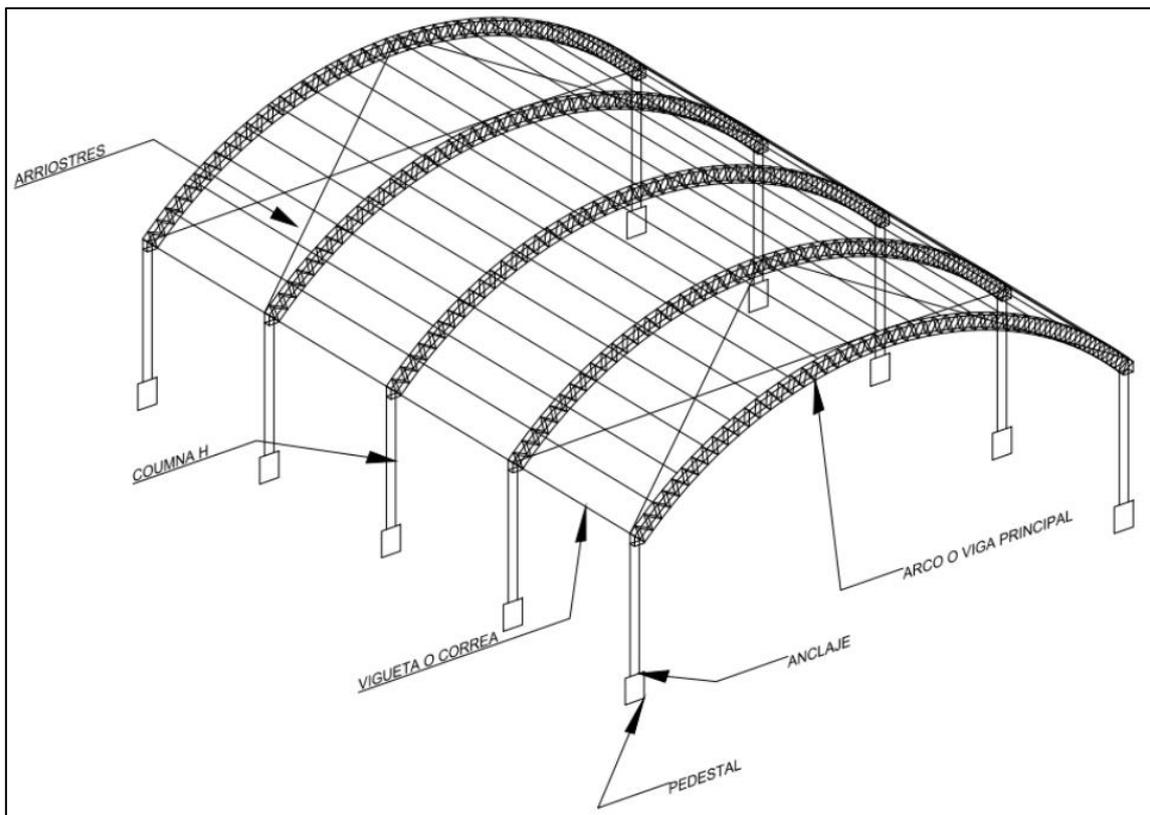
Diseño de cobertura metálica

Para realizar un diseño se debe tomar en cuenta ciertas consideraciones para simplificar su análisis del mismo, entre las cuales se tiene:

- La estructura se supone montada sobre apoyos empotrados.
- Los esfuerzos transmitidos de un miembro a otro de la armadura son axiales o longitudinales a ellos únicamente.
- No existen cargas intermedias en los elementos que conforman la armadura.

Figura N° 42

Componentes de la estructura metálica a diseñar



Fuente: Lozano, 2019.

Proceso de cálculo

- A partir del modelo CAD elaborado se analiza y calcula las cargas aplicadas por la cobertura metálica sobre la estructura soportante debido a la acción de cargas externas.
- El diseño de elementos en acero se realizaron según norma AISC 360 del 2010.
- El diseño en acero, cálculos por cada elemento estructural y el cálculo de desplazamientos se determinaron mediante el software SAP 2000.

Características de los materiales

Acero = A-36

Fluencia ($F'y$) = 2530.00 kg/cm²

Esfuerzo último (f_u) = 4070 kg/cm²

Fluencia esperada ($f'ye$) = 2530 kg/cm² * 1.50 = 3795 kg/cm²

Esfuerzo último esperado (f_{ue}) = 4896 kg/cm²

Figura N° 43

Propiedades del acero estructural A-36

The image shows a software dialog box titled "Material Property Data" for A36 steel. It is organized into several sections:

- General Data:** Material Name and Display Color (A36), Material Type (Steel), Material Grade (Grade 36), and Material Notes (Modify/Show Notes...).
- Weight and Mass:** Weight per Unit Volume (7,850E-03) and Mass per Unit Volume (8,005E-06).
- Units:** Set to Kgf, cm, C.
- Isotropic Property Data:** Modulus Of Elasticity, E (2000000), Poisson, U (0,3), Coefficient Of Thermal Expansion, A (1,170E-05), and Shear Modulus, G (769230,8).
- Other Properties For Steel Materials:** Minimum Yield Stress, Fy (2530), Minimum Tensile Stress, Fu (4070), Expected Yield Stress, Fye (3796,576), and Expected Tensile Stress, Fue (4485,5842).

Método de diseño

El método que utilizaremos será el método de Diseño de Carga y Factor de Resistencia o método LRFD, el cual establece que la resistencia requerida en base a las combinaciones de carga calculadas no debe exceder la resistencia de diseño de cada elemento estructural.

Análisis de carga: cubierta de techo

Cobertura: TR – 4 E, e = 0.50 mm

$$D_{cob} = 4.30 \text{ kg/m}^2$$

Peso de las luminarias:

$$P_{lum} = 3.00 \text{ kg/m}^2$$

Peso del sistema contraincendios:

$$P_{ci} = 7.00 \text{ kg/m}^2$$

Sobrecarga permanente:

$$SCP = 16.30 \text{ kg/m}^2$$

Carga viva Norma E.020 “Cargas”

$$C. V. = 50.00 \text{ kg/m}^2$$

Velocidad de diseño (Vh):

$$V_h = V * \left[\frac{h}{10} \right]^{0.22}$$

$$100 \frac{km}{h} * \left[\frac{13.50}{10} \right]^{0.22}$$

$$V_h = 106.83 \frac{km}{h}$$

$$V_h = \frac{106.83km}{h} > 75.00 \frac{km}{h} \text{ OK!}$$

Carga exterior de viento (Ph):

$$P_h = 0.005 * C * V_h^2$$

Tabla N° 12

Cargas exteriores de viento

Caso I:	Barlovento	Sotavento
0.005*0.70*106.83 ²	39.94 kg/m ²	-34.24 kg/m ²
0.005*-0.60*106.83 ²		
Caso I:	Barlovento	Sotavento
0.005*-0.30*106.83 ²	-17.11 kg/m ²	-34.24 kg/m ²
0.005*-0.60*106.83 ²		

Análisis sísmico estático

Factor zona (Z) :

La Institución Educativa Mariscal Luzuriaga está ubicada en la ciudad de Casma, provincia de Casma, región de Ancash, Perú. Por lo tanto, estará en la zona 4, según la norma de Diseño Sísmico E.030.

Figura N° 44

Zonificación sísmica de la provincia Casma – departamento Ancash

ÁNCASH	CASMA	BUENA VISTA ALTA	4	TODOS LOS DISTRITOS
		CASMA		
		COMANDANTE NOEL		
		YAUTÁN		

Fuente: Norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016.

$$Z = 0.45$$

Factor uso (U) :

La cobertura metálica se considera como edificación importante, ya que 2000 estudiantes, 110 maestros, 15 miembros del personal educativo y el director se reunirán bajo la cubierta. Así, la norma E.030 del RNE, la clasificación y uso previsto será:

Figura N° 45

Categoría de las edificaciones y factor "U"

CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3

Fuente: Norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016.

$$\text{Factor Uso (U)} = 1.30$$

Perfiles de suelo S

En la ciudad de Casma el tipo de suelo corresponde el suelo moderadamente duro, con velocidad de propagación de onda de corte V_s , en el rango de 180 m/s a 500 m/s. Esto es arena densa, gruesa a media o grava arenosa medianamente densa, con valores de SPT N_{60} entre 15 y 50.

Figura N° 46

Clasificación de cada perfil de suelo

CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO			
Perfil	\bar{V}_s	\bar{N}_{60}	\bar{S}_u
S_0	> 1500 m/s	-	-
S_1	500 m/s a 1500 m/s	> 50	>100 kPa
S_2	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S_3	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S_4	Clasificación basada en el EMS		

Fuente: Norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016.

Perfil de suelo: S_2

Parámetro de Sitio (S, T_p y T_l)

Se considerará la configuración tipo S_2 , para el periodo de fundación (T_p) e intervalo para determinar el inicio de zona factor C con uniforme desplazamiento (T_l) en las tablas N° 08 y 09 del presente estudio.

Figura N° 47

Factor suelo "S"

FACTOR DE SUELO "S"				
SUELO \ ZONA	S_0	S_1	S_2	S_3
Z_4	0,80	1,00	1,05	1,10
Z_3	0,80	1,00	1,15	1,20
Z_2	0,80	1,00	1,20	1,40
Z_1	0,80	1,00	1,60	2,00

Fuente: Norma E.30 del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016.

Factor Suelo (S) = 1.05

Figura N° 48Periodos “ T_p ” y “ T_L ”

PERÍODOS “ T_p ” Y “ T_L ”				
	Perfil de suelo			
	S_0	S_1	S_2	S_3
T_p (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T_L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Fuente: Norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016.

$$\text{Periodo } T_p = 0.60 \quad \text{Periodo } T_L = 2.00$$

Factor de amplificación sísmica (C)

De acuerdo a las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica (C) con las siguientes expresiones:

$$\text{Caso 1:} \quad T < T_p : C = 2.50$$

$$\text{Caso 2:} \quad T_p < T < T_L : C = 2.50 \left(\frac{T_p}{T} \right)$$

$$\text{Caso 3:} \quad T > T_L : C = 2.50 \left(\frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$$

$$\text{Donde:} \quad T = \frac{h_n}{C_T}$$

$C_t = 45$ Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean:

a) Pórticos de acero arriostrados.

$h_n = 11.05$ m, Altura de la base del pórtico al tope de la brida superior.

$$T = \left(\frac{13.50}{45} \right) = 0.30$$

Se considerará: Caso 1: $0.30 < 0.60 : C = 2.50$

Factor de reducción (R_o)

El sistema es una cubierta metálica con arriostramiento, por lo que será clasificado según el material usado y el sistema de estructuración, considerado pórtico ordinario resistente a momentos.

Figura N° 49*Sistemas estructurales con uso del acero*

SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coficiente Básico de Reducción R_o (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8

Fuente: Norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016.

$$R_o = 6.00$$

Factor estático “X” e “Y”

Representa el factor de proporcionalidad que existe entre la fuerza aplicada y aceleración resultante. Los factores serán determinados con los parámetros obtenidos previamente.

$$\frac{ZUCS}{R} = \frac{0.45 * 1.30 * 2.50 * 1.05}{6.00} = 0.256$$

$$\text{Factor Estático X} = 0.256$$

$$\text{Factor Estático Y} = 0.256$$

Combinación de cargas: Norma E.090 Estructuras metálicas

Se considerarán las siguientes cargas nominales:

- PP: Peso Propio
- SCP: Sobrecarga Permanente
- L: Carga Viva (Live)
- W_1 : Carga de viento 1 (Wind)
- W_2 : Carga de viento 2 (Wind)
- S_x : Sismo en el eje x
- S_y : Sismo en el eje y

Para el diseño según método LRFD (diseño por factores de carga y resistencia), combinaciones serán aplicadas en el software SAP 2000.

Figura N° 50

Software SAP 2000: Combinaciones de carga I

Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated) COMB1

Notes Modify/Show Notes...

Load Combination Type Linear Add

Options

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

Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Mode	Scale Factor
PP	Linear Static		1,4
PP	Linear Static		1,4
SCP	Linear Static		1,4

Add
Modify
Delete

OK Cancel

Figura N° 51

Software SAP 2000: Combinaciones de carga II

Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated) COMB2

Notes Modify/Show Notes...

Load Combination Type Linear Add

Options

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

Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Mode	Scale Factor
PP	Linear Static		1,2
PP	Linear Static		1,2
SCP	Linear Static		1,2
CV	Linear Static		1,6

Add
Modify
Delete

OK Cancel

Figura N° 52

Software SAP 2000: Combinaciones de carga III

The screenshot shows the 'Load Combination Data' dialog box for 'COMB3'. The 'Load Combination Name' is 'COMB3' (User-Generated). The 'Load Combination Type' is 'Linear Add'. The 'Options' section includes 'Convert to User Load Combo' and 'Create Nonlinear Load Case from Load Combo'. The 'Define Combination of Load Case Results' table is as follows:

Load Case Name	Load Case Type	Mode	Scale Factor
PP	Linear Static		1,2
PP	Linear Static		1,2
SCP	Linear Static		1,2
CV	Linear Static		1,6
W - 1	Linear Static		0,8

Buttons: Add, Modify, Delete, OK, Cancel.

Figura N° 53

Software SAP 2000: Combinaciones de carga IV

The screenshot shows the 'Load Combination Data' dialog box for 'COMB4'. The 'Load Combination Name' is 'COMB4' (User-Generated). The 'Load Combination Type' is 'Linear Add'. The 'Options' section includes 'Convert to User Load Combo' and 'Create Nonlinear Load Case from Load Combo'. The 'Define Combination of Load Case Results' table is as follows:

Load Case Name	Load Case Type	Mode	Scale Factor
PP	Linear Static		1,2
PP	Linear Static		1,2
SCP	Linear Static		1,2
CV	Linear Static		1,6
W - 2	Linear Static		0,8

Buttons: Add, Modify, Delete, OK, Cancel.

Figura N° 54

Software SAP 2000: Combinaciones de carga V

The screenshot shows the 'Load Combination Data' dialog box for 'COMB5'. The 'Load Combination Name' is 'COMB5' (User-Generated). The 'Load Combination Type' is 'Linear Add'. The 'Options' section includes 'Convert to User Load Combo' and 'Create Nonlinear Load Case from Load Combo'. The 'Define Combination of Load Case Results' table is as follows:

Load Case Name	Load Case Type	Mode	Scale Factor
PP	Linear Static		1,2
PP	Linear Static		1,2
SCP	Linear Static		1,2
W - 1	Linear Static		1,3
CV	Linear Static		0,5

Buttons: Add, Modify, Delete, OK, Cancel.

Figura N° 55

Software SAP 2000: Combinaciones de carga VI

The screenshot shows the 'Load Combination Data' dialog box for 'COMB6'. The 'Load Combination Name' is 'COMB6' (User-Generated). The 'Load Combination Type' is 'Linear Add'. The 'Options' section includes 'Convert to User Load Combo' and 'Create Nonlinear Load Case from Load Combo'. The 'Define Combination of Load Case Results' table is as follows:

Load Case Name	Load Case Type	Mode	Scale Factor
PP	Linear Static		1,2
PP	Linear Static		1,2
SCP	Linear Static		1,2
W - 2	Linear Static		1,3
CV	Linear Static		0,5

Buttons: Add, Modify, Delete, OK, Cancel.

Figura N° 56

Software SAP 2000: Combinaciones de carga VII

The screenshot shows the 'Load Combination Data' dialog box for 'COMB7'. The 'Load Combination Name' is 'COMB7' (User-Generated). The 'Load Combination Type' is 'Linear Add'. The 'Options' section includes 'Convert to User Load Combo' and 'Create Nonlinear Load Case from Load Combo'. The 'Define Combination of Load Case Results' table lists the following load cases:

Load Case Name	Load Case Type	Mode	Scale Factor
PP	Linear Static		1,2
PP	Linear Static		1,2
SCP	Linear Static		1,2
SISMO X	Linear Static		1,
SISMO Y	Linear Static		0,3
CV	Linear Static		0,5

Buttons for 'Add', 'Modify', and 'Delete' are visible to the right of the table. 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom.

Figura N° 57

Software SAP 2000: Combinaciones de carga VIII

The screenshot shows the 'Load Combination Data' dialog box for 'COMB8'. The 'Load Combination Name' is 'COMB8' (User-Generated). The 'Load Combination Type' is 'Linear Add'. The 'Options' section includes 'Convert to User Load Combo' and 'Create Nonlinear Load Case from Load Combo'. The 'Define Combination of Load Case Results' table lists the following load cases:

Load Case Name	Load Case Type	Mode	Scale Factor
PP	Linear Static		1,2
PP	Linear Static		1,2
SCP	Linear Static		1,2
SISMO Y	Linear Static		1,
SISMO X	Linear Static		0,3
CV	Linear Static		0,5

Buttons for 'Add', 'Modify', and 'Delete' are visible to the right of the table. 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom.

Figura N° 58

Software SAP 2000: Combinaciones de carga IX

The screenshot shows the 'Load Combination Data' dialog box for 'COMB9'. The 'Load Combination Name' is 'COMB9' (User-Generated). The 'Load Combination Type' is 'Linear Add'. The 'Options' section includes 'Convert to User Load Combo' and 'Create Nonlinear Load Case from Load Combo'. The 'Define Combination of Load Case Results' table is as follows:

Load Case Name	Load Case Type	Mode	Scale Factor
PP	Linear Static		0,9
PP	Linear Static		0,9
SCP	Linear Static		0,9
W - 1	Linear Static		1,3

Buttons: Add, Modify, Delete, OK, Cancel.

Figura N° 59

Software SAP 2000: Combinaciones de carga X

The screenshot shows the 'Load Combination Data' dialog box for 'COMB10'. The 'Load Combination Name' is 'COMB10' (User-Generated). The 'Load Combination Type' is 'Linear Add'. The 'Options' section includes 'Convert to User Load Combo' and 'Create Nonlinear Load Case from Load Combo'. The 'Define Combination of Load Case Results' table is as follows:

Load Case Name	Load Case Type	Mode	Scale Factor
PP	Linear Static		0,9
PP	Linear Static		0,9
SCP	Linear Static		0,9
W - 2	Linear Static		1,3

Buttons: Add, Modify, Delete, OK, Cancel.

Figura N° 60

Software SAP 2000: Combinaciones de carga XI

The screenshot shows the 'Load Combination Data' dialog box for 'COMB11'. The 'Load Combination Name' is 'COMB11' (User-Generated). The 'Load Combination Type' is 'Linear Add'. The 'Options' section includes 'Convert to User Load Combo' and 'Create Nonlinear Load Case from Load Combo'. The 'Define Combination of Load Case Results' table is as follows:

Load Case Name	Load Case Type	Mode	Scale Factor
PP	Linear Static		0,9
PP	Linear Static		0,9
SCP	Linear Static		0,9
SISMO X	Linear Static		1,
SISMO Y	Linear Static		0,3

Buttons: Add, Modify, Delete, OK, Cancel.

Figura N° 61

Software SAP 2000: Combinaciones de carga XII

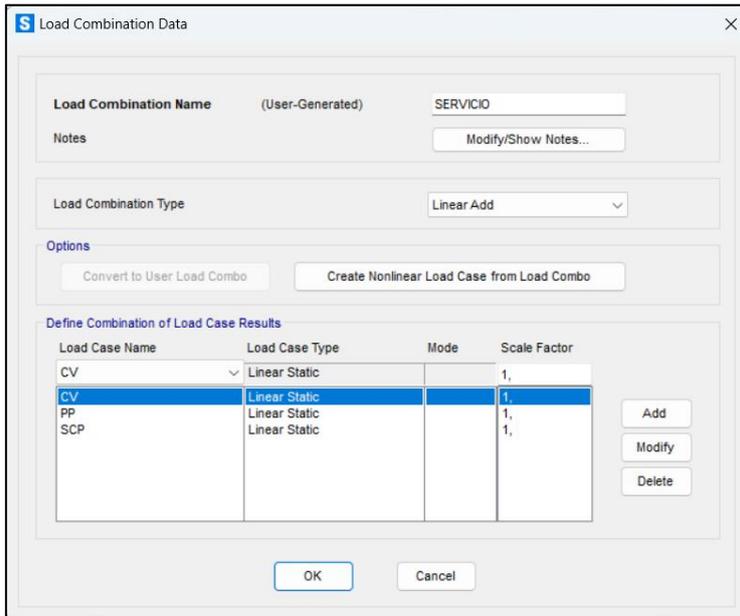
The screenshot shows the 'Load Combination Data' dialog box for 'COMB12'. The 'Load Combination Name' is 'COMB12' (User-Generated). The 'Load Combination Type' is 'Linear Add'. The 'Options' section includes 'Convert to User Load Combo' and 'Create Nonlinear Load Case from Load Combo'. The 'Define Combination of Load Case Results' table is as follows:

Load Case Name	Load Case Type	Mode	Scale Factor
PP	Linear Static		0,9
PP	Linear Static		0,9
SCP	Linear Static		0,9
SISMO Y	Linear Static		1,
SISMO X	Linear Static		0,3

Buttons: Add, Modify, Delete, OK, Cancel.

Figura N° 62

Software SAP 2000: Combinaciones de carga por servicio

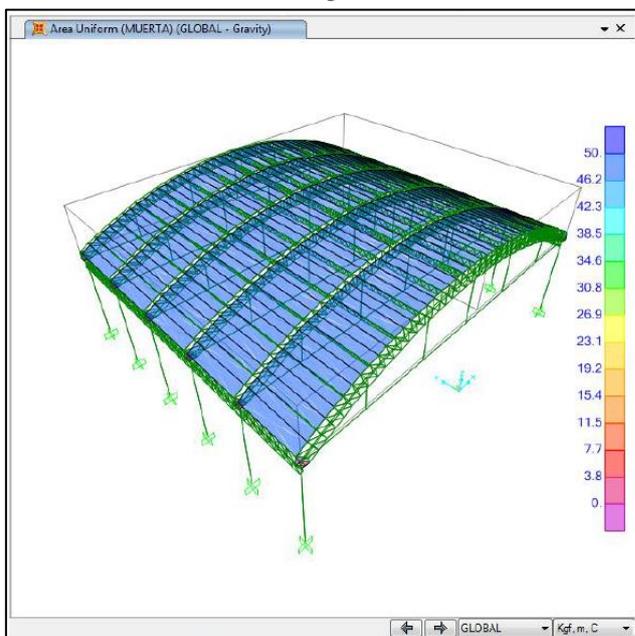


Uso del software SAP 2000 en el diseño del tijeral principal

Se diseñó el tijeral principal de acuerdo a la combinación de cargas en el método LRFD, se analizará en el SAP 2000 con un modelo tridimensional. La separación entre tijerales es 4.68 metros y 3.29 metros.

Figura N° 63

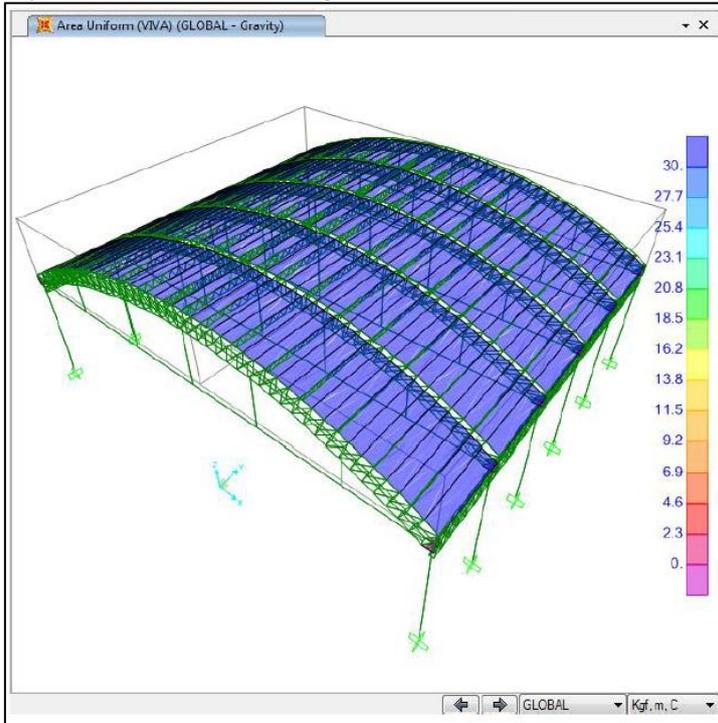
Software SAP 2000: Carga muerta sobre la cobertura metálica



Las viguetas están distanciadas B) cada 1.16 metros en cada tijeral, y la separación entre tijerales varían.

Figura N° 64

Software SAP 2000: *Carga viva sobre la cobertura metálica*



La presión ejercida por la carga de viento se aprecia en la tabla N° 13.

Figura N° 65

Software SAP 2000: *Cargas sotavento (succión) y barlovento (presión)*

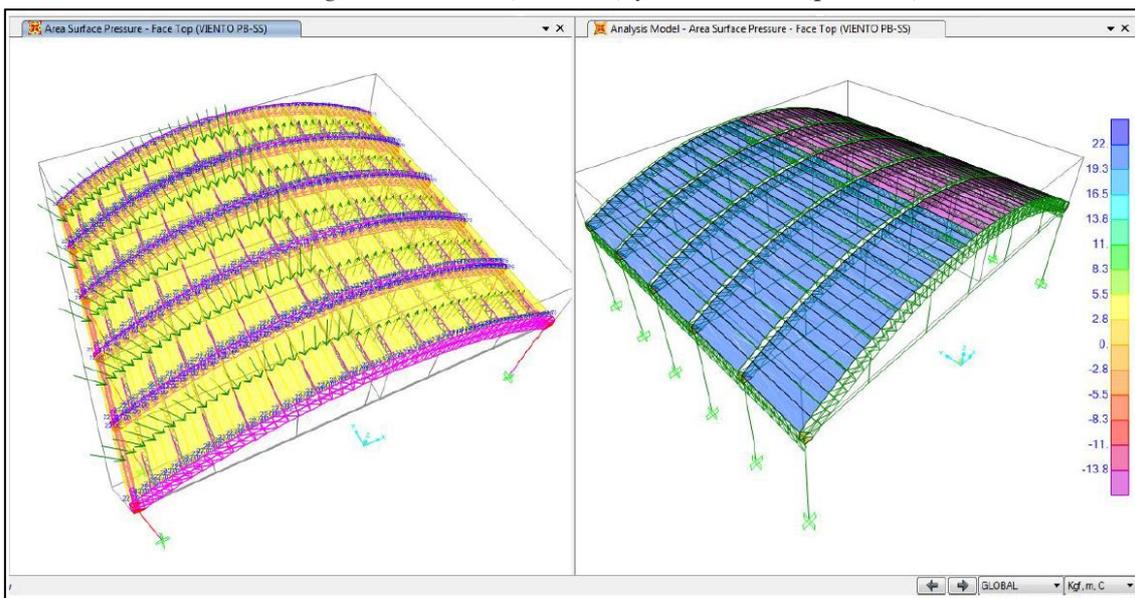
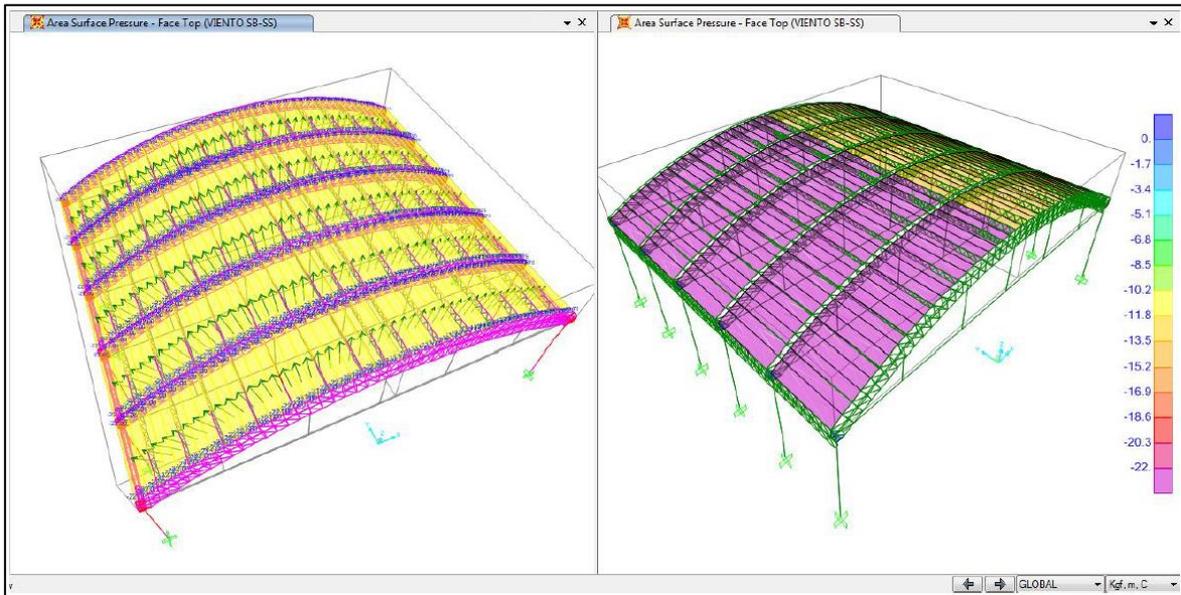


Figura N° 66

Software SAP 2000: *Carga sotavento (succión) ybarlovento (succión)*



Resultados del análisis

Deflexiones carga viva: de acuerdo a la tabla la flecha máxima para el caso de la carga viva es: L=26.00m

$$\delta = \frac{26 * 100}{180} = 14.44 \text{ cm}$$

Figura N° 67

Software SAP 2000: *Deflexión por carga muerta*

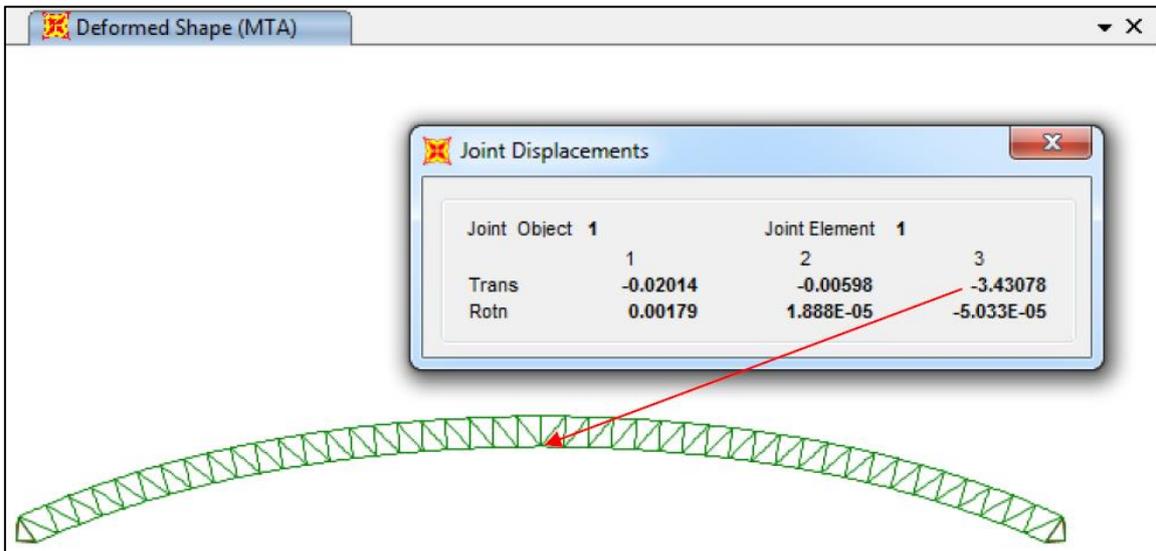
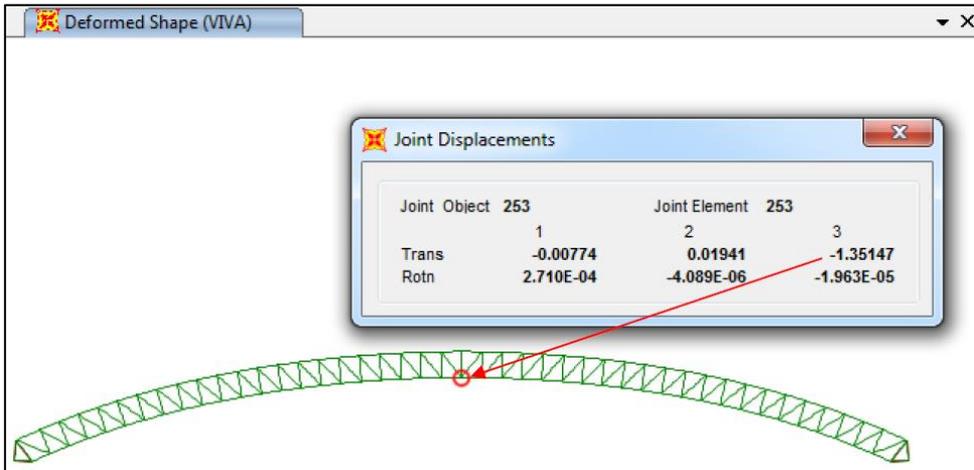


Figura N° 68

Software SAP 2000: Deflexión por carga viva

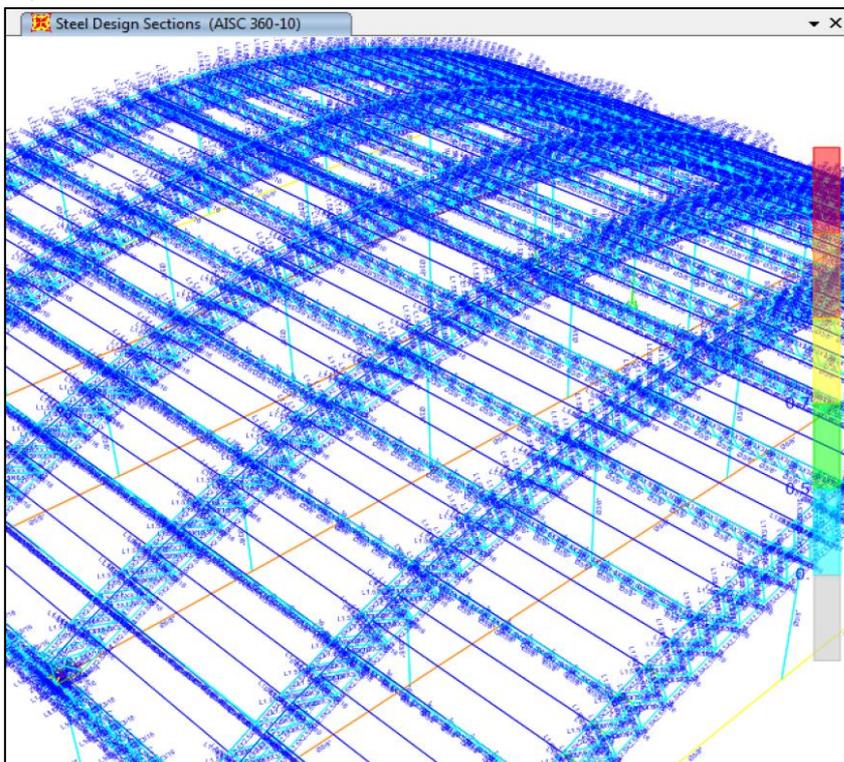


Diseño

En el modelo, las cargas de viento se tomarán actuando dentro de un contorno para determinar las condiciones de carga más desfavorables. Para las combinaciones según el LRFD, se evalúa el marco central del modelo tridimensional. El siguiente gráfico muestra la relación de esfuerzo actuante/admisible de los miembros mostrados, se observa que en todos los miembros la relación es menor a 1.

Figura N° 69

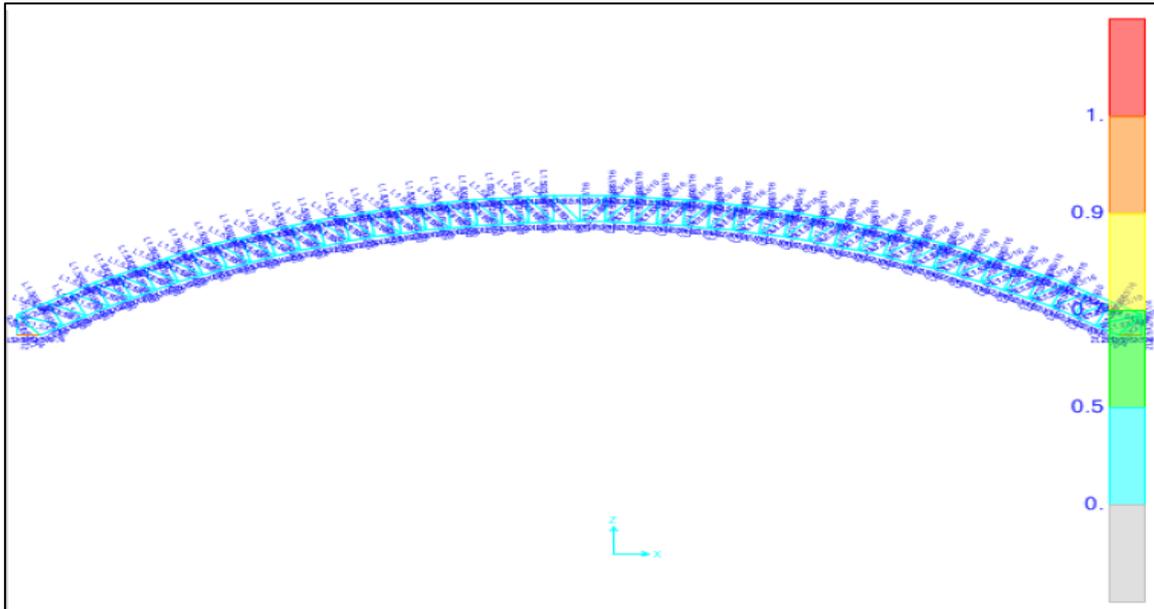
Software SAP 2000: Diseño de la cobertura metálica



Secciones para los miembros del tijeral principal

Figura N° 70

Software SAP 2000: Diseño del tijeral principal



Diseño de brida superior e inferior

Los elementos de la brida superior del tijeral principal se colocarán la sección de la imagen:

Figura N° 71

Software SAP 2000: Diseño de brida superior Rattio 0.39 ok!!

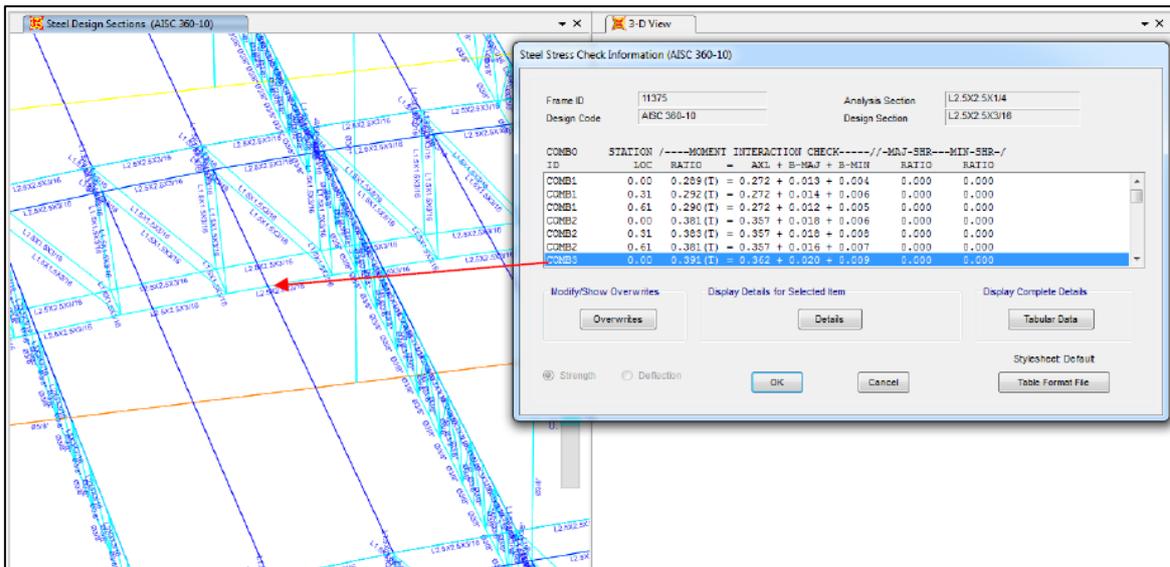


Figura N° 72

Datos del AISC 360-10 Steel Section Check

AISC 360-10 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : Tonf, cm, C

Frame : 11378 X Mid: -51.073 Combo: COMB2 Design Type: Brace
 Length: 61.231 Y Mid: 910.000 Shape: L2.5X2.5X1/4 Frame Type: SMF
 Loc : 61.231 Z Mid: 1024.573 Class: Compact Princpl Rot: 45.000 degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
 D/C Limit=0.950 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
 AlphaPr/Py=0.262 AlphaPr/Pe=0.111 Tau_b=1.000 EA factor=0.800 EI factor=0.800

PhiB=0.900 PhiC=0.900 PhiTY=0.900 PhiTF=0.750
 PhiS=0.900 PhiS-RI=1.000 PhiST=0.900

A=7.677 I33=29.261 r33=1.952 S33=6.457 Av3=4.032
 J=1.041 I22=29.261 r22=1.952 S22=6.457 Av2=4.032
 Ixy=-17.329 Imax=46.590 rmax=2.463 Smax=10.376
 Rot= 45 deg Imin=11.932 rmin=1.247 Smin=4.642
 E=2038.902 fy=3.515 Ry=1.100 z33=11.651
 RLLF=1.000 Fu=4.570 z22=11.651

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB2)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
61.231	7.084	0.547	0.200	-0.006	1.525E-04	-2.444E-04

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H2-1)

D/C Ratio: 0.317 = 0.292 + 0.014 + 0.011
 = fa/Fa + fbw/Fbw + fbz/Fbz

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H2-1)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Minor Bending	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1.000	1.000	1.000

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	7.084	20.149	24.290

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
Major Moment	0.528	36.862	36.862	48.330
Minor Moment	-0.245	22.030		

SHEAR CHECK

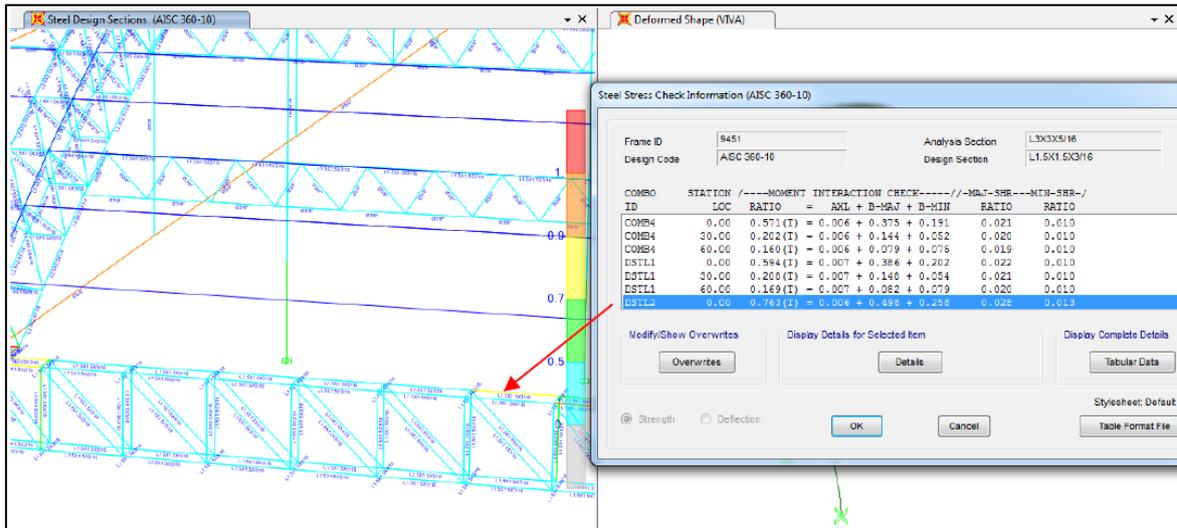
	Vu Force	phi*Vn Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major Shear	0.006	7.654	0.001	OK
Minor Shear	1.525E-04	7.654	1.993E-05	OK

BRACE MAXIMUM AXIAL LOADS

	P Comp	P Tens
Axial	0.000	7.084

Figura N° 73

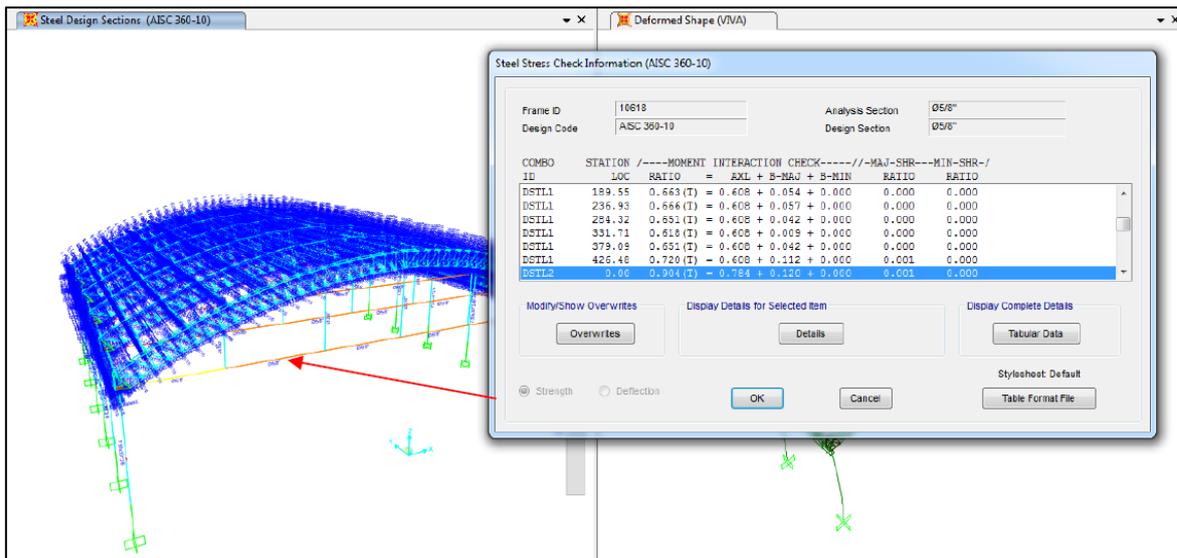
Software SAP 2000: Diseño de la brida inferior Ratio 0.70 ok!!



Diseño de tensores y columnas: Los tensores son aquellos mecanismos que admiten introducir tracciones en la estructura por la acción de determinados elementos. Fundamentalmente se introducen acortamientos entre las uniones hechas por los puntos.

Figura N° 74

Software SAP 2000: Diseño de columnas y tensores Ratio 0.90 ok!!



Diseño de cimientos de concreto armado

Concepto estructural: El sistema de cimientos propuesto es un cimiento corrido reforzado con un sobre cimiento armado a lo largo del contorno del cimiento en forma de vigas de cimentación que formaron retículas en su superficie. Se consideró el comportamiento elástico y lineal tanto del material de fundición como del cimiento. El proceso analítico consistió en modelar el suelo como un resorte elástico debajo de la losa y analizar el conjunto estructura–cimentación-suelo por el método matricial resuelto en el software de computadora SAFE para aliviar la presión distribuida tratando el resorte como una función del módulo de lastre de la tierra. Se realizó una evaluación global del cimiento, identificando los puntos de aplicación y las cargas transmitidas por la estructura.

- a) Se propuso presiones distribuidas adecuadamente al tipo de suelo bajo el cimiento, se suponiendo condiciones de terreno uniformes.
- b) Con la presión real asumida, se determina el asentamiento de la cimentación y se verificó si excede o no el nivel permitido.
- c) La cimentación se modeló con retículas de vigas unidas a pilares y sometidos a cargas iguales al esfuerzo aplicado en la superficie tributaria de cada viga distribuida en su longitud.
- d) Se realizó una evaluación de retícula que permaneció en equilibrio global bajo carga externa. Despreciando la rigidez a flexión de los pilares.
- e) Este proceso tuvo en cuenta el carácter bidimensional de los cimientos.
- f) Para el diseño de la viga de cimentación se utilizó una metodología convencional, es decir asumiendo una sección rígida.

Momento nominal:

$$\phi Mn = A_s * F'y * \left[d - \left(A_s * \frac{F'y}{2} * 0.85 * F'c * b \right) \right]$$

Donde:

Esfuerzo de fluencia del acero: $F'y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Resistencia a compresión del concreto: $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Peralte: $h = 50 \text{ cm}$

Peralte efectivo: $d = 41 \text{ cm}$

Ancho de análisis: $b = 100 \text{ cm}$

Al reemplazar los valores obtenemos:

$$A_{s+} = 2.30 \frac{\text{cm}^2}{2} \cong \phi 5/8" @ 85 \text{ cm}$$

El área de acero mínimo según E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones (2016)

$$A_{s_{\min}} = 0.0018 * b * d$$

$$A_{s_{\min}} = 9.00 \text{ cm}^2 \cong \phi 5/8" @ 22 \text{ cm}$$

En los planos de estructuras se detallan los siguientes refuerzos:

$$A_{s \text{ positivo (+)}} = \phi 5/8" @ 20 \text{ cm}$$

En conclusión el refuerzo negativo y positivo son considerados adecuados.

Tabla N° 13*Fuerzas y momentos en las bases*

Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m
3255	DEAD	LinStatic	164.41	3.68	2183.44	-6.1	778.84	-45.15
3255	VIENTO PB-SS	LinStatic	-201.35	2.66	402.07	-11.78	-1140.3	6.74
3255	VIENTO SB-SS	LinStatic	-52.77	-2.18	-766.71	6.19	-208.15	27.47
3255	VIVA	LinStatic	192.41	2.77	1269.84	-5.83	914.67	-56.53
3255	MUERTA	LinStatic	320.68	4.62	2116.4	-9.72	1524.45	-94.22
3256	DEAD	LinStatic	192.87	-1.35	2414.14	7.88	867.76	-16.8
3256	VIENTO PB-SS	LinStatic	-208.5	2.13	612.13	-9.64	-1143.37	1.87
3256	VIENTO SB-SS	LinStatic	-74.99	-0.53	-999.71	1.1	-288.34	13.79
3256	VIVA	LinStatic	238.08	-0.03344	1588.85	2.57	1069.35	-27.35
3256	MUERTA	LinStatic	396.81	-0.05574	2648.08	4.28	1782.26	-45.58
3257	DEAD	LinStatic	195.46	-0.11	2408.19	4.32	877.84	-14.79
3257	VIENTO PB-SS	LinStatic	-203.81	1.5	660.6	-6.93	-1122.5	5.28
3257	VIENTO SB-SS	LinStatic	-79.58	-0.29	-1029.76	-0.28	-308.06	9.26
3257	VIVA	LinStatic	244.94	-0.15	1624.48	3.76	1098.52	-20.21
3257	MUERTA	LinStatic	408.23	-0.24	2707.46	6.26	1830.86	-33.68
3258	DEAD	LinStatic	195.12	-0.37	2406.34	5.16	876.36	-12.31
3258	VIENTO PB-SS	LinStatic	-203.26	1.06	661.33	-4.75	-1119.68	7.48
3258	VIENTO SB-SS	LinStatic	-79.46	0.24	-1028.6	-2.58	-307.64	5.28
3258	VIVA	LinStatic	244.46	-0.94	1621.92	7.06	1096.44	-13.41
3258	MUERTA	LinStatic	407.44	-1.56	2703.2	11.77	1827.4	-22.34
3259	DEAD	LinStatic	192.44	0.88	2410.71	1.5	865	-10.45
3259	VIENTO PB-SS	LinStatic	-207.33	0.75	616.54	-3.05	-1136.36	11.92
3259	VIENTO SB-SS	LinStatic	-74.78	0.54	-998.89	-4.12	-287.48	0.35
3259	VIVA	LinStatic	237.17	-1.29	1585.31	8.98	1064.6	-5.94
3259	MUERTA	LinStatic	395.28	-2.16	2642.18	14.97	1774.33	-9.9
3260	DEAD	LinStatic	168.86	-5.5	2190.86	19.79	789.1	-11.16
3260	VIENTO PB-SS	LinStatic	-206.67	-1.51	393.62	4.24	-1149.42	29.05
3260	VIENTO SB-SS	LinStatic	-54	2.35	-767.11	-9.65	-211.36	-1.96
3260	VIVA	LinStatic	197.18	-3.56	1274.42	15.65	925.02	-8.81
3260	MUERTA	LinStatic	328.64	-5.93	2124.03	26.09	1541.71	-14.69
3261	DEAD	LinStatic	-169.29	7.93	2184.89	-19.56	-786.96	45.91
3261	VIENTO PB-SS	LinStatic	-257.01	-3.86	-66.84	15.5	-1388.94	2.86
3261	VIENTO SB-SS	LinStatic	160.98	-3.07	-656.9	7.56	794.21	-35.4
3261	VIVA	LinStatic	-197.11	7.42	1266.76	-20.74	-919.23	67.45
3261	MUERTA	LinStatic	-328.52	12.37	2111.27	-34.57	-1532.05	112.42
3262	DEAD	LinStatic	-191.29	-0.77	2414.51	5.72	-860.34	20.19

3262	VIENTO PB-SS	LinStatic	-267.4	-1.83	-200.49	9.11	-1407.55	8.88
3262	VIENTO SB-SS	LinStatic	183.96	-0.33	-814.4	-0.73	872.97	-21.07
3262	VIVA	LinStatic	-236.46	1.38	1593.18	-2.37	-1061.65	36.62
3262	MUERTA	LinStatic	-394.1	2.29	2655.31	-3.95	-1769.42	61.04
3263	DEAD	LinStatic	-194.45	0.59	2407.48	1.7	-872.92	15.97
3263	VIENTO PB-SS	LinStatic	-264.89	-1.18	-234.28	6.56	-1396.26	10.39
3263	VIENTO SB-SS	LinStatic	187.55	-0.3	-823.95	-1.08	888.3	-14.49
3263	VIVA	LinStatic	-244.57	1.09	1625.83	-0.81	-1096.59	23.33
3263	MUERTA	LinStatic	-407.62	1.81	2709.72	-1.35	-1827.65	38.88
3264	DEAD	LinStatic	-194.48	0.23	2407.08	2.75	-873.03	11.5
3264	VIENTO PB-SS	LinStatic	-264.59	-1.02	-234.07	5.48	-1394.4	10.24
3264	VIENTO SB-SS	LinStatic	187.47	0.31	-823.51	-3.23	887.87	-8.34
3264	VIVA	LinStatic	-244.55	-0.15	1624.87	3.72	-1096.56	11.39
3264	MUERTA	LinStatic	-407.59	-0.25	2708.11	6.19	-1827.6	18.99
3265	DEAD	LinStatic	-192.91	1.7	2419.01	-1.69	-865.44	7.49
3265	VIENTO PB-SS	LinStatic	-267.36	-0.82	-198.81	4.29	-1404.72	12.63
3265	VIENTO SB-SS	LinStatic	184.8	0.61	-815.82	-4.36	874.99	-1.88
3265	VIVA	LinStatic	-238.06	-0.74	1595.12	6.18	-1066.71	-2.09
3265	MUERTA	LinStatic	-396.77	-1.24	2658.54	10.3	-1777.86	-3.49
3266	DEAD	LinStatic	-166.75	-6.89	2179.39	23.24	-780.64	0.51
3266	VIENTO PB-SS	LinStatic	-255.59	2.11	-62.59	-4.92	-1379.89	33.35
3266	VIENTO SB-SS	LinStatic	158.78	2.66	-654.57	-10.39	787.44	-1.65
3266	VIVA	LinStatic	-193.49	-5.8	1260.38	21.26	-910.16	-11.94
3266	MUERTA	LinStatic	-322.48	-9.66	2100.63	35.44	-1516.93	-19.9

Figura N° 75

Reacciones expresadas matemáticamente en las bases

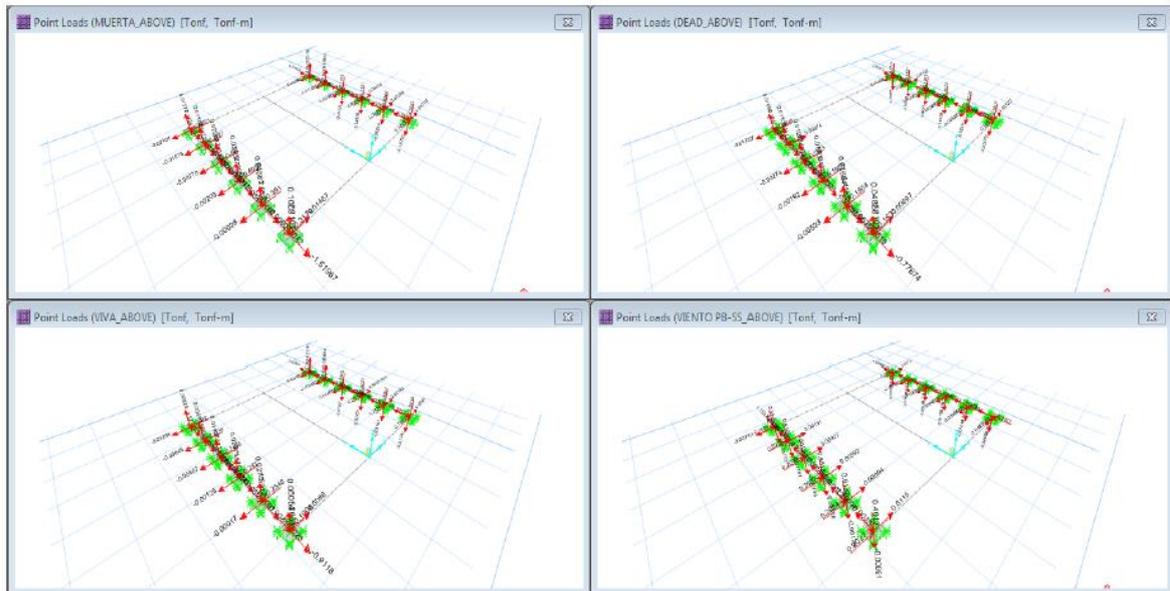


Figura N° 78

Diagrama de momento en el eje x-x $M = 4.49 \text{ Tn-m}$

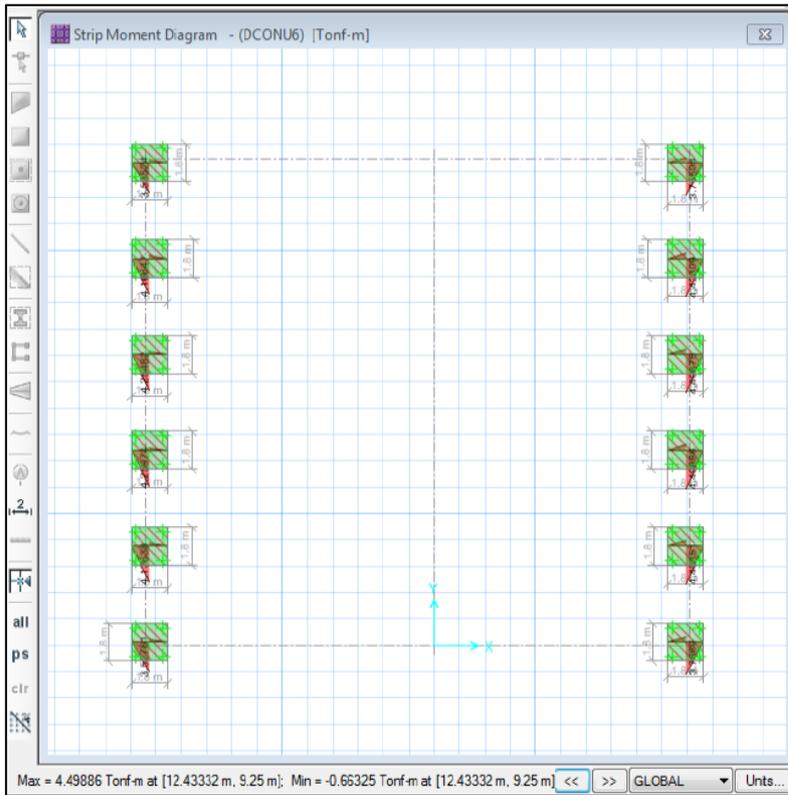
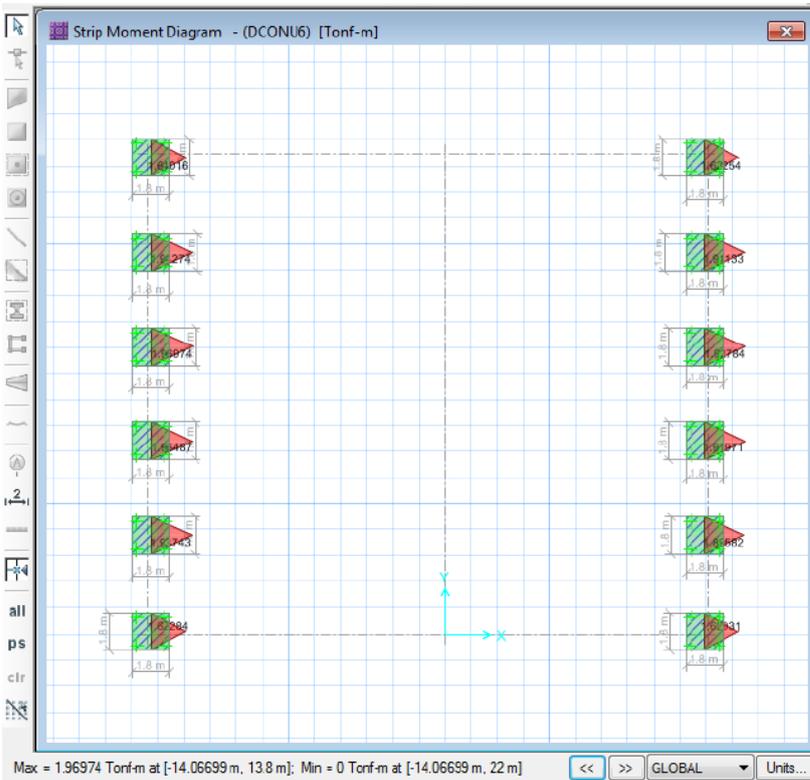


Figura N° 79

Diagrama de momento en el eje y-y $M = 1.96 \text{ Tn-m}$



IV. DISCUSIÓN

- Objetivo general: “Diseñar y analizar sísmicamente la cobertura metálica para el patio de formación de la Institución Educativa Mariscal Luzuriaga, distrito Casma, provincia Casma, Áncash 2023.”

Los resultados de la estructuración de la cubierta metálica que inició desde el predimensionamiento de los miembros estructurales de acero: los tijerales principales diseñados como celosía Pratt, viguetas diseñadas como celosía Warren, el tijeral metálico de sección compuesta diseñado como armadura Howe compuesto por la brida superior, inferior, los montantes y los diagonales, hasta su diseño y análisis estructural, usando el método LRFD, se dividen en dos categorías tanto de resistencia como de servicio aplicando las combinaciones de carga según el Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú, confirman el respaldo teórico del antecedente internacional que se ha usado en la presente investigación, teniendo a ElSabaggh (2019), en su tesis titulada “Comportamiento y diseño de componente y sistema de cerchas de acero conformado en frío en Egipto”, donde los resultados mostraron que la configuración de la armadura Fink supera a la configuración de la armadura Howe para tramos largos. El elemento con la relación D/C más alta es el primero en fallar, por lo tanto los ingenieros pueden usar la relación de los componentes D/C para determinar qué elemento falla primero, causa de falla y la capacidad de la cercha. Los resultados de la relación D/C muestran que cada armadura está diseñada con componentes críticos altamente eficientes y relaciones D/C altamente variables para proporcionar caminos de carga alternativos para las cargas transportadas por los miembros de la armadura.

- Primer objetivo específico: “Determinar el diseño del tijeral principal empleando el software SAP 2000.”

Los resultados del diseño y análisis en el software SAP 2000 del tijeral principal fueron adquiridos iniciando con el metrado de cargas: carga muerta, viva, sismo y viento donde se procedió a verificar el procedimiento manual y computacional, obteniendo los perfiles correctos, donde se confirma que el desarrollo del diseño y análisis del tijeral, en la tesis de Lozano Oliva (2022) “Diseño estructural de acero del techo parabólico para el coliseo polideportivo ACUDESI – Trujillo.”, son similares debido a que utilizan la misma metodología y código de diseños de estructuras metálicas.

- Segundo objetivo específico: “Determinar el diseño de la brida inferior y superior, usando el software SAP 2000.”

Los resultados del análisis y diseño del refuerzo Howe de la armadura (alas inferior y superior) se realizaron según el procedimiento de transmisión de combinaciones de carga según el código proporcionado por las reacciones de la armadura metálica, donde se realiza la verificación realizada tanto a mano como por el software SAP 2000, lo que confirmó que el desarrollo del análisis y diseño de alas superiores e inferiores, en la tesis de Aniceto Febre (2020) “Diseño de techos metálicos por método BIM en instituciones educativas Fe y Alegría número 49 Piura, 2020”, son similares porque rigen el mismo método de cálculo para las estructuras metálicas. Durante el diseño estructural de estructuras metálicas, es necesario verificar los elementos sometidos a esfuerzos de tracción y compresión mediante la aplicación de cálculos en el software SAP 2000.

- Tercer objetivo específico: “Determinar el diseño de cimentación para este tipo de estructura.”

Los resultados de diseño de cimentaciones de hormigón armado para estructuras metálicas se obtienen tras el procedimiento de combinación de cargas según la norma de hormigón armado E.060, donde se realizaron ensayos tanto para cálculos manuales como en el software SAP 2000, donde se confirmó que el desarrollo de la cimentación en la tesis de Merma e Izquierdo (2021) “Análisis sísmico de las estructuras de cubierta diseñadas para el estadio de la ciudad de Calana”, es similar ya que Casma y Tacna son pueblos que bordean el mar, haciendo viable una cimentación de hormigón armado.

- Cuarto objetivo específico: “Realizar el análisis sísmico estático con el Reglamento Nacional de Edificaciones.”

Luego del análisis tridimensional y diseño de cubiertas metálicas se realizó en el programa SAP 2000, por su continuidad en la planeación para la especialidad estructural, donde se comprobó la operatividad y factibilidad de las estructuras metálicas, Lazarte y Cieza (2019) en la tesis “Análisis del diseño sísmico estructural del techo metálico de la losa multideportiva de Aija, Áncash – 2018”, donde detallan, que debido al preciso cálculo con el uso del software SAP 2000, se adquirieron datos exactos de las deflexiones y acciones de las cargas sísmicas, de viento, cargas vivas y muertas.

V. CONCLUSIONES

- El diseño se basó no sólo en la rigidez y resistencia de los elementos y materiales, sino también en la factibilidad constructiva, por lo que la estructura estará diseñada con una disminuida variación de las secciones a lo largo del arco, lo que facilitará la construcción y montaje, reduciendo aún más el número de plantillas utilizadas para la producción.
- La cubierta metálica de la celosía, tijerales principales, bridas inferiores y superiores, diagonales y montantes, respetan la relación esfuerzo actuante/admisible.
- Las vigas de la celosía, respetan la relación esfuerzo actuante/admisible.
- Las vigas, columnas y arriostres respetan la relación esfuerzo actuante/admisible.
- La determinación de las cargas muertas y vivas, se desarrolló respetando el Reglamento Nacional de Edificaciones, del mismo modo la combinación de cargas, por ende la estructura está diseñada para soportar cargas críticas.
- En los resultados obtenidos del SAP 2000, se obtiene una deflexión para la carga viva de 1.35 cm, esto es menor a la flecha máxima permitida de 2 cm.
- El diseño de las cimentaciones se desarrollaron para el soporte de presiones de 0.79 kg/cm² cumpliendo de esta manera con la capacidad portante.
- Los planos realizados en AutoCad, se desarrollaron tomando en cuenta las especificaciones técnicas de cada uno de los miembros que componen la cobertura metálica.
- Se estableció un presupuesto considerando el metrado y costos de cada material, su fabricación, diseño, gastos generales y utilidades; obteniendo un presupuesto total de S/. 425'667.44 soles.

VI. RECOMENDACIONES

- Se deben respetar sin excepción las normas de seguridad industrial para realizar los diversos trabajos con equipos usados en la construcción de la estructura metálica.
- Todo el sistema estructural debe ser tratado con pintura anticorrosiva ya que una de las principales desventajas de las estructuras metálicas es la corrosión.
- Durante la fase de construcción, se deben respetar los procedimientos de construcción y los planos de arquitectura y detalles adjuntos, para aproximarse lo más posible a los requisitos incorporados en el diseño.
- Si la construcción de este proyecto se realizará en una ciudad distinta a la propuesta, debe tomarse en cuenta las diferencias en las cargas del viento, sismo, las condiciones del suelo, etc., que podrían modificar y variar de manera significativa las condiciones de cargas, diseño y análisis de sismo.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Afranur Yaren Aydogdu. (2023). Optimum weight design of steel truss roof systems considering corrosion effect. *Structures, Volume 49*(2352–0124), 88–105. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352012423001005>
2. Agüero, A., & Atienza, J. (2015). Diseño de estructuras metálicas esbeltas susceptibles de pandear. Definición de la imperfección geométrica. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería, Volumen 31*(0213–1315), 65–70. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0213131514000261>
3. Aniceto Febre, L. (2020). *Diseño de un techo metálico empleando metodología BIM en la Institución Educativa Fe y Alegría N° 49 Piura, 2020*. [Tesis de Posgrado]. Universidad César Vallejo.
4. Armstrong, B. K., & Krickler, A. (2021). The epidemiology of UV induced skin cancer. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, 63*(1–3), 8–18. [https://doi.org/10.1016/S1011-1344\(01\)00198-1](https://doi.org/10.1016/S1011-1344(01)00198-1)
5. Azzi, Z. (2020). Effects of roof geometric details on aerodynamic performance of standing seam metal roofs. *Engineering Structures, 225*(111303). <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.111303>
6. Barrenechea Rosales, R. E. (2019). *Estudio y propuesta de reforzamiento estructural de la cimentación y torre metálica de 50m de altura para uso en telecomunicaciones, departamento de Áncash, 2019* [Tesis de Titulación, Universidad Privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/27363>
7. Casas Sotomayor, M. R. (2022). *Análisis comparativo entre una estructura convencional y una estructura tensegrítica, para diseñar una nave industrial metálica, Chupaca - Junín, 2022* [Tesis de Titulación, Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/97130>
8. Chumting Lu. (2022). Integral sliding of a 800 T steel roof truss for a cultural and art center building. *Case Studies in Construction Materials, Volume 17*(2214–5095), 345–350. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509522004776>
9. Cieza, E., & Lazarte, B. (2019). *Análisis del diseño sísmico estructural de techo metálico de la losa multideportiva de Aija, Ancash - 2018* [Tesis de titulación, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/26675>

10. Coila Yana, R. (2016). *Análisis sísmico de naves industriales autoconstruidas con estructuras metálicas utilizando el SAP2000 V18*, Lima, 2016 [Tesis de Titulación, Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/18406>
11. Csiespana.com. (2018, marzo 10). *CSI Spain / SAP2000* . <https://www.csiespana.com/software/2/sap2000>
12. Gebhard, L., Mata-Falcón, J., Anton, A., Dillenburger, B., & Kaufmann, W. (2021). Structural behaviour of 3D printed concrete beams with various reinforcement strategies. *Engineering Structures*, *Volumen 240*(0141–0296), 1–14. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141029621005307>
13. Hernández Ros, R. A. (2016). Vigas trianguladas y cerchas. *Cuadernos del instituto Juan de Herrera*, *Volumen 4*(978-84-9728-056–3), 1–34. https://oa.upm.es/1501/1/MONO_AROCA_2001_01.pdf
14. Hibbeler, R. (2021). *Engineering Mechanics: Statics* (15th Edition). Pearson. <https://www.amazon.com/-/es/dp/0134814975>
15. Instituto de la Construcción y Gerencia. (2016a). *Norma E.020 (Cargas)*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2366640/50%20E.020%20CARGAS.pdf>
16. Instituto de la Construcción y Gerencia. (2016b). *Norma E.030 (Diseño Sismorresistente)*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2366641/51%20E.030%20DISE%20C3%20%91O%20SISMORRESISTENTE%20RM-043-2019-VIVIENDA.pdf>
17. Instituto de la Construcción y Gerencia. (2016c). *Norma E.060 (Concreto Armado)*. [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/E060_CONCRETO_ARMADO.pdf](http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/E060_CONCRETO_ARMADO.pdf)
18. Instituto de la Construcción y Gerencia. (2016d). *Norma E.090 (Estructuras Metálicas)*. Reglamento Nacional de Edificaciones. <https://jilsac.com/rnc/Estructura%20Metalica.pdf>
19. Ita Cerna, L. A. (2021). *Estudio comparativo respecto FEMA P-154 y modal espectral respecto la vulnerabilidad sísmica de I. E. Señor De La Soledad, Ancash - 2021* [Tesis de Titulación, Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/91989>

20. Izquierdo Navarro, J. M., & Merma Pacho Rildo Yufre. (2021). *Análisis sísmico de una estructura de cubierta diseñado para el Estadio Municipal de Calana* [Tesis de Titulación]. Universidad Privada de Tacna.
21. Jason, V. (2020). *Structural steel design*. (Mercury Learning and Information, Ed.; 3a ed.). David Pallai.
22. Karimi, F. (2019). Two-stage optimal seismic design of steel moment frames using the LRFD-PBD method. *Journal of Constructional Steel Research*, 155(0143-974X), 77–89.
23. Leontovich, V. (1973). *Frames and Arches; Condensed Solutions for Structural Analysis*. McGraw-Hill Book Company. https://www.amazon.com/Frames-Condensed-Solutions-Structural-Analysis/dp/B000IN5FD6#detailBullets_feature_div
24. Lozano Oliva, C. A. (2022). *Diseño estructural de acero del techo parabólico para el coliseo polideportivo ACUDESI - Trujillo* [Tesis de Titulación]. Universidad Nacional de Trujillo .
25. McCormac, J. (2018). *Structural steel design: LRFD method.: Vol. I* (S. Csernack, Ed.; 6th ed.). Pearson.
26. Moti Lal Rinawa. (2022). Experimental analysis of the metal roofed industrial building using nano-silica disbanded crude wax (NDCW). *Materials Today: Proceedings, Volume 62*(2214–7853), 1746–1751. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.12.253>.
27. Nakib, R. (1991). Redundancy in Highway Bridges. *Engineering Journal, Volume 28*, 45–50. <https://www.aisc.org/Redundancy-in-Highway-Bridges>
28. Reda, M., & ElSabaggh, A. (2019). Behavior and design for component and system of cold-formed steel roof trusses. *Thin-Walled Structures, Volume 135*(0263–8231), 21–32. <https://doi.org/10.1016/j.tws.2018.10.038>
29. Shahin, Z., Rafiq, A., Abolghassem, Z., & Salem, A. (2021). Dynamic response of frame structures with shape memory alloy -magnetorheological fluid-based bracing system by nonlinear time-history analysis. *Journal of Building Engineering, Volume 43*(102914).
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352710221007725#preview-section-cited-by>
30. Shen, C. (1995). Cyclic behavior of structural steels. II: theory. *Journal of Engineering Mechanics*, 121(11).

31. Software Shop. (2019, noviembre 14). *SAP 2000*. <https://www.software-shop.com/producto/sap2000#:~:text=SAP2000%20es%20un%20software%20especializado,apoyada%20en%20la%20visualizaci%C3%B3n%203D>.
32. Srikant Rukmini, R. (2015). Performance evaluation of vegetable emulsifier based green cutting fluid in turning of American Iron and Steel Institute (AISI) 1040 steel – an initiative towards sustainable manufacturing. *Journal of Cleaner Production*, *Volumen 108*(0959–6526), 104–109. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652615009117>
33. Tong, O., & Dayang, W. (2020). Full-scale tests on the mechanical behaviour of a continuously welded stainless steel roof under wind excitation. *Thin-Walled Structures*, *Volume 150*. <https://doi.org/10.1016/j.tws.2020.106680>
34. Tuya León, W. E. (2019). *Talleres de formación para mejorar los aprendizajes en el área de ciencia, tecnología y ambiente de la I.E. Mariscal Luzuriaga*. [Tesis de postgrado]. Universidad San Ignacio de Loyola.
35. Weather Spark. (2022). Climate and Average Weather Year Round in Casma Peru. *NOAA's National Center for Environmental Information*, *103*.(00224073), 01–23. <https://weatherspark.com/y/19905/Average-Weather-in-Casma-Peru-Year-Round#:~:text=The%20climate%20in%20Casma%20is,or%20above%2085%C2%B0F>.
36. Wei Gao. (2007). Random seismic response analysis of truss structures with uncertain parameters. *Engineering Structures*, *Volume 29*(Issue 7), 1487–1498. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2006.08.025>.
37. Yuan, S., & Yang, B. (2019). The fixed nodal position method for form finding of high-precision lightweight truss structures. *International Journal of Solids and Structures*, *Volumen 161*(0020–7683), 82–95. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0020768318304578>

ANEXOS

Anexo 1: Instrumentos de recolección de la información

1. Instrumento de recolección de datos

FICHA TÉCNICA DE EVALUACIÓN - COLAPSO DE ESTRUCTURA Y MALLA RASCHEL							
TESIS	ANÁLISIS SÍSMICO DE UNA COBERTURA METÁLICA DISEÑADA PARA LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MARISCAL LUZURIAGA, DISTRITO CASMA, PROVINCIA CASMA, ANCASH 2023.						
LUGAR	I.E. MARISCAL LUZURIAGA	DISTRITO	CASMA	PROVINCIA	CASMA	DEPARTAMENTO	ANCASH
COORDENADAS WGS84:		SUR: 9°28'26.75"		OESTE: 78°17'39,90"		ALTITUD: 54 m.s.n.m.	

ESTRUCTURA Y MALLA RASCHEL					
N° de Estructura	Estado de la estructura y malla raschel	En buen estado	En mal estado	Gravedad	Evidencia Fotográfica
1	Obsoleta en un 40%		X	40%	
2	Obsoleta en un 35%		X	35%	
3	Obsoleta en un 100%		X	100%	
4	Obsoleta en un 45%		X	45%	
5	Obsoleta en un 85%		X	85%	
Fuente: Elaboración propia					

IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS						
N° de Estructura	Gravedad y % de Colapso	Filtración de Rayos UV	Daño físico por colapso a los alumnos	Daños en los soportes.		
				Si	Medianamente	No
1	40%	25%	35%		X	
2	35%	30%	30%	X		
3	100%	100%	100%	X		
4	45%	25%	30%		X	
5	85%	65%	75%	X		

DIAGNÓSTICO							
N° de Malla	Estado			DIMENSIONES			DESCRIPCIÓN
	Bueno	Malo	Regular	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	
1			x	24	3	2,2	Solución: Hay 3 estructuras con sus malla raschel que requieren demolición, 2 se pueden templar. La mejor solución sería una cubierta metálica con Malla Raschel.
2			x	24	3	1,95	
3		x		24	3	0,45	
4			x	24	3	2,05	
5		x		24	3	0,85	

INGENIEROS VALIDADORES DE LA FICHA TÉCNICA DE EVALUACIÓN	
Ing. Max Huaynalaya Rashuaman  M & K CONSULTORA PERUANA S.A.C. ING. MAX HUAYNALAYA RASHUAMAN C.P. 189142 SUPERVISOR DE OBRA	Ing. Paul Díaz Huarac   Ing. N. Paul Díaz Huarac ING. CIVIL CIP 160553

Anexo 2: Ficha técnica

Nombre original del instrumento:	FICHA TÉCNICA DE EVALUACIÓN - COLAPSO DE ESTRUCTURA Y MALLA RASCHEL	
Autor y año:	BACH. JESUSDAVID RICARDO ALVA CARBAJAL - 2023	
Objetivo del Instrumento	Evaluar y diagnosticar la estructura y malla Raschel existente en la institución Educativa Mariscal Luzuriaga, identificar los peligros que acechan al alumnado, docentes y personal administrativo.	
Usuarios	Institución Educativa Mariscal Luzuriaga - Casma 2023	
Forma de Administración o Modo de aplicación:	Visita a la Institución Educativa Mariscal Luzuriaga - Casma por parte del tesista, toma de datos mediante observación, medición y evaluación.	
Validez:	Ing. Max Huaynalaya Rashuaman	Ing. Paul Díaz Huarac
	 <p>M & K CONSULTORA PERUANA S.A.C. ING. MAX HUAYNALAYA RASHUAMAN C.P. 189142 SUPERVISOR DE OBRA</p>	 <p>Ing. N. Paul Díaz Huarac ING. CIVIL CIP 160552</p>
Confiabilidad:	El instrumento presentó un nivel de confiabilidad del 95%.	

Anexo 3: Operacionalización de variables

Tabla N° 14

Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Instrumento	Escala de Medición				
Análisis sísmico de una cobertura metálica diseñada para la Institución Educativa Mariscal Luzuriaga, distrito Casma, provincia Casma, Ancash 2023.	Según Wei (2007), el análisis sísmico se caracteriza por la definición de los diferentes períodos de vibración característicos de la estructura metálica basada en su configuración geométrica y la matriz de rigideces de la misma. Según Moti (2022), la cobertura metálica es un sistema constructivo muy utilizado dado que son resistentes y a la vez ligeras, lo cual posibilita cubrir grandes espacios brindando un acabado amplio, rápido y estético.	El análisis sísmico para la cubierta metálica se realizará aplicando las normas E.020, E.030, E.060 y E.090; y el uso del software SAP 2000 para el modelado en 3D y el análisis estático y dinámico.	Análisis Sísmico	Predimensionamiento	Cargas	E.020	Kgf/m ²				
					Parámetros de diseño	E.030	Kg				
					Concreto Armado	E.060	Kg/cm ²				
								Modelamiento	Estructuras Metálicas	E.090	Pulg.
							Análisis Estático			Kgf/m ²	
							Análisis Dinámico		SAP 2000	Cm	
					Diseño de Cimentación		cm ²				

Nota: La tabla nos resume de forma detallada las variables y cómo se van a medir. Fuente: Elaboración propia (2023)

Anexo 4: Carta de presentación



Carta N° 001-2023/JRAC

Sr. Whion Eleuterio Tuya León
Director de la Institución Educativa Mariscal Luzuriaga
Av. Huaraz 244, Casma 02661.

Yo, Jesusdavid Ricardo Alva Carbajal identificado con DNI N° 75660843, bachiller en Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI, ante usted me presento y expongo:

Que, se presenta el proyecto de investigación titulado “Análisis sísmico de una cobertura metálica diseñada para la Institución Educativa Mariscal Luzuriaga, distrito Casma, provincia Casma, Ancash 2023”

Por este conducto me permito solicitar el acceso e ingreso a la institución educativa que usted dirige, para realizar trabajos de investigación y cumplir con buenos resultados de esta investigación.

Somos conscientes de que la colaboración para la institución es vital para el avance científico y tecnológico del país, por lo que reitero mi total compromiso de seguir colaborando con ustedes en el desarrollo sostenible del mismo.

Casma, 27 de Abril del 2023

Bach. Alva Carbajal Jesusdavid Ricardo
75660843

Firma

Dir. Whion Eleuterio Tuya León
32647440



Mg. Whion E. Tuya León
DIRECTOR

Firma

Anexo 5: Carta de autorización emitida por la entidad que
faculta el recojo de datos

**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN DE INSTITUCIÓN
EDUCATIVA EMBLEMÁTICA MARISCAL LUZURIAGA – CASMA 2023**



Yo **Dir. Whion Eleuterio Tuya León**, en mi calidad de Director de la Institución Educativa Emblemática Mariscal Luzuriaga - Casma con R.U.C. N° **20283172636**, ubicada en la ciudad de Casma, departamento Ancash.

OTORGO LA AUTORIZACIÓN,

Al señor **Jesudavid Ricardo Alva Carbajal**, identificado con DNI N° **75660843**, egresado de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Católica Benedicto XVI para que utilice la información y los datos recogidos en la Institución Educativa Emblemática Mariscal Luzuriaga, con la finalidad de desarrollar su Tesis de suficiencia profesional para optar al grado de Título Profesional.



Mg. Whion E. Tuya León
DIRECTOR

Firma y sello del Representante Legal
o Representante del área
DNI: 32647440

El Egresado/Bachiller declara que los datos emitidos en esta carta y en el Trabajo de Investigación, en la Tesis son auténticos. En caso de comprobarse la falsedad de datos, el Egresado será sometido al inicio del procedimiento disciplinario correspondiente; asimismo, asumirá toda la responsabilidad ante posibles acciones legales que la empresa, otorgante de información, pueda ejecutar.



Firma del Egresado
DNI: 75660843

Anexo 6: Consentimiento informado



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

CONSENTIMIENTO INFORMADO

L.E. MARISCAL LUZURIAGA CASMA		
MESA DE PARTE		
N°	Fecha	Hora
01	27/04/23	
RECEPCIÓN		
Exp. N°	1271	

Casma, 27 de Abril del 2023

Sr. Whion Eleuterio Tuya León
Director de la Institución Educativa Mariscal Luzuriaga
Av. Huaraz 244, Casma 02661.
Presente.-

Es grato dirigirme a usted para expresarle mis saludos y al mismo tiempo presentar a: Br. Jesusdavid Ricardo Alva Carbajal estudiante del programa de estudios de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, quien desarrollará el proyecto de tesis titulado: “Análisis sísmico de una cobertura metálica diseñada para la Institución Educativa Mariscal Luzuriaga, distrito Casma, provincia Casma, Ancash 2023”.
Con la asesoría del Mg. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña.

Para ello requieren la autorización y acceso para aplicar el instrumento de recolección de datos: Ficha técnica de evaluación – Colapso de estructura y malla Raschel de la Institución Educativa Mariscal Luzuriaga, distrito Casma, provincia Casma, Ancash y la divulgación de la filiación de la entidad con las características de la misma.

Conocedores de su alto espíritu de colaboración con la investigación que redundará no solo en la identificación y planteamiento de solución a una problemática concreta, sino que al mismo tiempo permitirá el desarrollo de esta tesis que conduzca a la obtención del Título Profesional de Ingeniero Civil, para el Bachiller presentado líneas arriba.

Agradeciendo su atención a la presente.



Mg. Ing. Breitner Díaz Rodríguez
Decano De La Facultad De Ingeniería y Arquitectura
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TRUJILLO

Anexo 7: Matriz de consistencia

Tabla N° 15

Matriz de consistencia

TITULO	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLOGÍA
Análisis sísmico de una cobertura metálica diseñada para la institución educativa Mariscal Luzuriaga, distrito Casma, provincia Casma, Ancash 2023	Problema General	Hipótesis General	Objetivo General			Tipo
	<ul style="list-style-type: none"> ¿Cuáles son las características del análisis sísmico de una cubierta metálica diseñada para la I.E. Mariscal Luzuriaga? 	<ul style="list-style-type: none"> Las características que tendrá el análisis sísmico son las enmarcadas en las normativa E.020, E.030, E.060, E.090 y las del software SAP 2000 para el modelamiento y análisis sísmico de la cubierta metálica diseñada para la I.E. Mariscal Luzuriaga. 	<ul style="list-style-type: none"> Diseñar y analizar sísmicamente la cobertura metálica para el patio de formación de la I.E. Mariscal Luzuriaga, distrito Casma, provincia Casma, Áncash 2023. 			<p>Básico, de nivel descriptivo, no experimental.</p> <p>Diseño</p> <p>Investigación no experimental, transversal descriptivo.</p>
	Problemas Específicos	Hipótesis Específicas	Objetivos Específicos			Población
	<ul style="list-style-type: none"> ¿Cuál es el diseño del tijeral principal de una cobertura metálica empleando el software SAP 2000 en la I.E. Mariscal Luzuriaga? ¿Cuál es el diseño de la brida inferior y superior de una 	<ul style="list-style-type: none"> El diseño del tijeral principal de la cobertura metálica para la I.E. Mariscal Luzuriaga será desarrollado con el uso de las normas E.020, E.030, E.090 y el uso del software SAP 2000. El diseño de la brida inferior y superior de la cobertura metálica para la I.E. Mariscal Luzuriaga será desarrollado con el uso de las normas E.020, E.030, E.090 y el uso del software SAP 2000. 	<ul style="list-style-type: none"> Determinar el diseño del tijeral principal empleando el software SAP 2000. Determinar el diseño de la brida inferior y superior, usando el software SAP 2000. 	<p>Análisis sísmico de una cobertura metálica diseñada para la I.E. Mariscal Luzuriaga</p>	<p>Análisis Sísmico</p>	<p>Conformado por la Institución Educativa Mariscal Luzuriaga en el distrito de Casma, provincia Casma, departamento Ancash.</p> <p>Muestra</p> <p>Conformado por una estructura metálica usado</p>

cobertura metálica empleando el software SAP2000 en la I.E. Mariscal Luzuriaga?

• ¿Cuál es el diseño de cimentación para la cobertura metálica en la I.E. Mariscal Luzuriaga?

• ¿Cuál será el análisis sísmico de la cobertura metálica en la I.E. Mariscal Luzuriaga?

• El diseño de la cimentación de la cobertura metálica para la I.E. Mariscal Luzuriaga será desarrollado con el uso de las normas E.020, E.060 y el uso del software SAP 2000.

• El análisis sísmico de la cobertura metálica para la I.E. Mariscal Luzuriaga será desarrollado con el uso de las normas E.020, E.030, E.060, E.090 y el uso del software SAP 2000

• Desarrollar el diseño de cimentación para la cobertura metálica en la I.E. Mariscal Luzuriaga.

• Realizar el análisis sísmico de la cobertura metálica con el uso del software SAP 2000 en la I.E. Mariscal Luzuriaga.

como cubierta en la I.E. Mariscal Luzuriaga en Casma que cubrirá una superficie de 1343.83 m².

Método de análisis de investigación

Se realizará un predimensionamiento de elementos estructurales. será diseñado con el método LRFD y analizado sísmicamente de acuerdo a las normas E.020, E.030, E.060, E.090 y el uso del software SAP 2000.

Anexo 8: Registro fotográfico



Fotografía N° 01. Se observa la entrada principal para los alumnos de nivel secundario de la I.E. Mariscal Luzuriaga, al interior de la entrada principal se realizará la ejecución de una pequeña cobertura metálica con malla Raschel 2020.



Fotografía N° 02. Vista del ancho del Patio de la I.E. Mariscal Luzuriaga, donde se proyecta la estructura metálica para cobertura con malla Raschel 2020.



Fotografía N° 03. Vista del patio central, donde se proyectará la instalación de estructura metálica, para cobertura con malla Raschel. Así mismo se la instalación de malla Raschel instalada completamente inestable 2020.



Fotografía N° 04. Vista lateral izquierdo del patio central, donde se proyectará la instalación de estructura metálica con cobertura con malla Raschel 2020.



Fotografía N° 05. Vista lateral derecho del patio central, donde se proyectará la instalación de estructura metálica con cobertura con malla Raschel. Se observan parantes metálicos con su respectiva cimentación 2020.



Fotografía N° 06. Se observa la parte trasera del patio central donde se demolerá parte de concreto para realizar la cimentación de la estructura metálica para cobertura con malla Raschel 2020.

Anexo 9: Presupuesto

Presupuesto

Presupuesto	1	ANÁLISIS SÍSMICO DE UNA COBERTURA METÁLICA DISEÑADA PARA LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MARISCAL LUZURIAGA, DISTRITO CASMA, PROVINCIA CASMA, ANCASH 2023.			
Subpresupuesto	1.01	INSTALACION DE COBERTURA			
Cliente		MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CASMA			
Lugar		ANCASH - CASMA - CASMA			
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/	Parcial S/
01	OBRAS PROVISIONALES Y PRELIMINARES				2.767,52
01.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA DE 3.60 X 2.40 m	glb	1,00	1.083,22	1.083,22
01.02	DEMOLICION ESTRUCTURA DE CONCRETO	m2	86,76	3,82	331,42
01.03	TRAZO NIVELACION Y REPLANTEO	m2	1.424,08	0,95	1.352,88
02	SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA				2.756,00
02.01	CAPACITACION DE SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA	glb	1,00	750,00	750,00
02.02	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL	glb	1,00	2.006,00	2.006,00
03	MOVIMIENTO DE TIERRAS				7.898,10
03.01	EXCAVACION MANUAL DE ZAPATAS	m3	130,14	32,59	4.241,26
03.02	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	m3	70,82	34,33	2.431,25
03.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	52,02	23,56	1.225,59
04	OBRAS DE CONCRETO				52.906,12
04.01	CONCRETO SIMPLE				990,66
04.01.01	SOLADO DE CONCRETO E=4" CONCRETO CICLOPEO C:H 1:12	m2	77,76	12,74	990,66
04.02	CONCRETO ARMADO				51.915,46
04.02.01	ZAPATAS				21.598,38
04.02.01.01	CONCRETO $f_c=210$ kg/cm ²	m3	43,38	323,68	14.041,24
04.02.01.02	ACERO DE REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	1.709,76	4,42	7.557,14
04.02.02	PEDESTAL				30.317,08
04.02.02.01	CONCRETO $f_c=210$ kg/cm ²	m3	18,32	323,68	5.929,82
04.02.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL	m2	134,64	45,28	6.096,50
04.02.02.03	ACERO DE REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	4.138,18	4,42	18.290,76
05	ESTRUCTURAS METALICAS Y COBERTURA				261.613,28
05.01	FABRICACION DE TIJERAL T-1 SEGUN PLANOS, h=0.80m INCL/ACABADOS	m	337,56	273,35	92.272,03
05.02	FABRICACION DE TIJERAL T-2 SEGUN PLANOS, h=0.65m INCL/ACABADOS	m	87,40	211,89	18.519,19
05.03	FABRICACION DE TIJERAL T-3 SEGUN PLANOS, h=0.50m INCL/ACABADOS	m	12,40	153,81	1.907,24
05.04	FABRICACION DE TIJERAL T-4 SEGUN PLANOS, h=0.60m INCL/ACABADOS	m	14,00	169,20	2.368,80
05.05	SUM. Y COLOC. DE VIGUETA "V-1", h=0.40m INCL./ACCESORIO Y ACABADOS	m	745,50	65,48	48.815,34
05.06	SUM. Y COLOC. DE VIGUETA "V-2", h=0.40m INCL./ACCESORIO Y ACABADOS	m	33,00	65,48	2.160,84
05.07	SUM. Y COLOC. DE ARRIOSTRES FIERRO LISO Ø3/8" EN CRUZ DE SAN ANDRES INC. ACABADO	m	264,00	6,69	1.766,16
05.08	SUM Y COLOC. DE TEMPLADORES FIERRO LISO 3/8", EN CRUZ DE SAN ANDRES INC. ACABADO	m	875,20	10,29	9.005,81
05.09	FABRICACION Y MONTAJE DE APOYOS FIJOS PARA TIJERALES T-1	und	12,00	827,69	9.932,28
05.10	FABRICACION Y MONTAJE DE APOYOS MOVILES PARA TIJERALES T-1	und	12,00	819,95	9.839,40
05.11	FABRICACION Y MONTAJE DE APOYOS MOVILES PARA TIJERALES T-4	und	2,00	771,92	1.543,84
05.12	FABRICACION Y MONTAJE DE APOYOS FIJOS PARA TIJERALES T-4	und	2,00	778,81	1.557,62
05.13	FABRICACION Y MONTAJE DE COLUMNA CM-1, DE ACERO DE 12"x12", H=5,25m x 3/8"	und	24,00	2.009,77	48.234,48
05.14	FABRICACION Y MONTAJE DE COLUMNA CM-2, DE ACERO DE 12"x12", H=3,50m x 3/8"	und	4,00	1.481,94	5.927,76
05.15	SUMINISTRO E INSTALACION DE LA COBERTURA CON MALLA RASCHEL	m2	1.268,38	6,12	7.762,49
	COSTO DIRECTO				327.941,02
	GASTOS GENERALES 5%				16.397,05
	UTILIDADES 5%				16.397,05
	SUBTOTAL				360.735,12
	IGV 18%				64.932,32
	PRESUPUESTO TOTAL				425.667,44