



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

**DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PASO PEATONAL UBICADO EN EL KM 14.2 DE VÍA A
LA COSTA, CANTÓN GUAYAQUIL**

Trabajo de Titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Civil

AUTORES: Montes Murillo Mayra Mariuxi
Ladines García Geralyne Gabriela

TUTOR: Ing. Leonardo Echeverria Fabre, DBA.

Guayaquil- Ecuador

2025

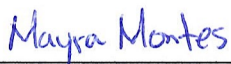
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Mayra Mariuxi Montes Murillo con documento de identificación No. 0927048264 y Gerylyne Gabriela Ladines García con documento de identificación No. 0929372761, manifestamos que:

Somos las autoras y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 16 de enero del año 2025

Atentamente,



Mayra Mariuxi Montes Murillo

C.I.: 0927048264



Gerylyne Gabriela Ladines García

C.I.: 0929372761

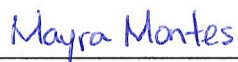
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHO DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

Nosotros, Mayra Mariuxi Montes Murillo con documento de identificación No. 0927048264 y Geralyne Gabriela Ladines García con documento de identificación No. 0929372761, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autoras del Proyecto Técnico de Titulación: “DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PASO PEATONAL UBICADO EN EL KM 14.2 DE VÍA A LA COSTA, CANTÓN GUAYAQUIL”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos concedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

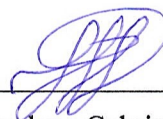
Guayaquil, 16 de enero del año 2025

Atentamente,



Mayra Mariuxi Montes Murillo

C.I.: 0927048264



Gerallyne Gabriela Ladines García

C.I.: 0929372761

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Leonardo Echeverria Fabre, con documento de identificación No. 0902190883, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PASO PEATONAL UBICADO EN EL KM 14.2 DE VÍA A LA COSTA, CANTÓN GUAYAQUIL, realizado por las estudiantes Mayra Mariuxi Montes Murillo con documento de identificación No. 0927048264 y GERALYNE GABRIELA LADINES GARCÍA con documento de identificación No. 0929372761, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico de Titulación, que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 16 de enero del año 2025

Atentamente,



Ing. Leonardo Echeverria Fabre, DBA.

C.I.: 0902190883

AGRADECIMIENTO

Dedicamos estas palabras con agradecimiento a quienes nos han brindado un apoyo importante en todo el transcurso de nuestra vida.

En primer lugar, damos gracias a Dios por darnos la fuerza, la salud y las facilidades que necesitamos para lograr este objetivo importante. Estamos profundamente agradecidas con nuestras familias, por su amor incondicional, paciencia y apoyo constante son nuestra mayor fuente de fortaleza. Muchas gracias por creer en nosotros y estar en los momentos más difíciles, motivarnos a dar siempre lo mejor de cada una de nosotras. Agradecemos a la Universidad Politécnica Salesiana, nuestro segundo hogar, por brindarnos una formación intachable e inculcarnos valores que van más allá de los conocimientos académicos. Gracias a todos los maestros que nos guiaron en este camino de la carrera de ingeniería civil, gracias por compartir su sabiduría e inspirarnos con su compromiso y conocimiento.

Un agradecimiento muy especial a nuestro tutor, el Ingeniero Leonardo Echeverría Fabre, cuyo apoyo incondicional, conocimiento, paciencia y compromiso nos enseñó valiosas lecciones. Gracias por confiar en nosotras y en nuestro potencial, le agradecemos su generosidad al compartir sus conocimientos.

De manera muy importante y especial, queremos expresar nuestro agradecimiento al Ingeniero Christian Merchán, quien ha sido un buen amigo, profesor y apoyo, gracias por orientarnos y apoyarnos incondicional en todo el trayecto que conlleva a tener nuestro título de ingenieras civiles.

Finalmente nos gustaría expresar nuestro más profundo agradecimiento a todos los que han contribuido de una forma u otra a nuestra formación.

Con amor, gratitud y cariño.

Mayra Mariuxi Montes Murillo
Geralyne Gabriela Ladines García

DEDICATORIA

Con el corazón muy agradecido, le dedico este Proyecto de Titulación a quienes han sido mi fortaleza y guía durante esta etapa llena de desafíos, experiencias enriquecedoras y mucho aprendizaje.

A Dios, por hacerme sentir su presencia en los momentos más duros, cuando llegué a pensar que no lograría alcanzar esta meta tan anhelada. Con su infinita misericordia, me brindó entendimiento y fortaleza para levantarme y volver a empezar.

A mi mamá, Sonia Murillo Llor, de una forma muy especial, porque Dios no pudo haberme dado una mejor madre. Sin ella, este logro no habría sido posible. Por su amor incondicional, su entrega sin límites, por ser mi ejemplo de constancia y perseverancia, y por enseñarme que las metas se alcanzan con esfuerzo y dedicación. Gracias mamita, por tanto.

A mi hermano, Carlitos, por su apoyo incondicional a lo largo de este difícil camino recorrido. Gracias, ñaño, por tu predisposición y por estar siempre dispuesto a ayudarme. Gracias por acudir a mis llamados cuando más lo necesitaba.

A mis hijos, Jared y Danna, mi mayor bendición, mi motor y mi inspiración diaria para ser mejor persona y profesional. Este logro también es de ustedes, porque cada día de mi ausencia como mamá fue un sacrificio enorme, siempre impulsado por el firme propósito de brindarles un mejor futuro. Deseo que se sientan orgullosos de tener una madre profesional y que encuentren en mi esfuerzo un legado que inspire sus propias metas.

A mi esposo, Christian Merchán Sánchez, por su amor incondicional, su paciencia infinita y su apoyo constante. Gracias por ser mi compañero en cada paso de este camino, por brindarme tu confianza cuando más lo necesitaba y por estar siempre a mi lado, en los momentos de alegría y en los de dificultad. Te amo y agradezco profundamente todo lo que haces por mí.

A mi papi Walter Antonio Murillo Delgado, que, aunque está en el cielo, fue y sigue siendo una persona muy importante en mi vida, una de las personas que sé que estaría muy orgulloso. Te amo papi. Este logro es nuestro.

A mi compañera de tesis, la que con orgullo puedo llamar mi amiga, GERALYNE Ladines, no pude tener mejor compañera y amiga, no solo de tesis sino a lo largo de toda la carrera universitaria, hemos sido muy unidas, mi complemento perfecto, el mejor equipo siempre, que alegría poder compartir este logro contigo.

Gracias a todos y cada uno de ustedes, por ser mi red de apoyo, mi pilar fundamental y por acompañarme en este camino lleno de aprendizajes y retos.

Mayra Mariuxi Montes Murillo

DEDICATORIA

Quiero dedicar este proyecto a Dios y mi familia que son el motivo de mi esfuerzo, especialmente a mi abuela Gloria Sevilla Medina y la mejor de todas las mamás que me pudo tocar, sin el apoyo de ella no hubiese llegado a donde estoy. Agradezco a mi mamá Daysi García Sevilla por siempre estar apoyándome en todas mis decisiones, a mis hermanos y sobrinas por ser mis ganas de superarme, deseo lo mejor para ellos y a el mejor de todo los abuelos, al señor Abilio Gabriel García García por darme las fuerzas y no dejarme sola en toda la trayectoria hacia mi mejor futuro, aunque no puede estar en estas fechas importantes es mi motor y guía. A todos los miembros que conforman la familia García, quiero que se sientan orgullosos de mí y ser un ejemplo a seguir para mis hermanos y primos.

A mi papá José Bazán Bagui por ser esa figura paterna y por siempre darme ánimos de superación cuando más lo necesito.

A mi padrastro Ernesto Roque Fabier, por ser uno de los apoyos más importante en este trayecto para convertirme en ingeniera, gracias por enseñarme lo que se y apoyarme en mis estudios.

A mi entrenador Delmar Ponce León que siempre me aconseja todo el tiempo para tomar buenas decisiones cuando más lo necesito y por estar conmigo en los buenos y malos momentos.

A la amiga, compañera y dupla incondicional que me dio la universidad, Mayra Montes Murillo eres un pilar muy importante en mi vida, gracias por todos los momentos de risas y desvelos que compartimos juntas. Este proyecto será el mejor logro compartido, y no pude haber elegido mejor aliada de estrés y alegrías que tú.

Geralyne Gabriela Ladines García

RESUMEN

El presente proyecto técnico estudia todos los aspectos relacionados con la construcción de un puente peatonal al cual se denomina “DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PASO PEATONAL UBICADO EN EL KM 14.2 DE VÍA A LA COSTA, cantón Guayaquil”. Nace de la necesidad en prevenir y salvaguardar la integridad física de las personas que transitan y pasan por esas vías, lo cual conlleva mucho más allá de un diseño, un Plan de mejoras para el bienestar y el desarrollo de las actividades económicas que se realizan en los alrededores de esa zona.

Se ha realizado una investigación del entorno, condiciones ambientales, tráfico diario, influencia en la implementación de esta estructura, impacto ambiental, y se espera bajar las estadísticas de accidentes producidos por la falta de este puente peatonal, también se espera se pueda detener el número de fallecidos por no contar con este servicio a la comunidad.

El marco teórico, en la cual se definen conceptos necesarios para su implementación y planeación, la metodología utilizada estará detallada comenzando desde la necesidad y realidad del tráfico diario de personas en diferentes horarios, hasta los conceptos mismos de diseño que utilizan el uso de software como ayuda complementaria. Luego se planteará de acuerdo a la necesidad un plan de construcción en sus diferentes fases y en la cual se detalla además un presupuesto referencial que emplee costos favorables, mostrando además un cronograma de actividades en un tiempo determinado. Detallando su análisis y posterior resultado que se verá reflejado en un plano estructural definitivo, considerando las normas establecidas de acuerdo a la zona y carga de servicio que se necesiten, se redactara las observaciones y recomendaciones que este proyecto tiene como objetivo.

La accesibilidad en su construcción complementados con el uso de tecnología producirá trabajos directos e indirectos, y además será un lugar en el cual puedan descansar de las actividades diarias en sus diferentes horarios. La parte arquitectónica, se preocupa también por la estética, ya que se puede estar convencido de que será de gran atracción turística y fomentará un ingreso en la parte económica. Es de vital importancia que este proyecto sea accesible a todos en su planeación y construcción, se considera que será a manera de un proyecto piloto en el uso de estos tipos de puentes para el desarrollo cultural, laboral y social.

Motivados por tan necesario proyecto, se ha utilizado recursos propios sin esperar retribución alguna, creyendo que tendrá los resultados esperados en un breve tiempo, no cabe duda de que será de gran contribución a las generaciones venideras y se espera además que, en la administración actual, se considere como solución el uso de este paso peatonal y pueda realizarlo.

Se exponen también anexos, historia, formas y estadísticas y toda la información que amerite la

necesidad para la elaboración del presente proyecto en cuanto al entorno que lo rodea, todo eso que motivó a elegir este tema y a elaborar el desarrollo de este.

De antemano, se expresa que tienen en sus manos una valiosa información, la cual se espera, conceda ese bienestar y ya no tener que lamentar más accidentes en las vías.

Palabras claves: puente peatonal, seguridad vial de peatones, desarrollo económico, construcción de puente peatonal.

ABSTRACT

This technical project studies all aspects related to the construction of a pedestrian bridge which is called "Structural design of the pedestrian crossing located at km 14.2 on the Vía a la Costa, Guayaquil canton." It is born from the need to prevent and safeguard the physical integrity of the people who travel and pass through these roads, which entails much more than a design, an improvement plan for the well-being and development of the economic activities carried out in the surroundings of that area.

An investigation has been carried out of the environment, environmental conditions, daily traffic, influence on the implementation of this structure, environmental impact, and it is expected to lower the statistics of accidents caused by the lack of this pedestrian bridge, it is also hoped that the number can be stopped. of deaths due to not having this service to the community.

The theoretical framework, in which concepts necessary for its implementation and planning are defined, the methodology used will be detailed starting from the need and reality of daily traffic of people at different times, to the design concepts themselves that use the use of software such as complementary help. Then, according to the need, a construction plan will be proposed in its different phases and in which a reference budget that uses favorable costs is also detailed, also showing a schedule of activities in a certain time.

Detailing its analysis and subsequent result that will be reflected in a definitive structural plan, considering the standards established according to the area and service load that are needed, the observations and recommendations that this project has as its objective will be written.

The accessibility in its construction complemented by the use of technology will produce direct and indirect jobs and will also be a place where they can rest from daily activities at different times. The architectural part is also concerned with aesthetics, since one can be convinced that it will be a great tourist attraction and will encourage income in the economic part. It is vitally important that this project is accessible to everyone in its planning and construction; it is considered that it will be a pilot project in the use of these types of bridges for cultural, labor and social development.

Motivated by such a necessary project, our own resources have been used without expecting any remuneration, believing that it will have the expected results in a short time. There is no doubt that it will be of great contribution to future generations, and it is also expected that, in the current administration, the use of this pedestrian crossing is considered as a solution and can be carried out.

Annexes, history, forms and statistics and all the information that warrants the need for the development of this project in terms of the surrounding environment are also exposed, all that motivated us to choose this topic and to develop its development.

In advance, it is expressed that they have valuable information in their hands, which is expected to grant them well-being and no longer have to regret more accidents on the roads.

Keywords: pedestrian bridge, pedestrian road safety, economic development, construction of pedestrian bridge.

INDICE GENERAL

ABREVIATURAS	17
CAPÍTULO I	18
1.1 Introducción	18
1.2 Justificación	21
1.3 Problema de estudio	22
1.4 Objetivos	29
1.4.1 Objetivo general	29
1.4.2 Objetivos específicos	29
1.5 Ubicación	29
1.5.1 Área de estudio	32
1.5.2 Topografía	33
1.5.2.1 Tipología del terreno	33
1.5.3 Estudio de suelos, antecedentes	34
1.5.4 Caracterización geológica regional	35
1.5.4.1 Geología local	35
CAPÍTULO II	37
2.1 Marco teórico	37
2.2 Definición de puentes	37
2.2.1 Superestructura	38
2.2.1.1 Losa o tablero	38
2.2.1.2 Vigas	38
2.2.1.3 Clasificación de las vigas metálicas	39
2.2.1.4 Barandas o pasamanos	40
2.2.2 Infraestructura	41
2.2.2.1 Cimentación	41
2.2.2.2 Columnas de apoyo	42
2.2.2.3 Estribos	42
2.3 Clasificación de los puentes	42
2.3.1 Según su funcionalidad	43
2.3.1.1 Puentes peatonales	43
2.3.1.1.1 Característica de puentes peatonales	43
2.3.1.1.1.1 Normas que se aplican para el diseño estructural de un puente peatonal	44
2.3.1.1.1.2 Ancho mínimo para la circulación	45
2.3.1.1.1.3 Altura mínima para la circulación	45
2.3.1.1.1.4 Medidas mínimas para rampas	46
2.3.1.1.1.5 Dimensiones mínimas para descansos	47
2.3.1.1.1.6 Pasamanos	47

2.3.1.1.7	Altura libre	47
2.3.1.2	Puentes vehiculares	48
2.3.1.3	Puentes ferroviarios	48
2.3.1.4	Puentes mixtos (peatonales y vehiculares)	48
2.3.2	Según su estructura.....	49
2.3.2.1	Puente de Concreto Reforzado	49
2.3.2.2	Puente de Concreto Pre-esforzado	49
2.3.2.3	Puente de Concreto Postensado.....	49
2.3.2.4	Puente de Madera.....	49
2.3.2.5	Puente de Acero.....	49
2.3.3	Según su tipo de estructura	49
2.3.3.1	Puente Tipo Viga	49
2.3.3.2	Puente Colgante.....	50
2.3.3.3	Puente en Arco.....	51
2.3.3.4	Puente Cantiléver.....	51
2.3.4	Según sus características del puente por sus condiciones estáticas	52
2.3.5	Según el tiempo de vida	52
2.4	Material para puentes.....	52
2.4.1	Acero	52
2.4.2	Hormigón	52
2.5	Criterios para seleccionar el tipo de puente	53
2.5.1	Aspectos constructivos.....	53
2.5.2	Aspectos Económicos.....	53
2.5.3	Plazo de Entrega.....	53
2.5.4	Dispositivos de apoyo.....	53
2.5.5	Tipos de Dispositivos.....	54
2.5.5.1	Dispositivos Fijos	54
2.5.5.2	Dispositivos de expansión	54
2.6	Cargas en puentes.....	54
2.6.1	Cargas permanentes	54
2.6.2	Cargas Transitorias	54
2.6.3	Cargas laterales	54
CAPÍTULO III		55
METODOLOGÍA		55
3.1	Tipo de estudio.....	55
3.2	Enfoque	55
3.3	Población muestra y muestreo	55
3.4	Hipótesis.....	56
3.5	Métodos técnicos e instrumentos.....	56
3.5.1	Encuestas y entrevistas.	56

3.5.2	Estudio de campo.....	56
3.6	Análisis estructural.....	57
3.6.1	Comprender el comportamiento estructural.....	58
3.6.1.1	Modelado.....	58
3.6.1.2	Modelado de juntas y conexiones.....	59
3.6.2	Bases nominalmente rígidas	60
3.6.3	Verificación del modelo	61
3.6.4	Análisis por software.....	61
3.6.5	Tipos de análisis	62
3.6.6	Análisis de primer orden	63
3.6.7	Análisis de segundo orden	63
3.6.8	Efectos de segundo orden.....	64
3.6.9	Curva típica tensión-deformación para acero estructural.	65
3.6.10	Propiedades del material requeridas para el diseño.....	66
3.6.10.1	Fuerza.....	66
3.6.10.2	Tenacidad	69
3.6.10.3	Ductilidad. Estrés - comportamiento de deformación para acero.	69
3.6.10.4	Soldabilidad.....	70
3.6.10.5	Durabilidad.....	70
3.6.11	Estructuras de acero a la intemperie	70
3.6.11.1	Acero a la intemperie	70
3.6.11.2	Acero inoxidable.....	70
3.6.11.3	Curvas típicas de tensión-deformación para acero inoxidable y acero al carbono en estado recocido. ...	71
3.6.12	Innovaciones y tendencias en el uso del acero de alta resistencia.	72
3.6.12.1	Comparación de materiales: acero de alta resistencia vs. Alternativas convencionales	72
3.6.12.2	Características del Acero de Alta Resistencia.....	73
3.6.12.3	Proceso de Fabricación	73
3.6.12.4	Aplicaciones en la Construcción.....	73
3.6.12.5	Consideraciones de Diseño	73
3.6.12.6	Beneficios y Futuro.....	73
3.7	Características de las Estructuras Metálicas de Acero de Alta Resistencia	74
3.7.1	Ventajas de las Estructuras Metálicas de Acero de Alta Resistencia.....	74
3.7.2	Estructuras Metálicas de Acero de Alta Resistencia, Tipos Comunes	74
3.7.3	Puentes con Vigas de Acero de Alta Resistencia	74
3.7.4	Ventajas en la Construcción de las estructuras metálicas de acero de alta resistencia:.....	74
3.7.5	Normativas y estándares para el uso de acero de alta resistencia en la construcción	75
3.7.6	Normativas en los Estados Unidos	75
3.7.7	Cumplimiento de las normativas.....	75
3.7.8	Comparación del acero de alta resistencia con otros materiales de construcción:	76
3.7.9	Estructuras Metálicas de Acero Soldadas	76

3.7.10	Divisiones y categorización de las Estructuras de Acero Soldadas.....	77
3.7.10.1	Según el tipo de carga:.....	77
3.7.10.2	Según la forma de la estructura:.....	77
3.7.10.3	Según el método de soldadura:.....	77
3.7.10.4	Según la aplicación:.....	77
3.7.11	Tipos de Soldaduras Utilizadas en Estructuras de Acero.....	78
3.7.12	Ventajas y desventajas de cada tipo de soldadura	78
3.7.13	Diseño y Análisis de las Estructuras Soldadas	79
3.7.14	Normativas y códigos que se aplican en el diseño de estructuras soldadas	79
3.7.15	Tipos de acero utilizados en la construcción de estructuras soldadas.....	80
3.7.16	Influencia de las propiedades del material en la selección del acero para estructuras soldadas	81
3.7.17	Procesos estándar para fabricar y montar estructuras de acero soldadas	81
3.7.18	Procesos de montaje.....	82
3.7.19	Mantenimiento de estructuras de acero soldadas	82
3.7.20	Comportamiento ante Cargas	82
3.7.21	Protección contra la corrosión	83
3.7.22	Protección contra el fuego	83
3.7.23	Influencia de los tratamientos en el diseño y mantenimiento de la estructura	84
3.7.24	Sostenibilidad en la construcción con estructuras de acero soldadas	84
3.7.25	Innovaciones en la tecnología de soldadura para estructuras de acero	85
3.7.26	Tendencias emergentes en el diseño y construcción de estructuras de acero soldadas	85
3.7.27	Diseño de estructuras de acero soldadas para zonas sísmicas	86
3.7.28	Consideraciones especiales en la soldadura para estructuras ubicadas en zonas sísmicas	86
CAPÍTULO IV.....		88
MEMORIA DE CALCULO		88
4.1	Análisis estructural	88
4.1.1	Selección de materiales.....	88
4.1.1.1	Hormigón	88
4.1.1.2	Acero.....	88
4.1.1.3	Tipos de acero para el diseño:.....	89
4.1.2	Definición de secciones.....	91
4.1.3	Secciones utilizadas para el área de la escalera	91
4.1.4	Secciones utilizadas para las columnas de soporte:.....	92
4.1.5	Secciones utilizadas para las vigas de losa	93
4.1.6	Diseño de vigas.....	94
4.1.6.1	Propiedades del perfil I	95
4.1.7	Diseño de losa	98
4.1.8	Modelado de la estructura.....	98
4.2	Análisis de cargas:	99
4.2.1	Cargas Muertas	99

4.2.2	Cargas Vivas	100
4.2.3	Cargas Sísmica	100
4.2.4	Espectro de diseño de aceleraciones	102
4.2.5	Factor de comportamiento / Coeficiente de ductilidad	103
4.2.6	Cálculo del espectro de aceleración en el suelo.....	103
4.3	Combinación de Cargas.....	106
4.4	Periodo fundamental aproximado (NEC-SE-DS 2015, 6.3.3).....	107
4.5	Modos de Vibración de la Estructura	108
4.5.1	Modo 1 - Longitudinal	108
4.5.2	Modo 2 - Transversal.....	108
4.5.3	Modo 3 - Torsional	109
4.6	Deformación de la estructura	110
4.7	Comprobación de elementos estructurales	111
4.7.1	Para la combinación 1.2 D+1.6L+1SX.	111
4.8	Reacciones.....	112
4.8.1	Para la combinación 1.2 D+1.6L+1SY	112
4.8.2	Para la combinación SERVICIO,	112
4.8.3	Para la combinación SERVICIO,	113
4.8.4	Para los momentos en losa de compresión,	114
	CAPÍTULO V	116
	PRESUPUESTO REFERENCIAL	116
5.1	PRESUPUESTO REFERENCIAL.....	116
	CAPÍTULO VI.....	118
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	118
6.1	Conclusiones	118
6.2	Recomendaciones	118
	CAPÍTULO VII.....	119
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS Y ANEXOS	119
7.1	Referencias bibliografías	119

ABREVIATURAS

NEC	Norma Ecuatoriana de Construcción	
SAP 2000	Structure Assistent Program	
ATM	Autoridad Tránsito Municipal	
ACI	American Concret Institute	
ASTM	American Society for Testing and Materials	
LRFD	Load and Resistance Factor Design	
NTE INEN	Norma Técnica Ecuatoriana del Servicio Ecuatoriana Normalización	
RTE INEN	Reglamento técnico ecuatoriano del Servicio Ecuatoriana Normalización	
NTE INEN ISO	Norma Técnica Ecuatoriana del Servicio Ecuatoriana Normalización basada en una Norma ISO	
ISO	International Organization for Standardization (Organizacion Intenacional de Normalizacion)	
NEC- HS-AU	Norma Ecuatoriana de Construcción, Habitación y Salud - Accesibilidad Universal	
NEC SE-HM	Norma Ecuatoriana de Construcción	Hormigón armado
NEC SE-AC	Norma Ecuatoriana de Construcción	Acero estructural
NEC SE-DS	Norma Ecuatoriana de Construcción	Diseño sismorresistente
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials.	
MTOP	Ministerio de Transporte y Obras Publicas	
NEVI	Norma Ecuatoriana Vial.	

CAPÍTULO I

1.1 Introducción

En el Ecuador se ha venido implementando el uso de los pasos peatonales de acuerdo con el desarrollo y a la actividad económica de sus gobiernos, es decir en función de la demanda económica. Anteriormente se consideraban estructuras simples en las cuales no existía ningún tipo de normativa, lo construían de manera empírica. Por ese tiempo, en la década de los 80 y 90 no había mucho desarrollo en las carreteras y vías de acceso, por lo cual este tipo de estructuras pasaba inadvertido, y ya en el año 2000 cuando inició la revolución digital y cuando los pueblos comenzaron a intercambiar servicios, se construyeron carreteras modernas y con ello el flujo vehicular iba en aumento. Producto de esto, la mayoría de las personas que se encontraban muy distante de los pueblos empezaron a emigrar a las principales ciudades con la esperanza del cambio de vida que acrecentaba más y más en el sector comercial e industrial.

Ilustración 1. Crecimiento de población cercanas en la vía a la Costa, tramo desde el km 10 al km 24



Fuente: Diario El Comercio

Debido a esto, el cambio obligado de hábitos, debido a la obtención de un puesto de trabajo o la conservación del mismo, obligaba a penetrar en el ámbito urbano, que de por sí ya notaba la agilidad en el recorrido diario de las personas. Por este motivo, las personas utilizaban las vías más cortas a nivel de calle, muchas veces omitiendo el peligro por la velocidad de los vehículos y así, en el transcurso de los años, el incremento de vehículos además de ser un desarrollo útil para el transporte se convirtió en un peligro para todo aquel que pasaba por una vía, solo o acompañado.

Surge una problemática, los accidentes a diario, dejando no solo heridos sino también fallecidos. Según datos de La Agencia Nacional de Regularización y Control del Transporte Terrestre quien es el ente encargado de la seguridad del tránsito y la seguridad vial en el Ecuador, informa que los peatones fallecidos, en un 35% de los casos ocurre en rectas de carreteras convencionales mientras el 26% de los siniestros tienen lugar en autopistas o autovías en rectas.

En 2023 se registraron 20994 siniestros de tránsito, de los cuales 2373 personas fallecieron. En comparación con el año 2022 aumentó en un 7,7%. Hasta octubre del 2024, según un portal de noticias investigativo denominado “Primicias”, en el Ecuador se registra 1832 fallecidos por accidentes en Guayaquil lo que corresponde como estadística que una persona cada cuatro horas, pierde la vida. Así lo reflejan las cifras publicadas por la Agencia Nacional de Tránsito ANT, en el que revela a Guayas como la provincia con el mayor número de víctimas.

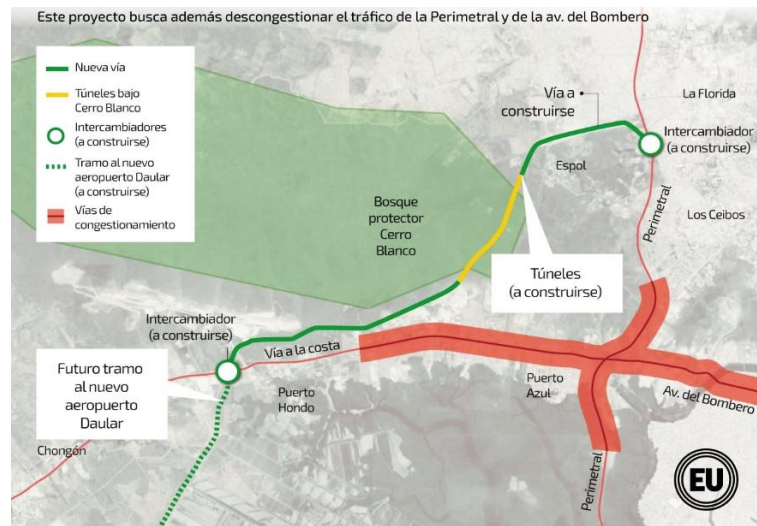
Al Estado le urge implementar leyes con compromisos claros y recursos para una movilidad segura, que dentro del marco legal sancione a quienes sean irresponsables.

A los estudiantes de Ingeniería, les compete realizar proyectos para el bienestar de la sociedad y para evitar toda esta situación que trágicamente ha ido en aumento, es un compromiso como profesionales crear este tipo de proyectos que disminuya y evite totalmente más accidentes no solo en Guayaquil sino también a nivel nacional. Por lo que se ha elaborado este diseño de puente peatonal, moderno, seguro y que cumple las solicitudes diarias a cada usuario y que además es parte de nuestra tesis de proyecto para la obtención del título de Ingeniera Civil.

En la Vía a la Costa Km 14,2 el flujo vehicular ha ido en aumento, siendo este un peligro ya que al no haber pasos elevados las personas ponen en riesgo sus vidas al tratar de cruzar la vía. El paso peatonal será construido con materiales resistentes, de hormigón armado y estructura metálica. El paso peatonal no solo debería tener características funcionales de servicio sino también estéticos.

Los puentes peatonales pueden ser algunas de las estructuras más estéticas que existen y, a menudo, son la pieza central de un desarrollo en una ciudad, pero su diseño tiene algunas consideraciones y peculiaridades especiales que son exclusivas de ellos, por lo que es importante contar con conocimientos y experiencia específicos.

Ilustración 2. Vía a la Costa, enlace entre Guayaquil y Proyección de nuevo aeropuerto Daular



Fuente: <https://www.google.com/search?q=Km.+14.2+de+la+V%C3%ADa+a+la+Costa+Cant%C3%B3n+Guayaquil>.

De manera similar a otros problemas de ingeniería estructural, el puente se modela dentro de un producto de software de ingeniería estructural y se le aplica la carga de diseño de acuerdo al tráfico diario. Las combinaciones de carga se modelan de acuerdo con el código de diseño que se esté utilizando y se utiliza la carga más desfavorable en cada elemento para el diseño, independientemente de la combinación de carga.

Un obstáculo importante para los peatones de la Vía a la Costa Km 14.2, es cruzar a pie, puede no sólo ser un desafío, sino que también peligroso. Así, se ha propuesto construir un puente peatonal que permitiría un cruce seguro de un punto a otro por esta transitada carretera. Los pasos elevados construido exclusivamente para peatones son de importancia para evitar peligros en la vía como lo son los atropellos y también se diseñará para personas de movilidad condicionada.

1.2 Justificación

La construcción y el diseño estructural del Paso Peatonal en el Km. 14.2 de Vía a la Costa, es crucial para los habitantes aledaños al sitio, para proteger la vida de estos, puesto que el aumento constante del flujo vehicular en la Vía subraya la necesidad de estas obras, para mejorar la seguridad vial. Con estas nuevas infraestructuras, los residentes y transeúntes de la Vía a la Costa tendrán acceso a rutas más seguras, alineándose con el compromiso de la Alcaldía de Guayaquil de mejorar la calidad de vida y la seguridad vial en la ciudad.

Los pasos peatonales no solo mejorarán la seguridad vial, sino que también ofrecerán a los transeúntes espacios cómodos y funcionales. Estas infraestructuras estarán equipadas con ascensores, zonas de descanso con quioscos, pérgolas, mobiliario urbano, estacionamientos para bicicletas, bancas de acero y sistemas de iluminación LED. Además, se implementará un sistema de riego por goteo y se sembrarán nuevas especies arbóreas, contribuyendo a la mejora del paisaje y el entorno. Las personas que transitan diariamente por estos puntos se beneficiarán de estas nuevas infraestructuras, que forman parte del plan de la Municipalidad de Guayaquil para mejorar la seguridad vial y la calidad de vida de los ciudadanos. La creciente densidad vehicular en la Vía a la Costa ha hecho que estas obras sean indispensables para garantizar un cruce seguro de peatones.

Ilustración 3. Centro comercial situado cerca del proyecto de Paso peatonal, km 14.2 de Vía a la Costa



Fuente: Fotografía satelital, Google Earth

En concordancia con las normativas NEC, AASHTO Y LRFD, se podrá obtener una comprensión del diseño y su capacidad estructural e identificar posibles áreas de fallas que puedan requerir mantenimiento en un tiempo futuro.

1.3 Problema de estudio

Según la ANT, son varias las causas por las que se producen accidentes de tránsito en las vías del Ecuador, y tienen que ver, sobre todo, con el comportamiento de los conductores, con su descuido y malas prácticas a la hora de manejar. Impericia e imprudencia, irrespeto a las señales de tránsito, exceso de velocidad, mal rebasamiento e invasión de carril, imprudencia del peatón, embriaguez o droga, son algunas de estas causas. Todas corresponden, en general, a la mala conducción.

Entre 2016 y 2017 se registraron 56 560 accidentes de tránsito en las carreteras del país. Estas cifras elevadas y aterradoras se han mantenido (con ligeros cambios) durante los últimos años, y han provocado que las autoridades busquen reducir los riesgos mediante la instalación de foto radares y la realización de más controles en las vías. Pero las cifras no se han reducido demasiado, ya que gran parte de los accidentes tienen relación directa con el comportamiento irresponsable de los conductores. Solo la neumonía y las enfermedades cardiovasculares (ubicadas en primero y segundo lugar como las mayores causas de mortalidad en el Ecuador) superan a la cifra de muertos que dejan anualmente los siniestros de tránsito.

De todos los accidentes registrados el año pasado, los choques, los atropellos y los estrellamientos representan un 75,5%, y han dejado 1 967 fallecidos. La causa principal, como se mencionó antes, fue la impericia e imprudencia de los conductores, que abarcó el 51,9% de los accidentes, seguida por el irrespeto a las señales de tránsito con el 13,4%, y por el exceso de velocidad con el 12,4%.

A pesar de esto, el irrespeto por las señales de tránsito no ha sido tan fatal como el exceso de velocidad, ya que este factor es la segunda causa de muertes, con 259 víctimas, solo superada por la desatención en la vía con 736. Además, 39 personas fallecieron atropelladas el año pasado como consecuencia directa del exceso de velocidad de los conductores.

Ilustración 4. Peatones intentando cruzar a pie el doble carril, km 14.2 de Vía a la Costa



Fuente: Fotografía satelital, Google Earth

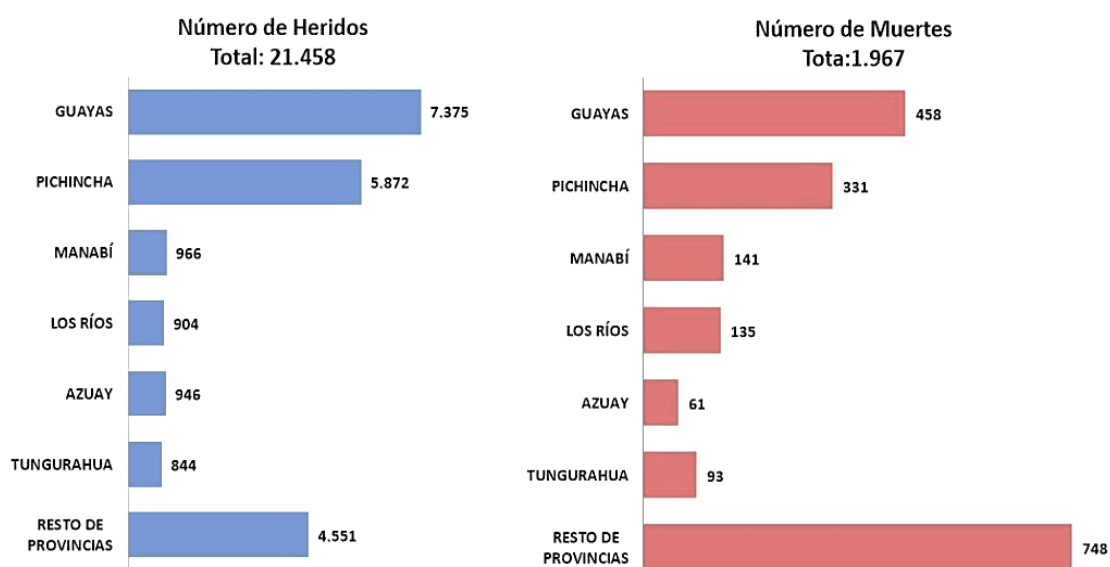
Ilustración 5. Paso cebra a pocos metros no utilizado por imprudencia de los peatones, km 14.2 de Vía a la Costa



Fuente: Fotografía satelital, Google Earth

Las provincias con mayor número de heridos y muertos son Guayas, con 7 375 personas heridas y 458 fallecidos, y Pichincha, con 5 872 heridos y 331 fallecidos. Otro dato a tener en cuenta es que sábado y domingo son los días con mayor número de fallecimientos por accidentes de tránsito. Estos números tienen relación directa con el consumo de alcohol y el irrespeto por los límites de velocidad que se producen, sobre todo, durante los fines de semana. Relacionado con lo anterior, y debido a que los límites de velocidad son más altos en las zonas rurales que en las urbanas, el mayor porcentaje de fallecimientos se da en estas zonas exteriores a la ciudad.

Ilustración 5. Imagen tomada del Anuario de Transporte, del Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC).

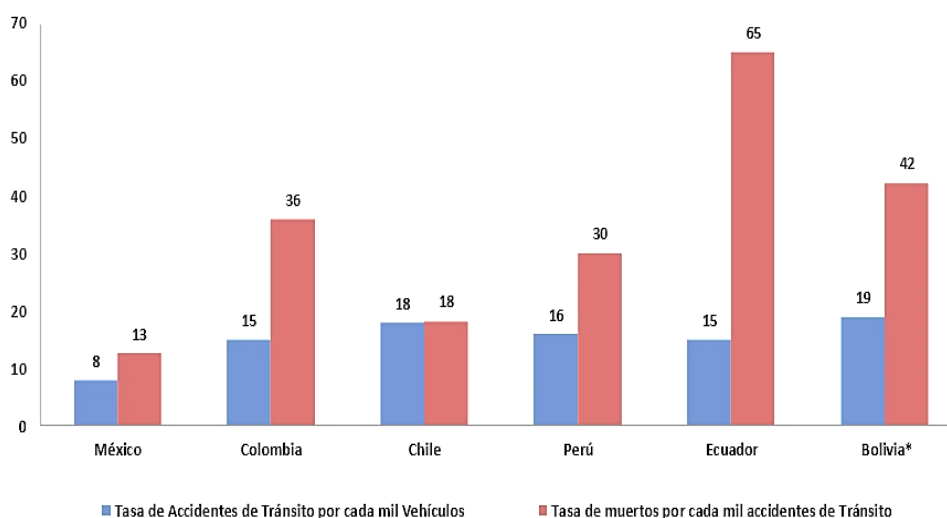


Fuente: Anuario de Transporte. Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC)

Es inevitable preguntarse si estas cifras se dan únicamente en Ecuador. La verdad es que, a pesar de que países como Bolivia y Colombia tienen estadísticas similares, Ecuador registró la cifra más alta en

Latinoamérica con 65 muertes por cada mil accidentes de tránsito.

Ilustración 6. Imagen tomada del Anuario de Transporte, del Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC).



Fuente: Anuario de Transporte. Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC).

Actualmente, en el km 14,2 de la Vía a la Costa, se cuenta con una alta demanda de Urbanizaciones, sumado a la Plaza Comercial donde se encuentra Mi Comisariato, varios restaurantes, gimnasio, etc., que amplían la cobertura comercial del sector y los ciudadanos se ven obligados a crear situaciones peligrosas, para cruzar la carretera sin un paso elevado adecuado, lo que conlleva a múltiples accidentes, debido a la falta de semáforos, pasos cebra y/o puente peatonal, que garanticen la seguridad del peatón.

Cada año aumenta el flujo vehicular que transita por la Vía a la Costa, lo que hace necesaria esta obra y debido a que la autopista es de alta velocidad y al no existir elementos de seguridad como semáforos y pasos cebra muchas personas se arriesgan a cruzar de manera peligrosa.

Ilustración 7 y 8. Paso de vehículos a exceso de velocidad.



Fuente: Fotografía satelital, Google Earth

Los grupos de personas que transitan este sector se dividen de acuerdo al horario y su necesidad, es decir para el sector productivo, las edades oscilan entre los 17 y 50 años y personas que llevan a sus hijos a las entidades educativas cercanas, evidentemente sus edades tempranas impiden a cruzar con velocidad las carreteras lo que produce más impacto emocional en la seguridad diaria.

El alcalde Aquiles Álvarez se refirió a este tema en su enlace radial de este 15 de agosto de 2024. “La Vía a la Costa es uno de los sectores donde más obras se han contratado como los dos pasos peatonales que pidió por mucho tiempo la gente del sector”, (Nelson, 2024).

Detallando un sistema generalizado de este tipo de estructura en la ciudad de Guayaquil, mediante un levantamiento general, se ha determinado los más principales pasos peatonales, considerando su longitud y material, a continuación:

Tabla 1. Lista de puentes peatonales en Guayaquil, Ecuador

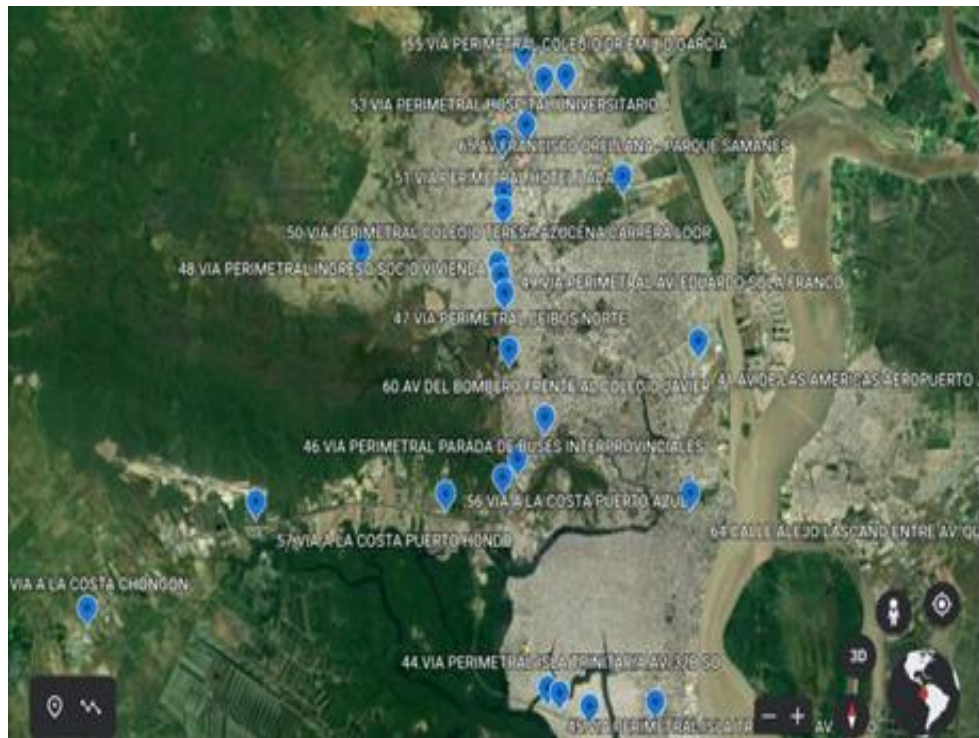
No.	Nombre	Longitud	Material
1	Base Naval Sur	65.00	Hormigón
2	Registro Civil Sur	67.50	Hormigón
3	Hospital Del IESS Sur	66.70	Hormigón
4	Entre Cdla Las Acacias Y Cdla Villamil	68.60	Hormigón
5	Entre Cdla Las Acacias Y Cdla La Saiba	68.60	Hormigón
6	José De Antepara y García Goyena	22.74	Hormigón
7	Julián coronel y Lorenzo De Garaycoa	40.01	Hormigón
8	Av. Pedro Menéndez Entre Sala De Velación y Cementerio General	45.63	Hormigón
9	Av. Pedro Menéndez Entre Cdla. La FAE Y Cdla Rio Guayas	47.25	Hormigón
10	Av. Pedro Menéndez Base Naval Norte	46.12	Acero
11	Av. Constitución Entre Mall Del Sol Y Hotel Sheraton	43.85	Acero
12	Av. Carlos Luis Plaza Dañín Frente A Hogar San José	25.00	Hormigón
13	Av. Carlos Luis Plaza Dañín Entre Policentro y Plazaquil	40.00	Hormigón
14	Av. 9 de octubre Y Puente 5 de junio	35.00	Acero
15	Av. Carlos Julio Arosemena Frente A La Universidad Católica	38.35	Hormigón
16	Av. Carlos Julio Arosemena Frente A Colegio 28 de mayo	32.35	Acero
17	Av. Carlos Julio Arosemena Frente a La Universidad Santa María Casa Grande	42.08	Hormigón
18	Av. Benjamín Carrión y Av. Juan Tanca Marengo	24.30	Hormigón
19	Av. Martha Bucaram Entre Comisariato Y Los Ceibos	39.45	Hormigón
20	Av. Martha Bucaram Centro Comercial El Roble	45.60	Hormigón
21	Av. Martha Bucaram (Vía Daule) Entre Prosperina y Mapasingue Este (AGA)	44.30	Hormigón
22	Av. Martha Bucaram Frente A Colegio Dolores Suces	45.40	Hormigón
23	Av. Barcelona Frente Al Estadio Monumental Barcelona S.C.	380.32	Hormigón
24	Av. Juan Tanca Marengo Frente A Ciudadela Martha De Roldós	36.00	Hormigón
25	Av. Jhon Fitzgerald Kennedy Frente A Cdla. Bolivariana	28.50	Hormigón
26	Av. Jhon Fitzgerald Kennedy Frente Al Colegio La Merced	30.80	Hormigón
27	Av. Benjamín Rosales Cdla. Santa Eleonor	30.25	Acero
28	Av. Benjamín Rosales Terminal Terrestre	65.68	Hormigón
29	Autopista Terminal Pascuales Coop. Limonal	61.50	Hormigón
30	Autopista Terminal Pascuales Juan Pablo II	61.70	Hormigón
31	Autopista Terminal Pascuales Vergeles	62.00	Hormigón
32	Autopista Terminal Pascuales Los Geranios	61.70	Hormigón
33	Autopista Terminal Pascuales Mucho Lote	62.96	Hormigón
34	Autopista Terminal Pascuales Cdla Metrópolis	61.83	Hormigón
35	Av. De Las Américas Aguirre Abad	54.17	Acero
36	Luis Cordero Crespo Aguirre Abad	46.92	Hormigón
37	Av. De Las Américas Dirección Zonal De Aviación Civil	44.12	Acero
38	Av. De Las Américas Centro De Convenciones	45.00	Acero
39	Av. De Las Américas Aviación Naval	44.36	Acero

40	Av. De Las Américas Cdla Simón Bolívar	53.72	Acero
41	Av. De Las Américas Aeropuerto José Joaquín De Olmedo	51.40	Acero
42	Av. Pio Jaramillo Cdla Coviem	60.45	Acero
43	Vía Perimetral Isla Trinitaria Pai #21	66.70	Acero
44	Vía Perimetral Isla Trinitaria Av. 32b So	37.70	Hormigón
45	Vía Perimetral Isla Trinitaria Av. 34 So	36.90	Hormigón
46	Vía Perimetral Parada De Buses Interprovinciales	46.40	Hormigón
47	Vía Perimetral Ceibos Norte	47.00	Hormigón
48	Vía Perimetral Ingreso Socio Vivienda	43.74	Hormigón
49	Vía Perimetral Av. Eduardo Sola Franco	66.60	Acero
50	Vía Perimetral Colegio Teresa Azucena Carrera Loor	63.35	Hormigón
51	Vía Perimetral Hotel Lada	45.70	Hormigón
52	Vía Perimetral Mall Del Fortín	76.20	Hormigón
53	Vía Perimetral Hospital Universitario	46.70	Hormigón
54	Vía Perimetral Cerro El Jordán	48.70	Hormigón
55	Vía Perimetral Colegio Dr. Emilio García	43.90	Acero
56	Vía A La Costa Puerto Azul	45.75	Hormigón
57	Vía A La Costa Puerto Hondo	48.10	Hormigón
58	Vía A La Costa Chongón	32.75	Hormigón
59	Av. Del Bombero Frente Al Rio Centro - Los Ceibos	74.05	Hormigón
60	Av. Del Bombero Frente Al Colegio Javier	40.56	Hormigón
61	Av. Marcel Laniado de Wind - Terminal Bastión Popular - Cdla - Montebello	29.25	Acero
62	Av. Camilo Ponce Enrique, Terminal Satélite (Pascuales)	71.00	Acero
63	Av. Casuarina Monte Sinaí	20.00	Hormigón
64	Calle Alejo Lascano Entre Av. Quito Y Av. Machala	16.00	Hormigón
65	Av. Francisco Orellana - Parque Samanes	74.50	Hormigón
66	Av. Barcelona Frente Al Estadio Monumental Barcelona S.C.	380.32	Hormigón

Fuente: Tesis T-70641, Universidad Espol

Los pasos peatonales en la ciudad de Guayaquil, dependiendo donde se encuentran ubicados, tienen en común esta característica: longitudes medianas-cortas, comparados con los construidos en otros países. La longitud promedio de estos pasos peatonales en Guayaquil es de 58.17 m. En la tabla 1, se observa que hay muy pocos puentes construidos de estructuras metálicas.

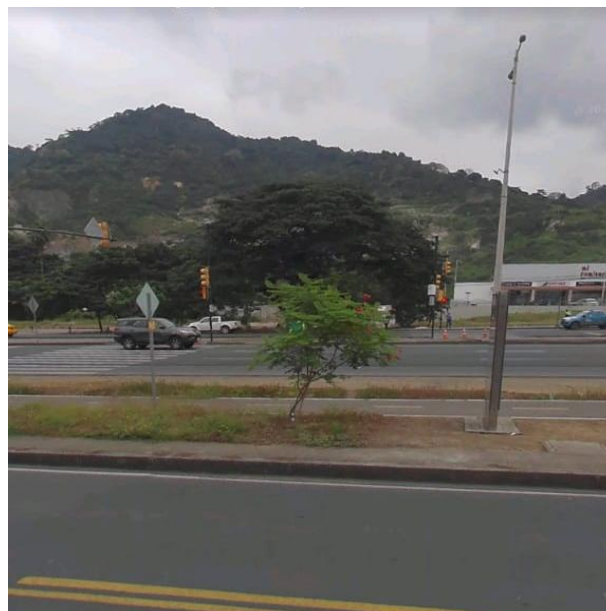
Ilustración 9. Ubicación de puentes peatonales en Guayaquil hasta 2019.



Fuente: Tesis T-70641, Universidad Espol

Se espera un incremento en estas cifras, ya que se tienen proyectados más pasos peatonales en las zonas donde se evidencia mayor crecimiento poblacional como es Vía la Costa, en la cual ya se ha informado la posibilidad de construir tres nuevos pasos peatonales en los próximos meses (ATM, 2019).

Ilustración 10. Necesidad de puente peatonal en el km 14.2 de vía a la costa.



Fuente: Fotografía satelital, Google Earth

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general.

Diseñar la estructura del Paso Peatonal, ubicado en el Km. 14.2 de Vía a la Costa, Cantón Guayaquil, con el propósito de garantizar la seguridad y comodidad de los peatones y mejorar el flujo vehicular sobre esta arteria vial.

1.4.2 Objetivos específicos.

- Analizar las condiciones actuales del tráfico vehicular y peatonal en el Km. 14.2 de Vía a la Costa, para determinar los riesgos y necesidades específicas de la zona, de un paso peatonal.
- Cuantificar el número de personas que serán beneficiadas con el proyecto.
- Realizar el levantamiento topográfico de la zona a intervenir y obtener los estudios de suelos, para garantizar el diseño del puente.
- Realizar el cálculo estructural, aplicando las normas apropiadas y comprobar los cálculos alcanzados, mediante la aplicación del software SAP 2000, por el método LRFD, para la superestructura del puente.
- Elaborar un presupuesto referencial, para la ejecución del proyecto.

1.5 Ubicación

Una vez realizados los estudios donde están ubicados estas estructuras y la posibilidad a tiempo futuro de construir estos puentes peatonales, ya en el año 2019 se tenía previsto la construcción de la misma. Teniendo en cuenta el objetivo de la investigación se escogió como caso de estudio el Paso Peatonal elevado que estará ubicado en el Km. 14.2 de Vía a la Costa, Cantón Guayaquil, tal y como se indica en las Ilustraciones 11, 12, 13 y 14.

La avenida cuenta con un importante flujo vehicular, cuyos pasos peatonales tienen en funcionamiento más de 20 años. Su localización geográfica es: 2° 10' 59" S y 79° 59' 47" W.

Ilustración 11. Ubicación del proyecto paso peatonal km 14.2 de vía a la Costa



Fuente: Fotografía satelital, Google Earth

Se visualiza en esta imagen satelital más ampliada, que el proyecto *Paso peatonal km 14.2 de vía a la Costa*, se encuentra dentro de un sector contiguo a un área forestal que aún no está poblada, en el frente está una urbanización y en ese lado de la vía existen numerosos centros comerciales, que cerca de Guayaquil, se constituye en un brazo de unión estratégico.

Ilustración 12 y 13. Ubicación del proyecto paso peatonal km 14.2 de vía a la Costa



Fuente: Fotografía satelital, Google Earth

Ilustración 14. Proyección del Puente peatonal en proyecto Km 14.2 de Vía a la costa



Fuente: Fotografía satelital, Google Earth

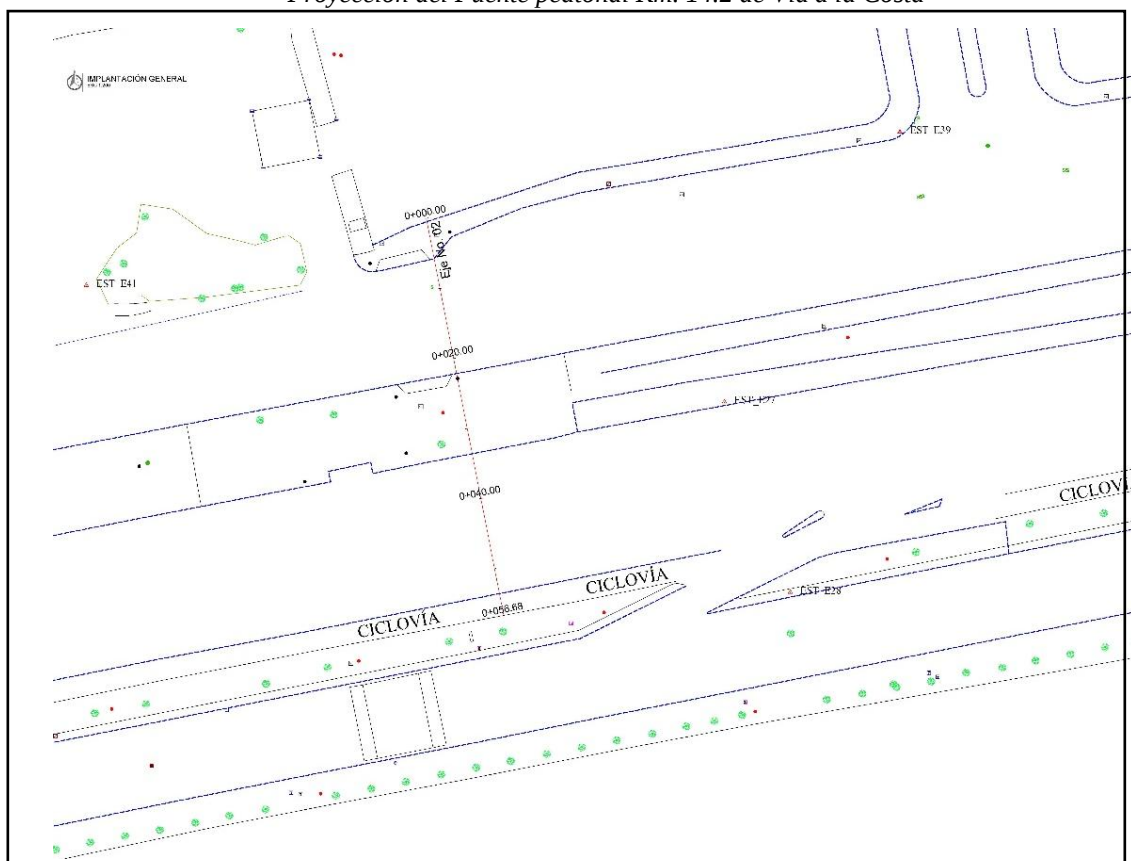
1.5.1 Área de estudio

En la actualidad y viendo la necesidad de la construcción de este tipo de estructuras, se define la construcción del Paso Peatonal elevado que estará ubicado en el Km. 14.2 de Vía a la Costa, Cantón Guayaquil.

Existe alrededor de más de veinte conjuntos habitacionales que inician desde Puerto Azul, el sector más cercano al barrio Los Ceibos. La tranquilidad del manglar es el refugio perfecto del estrés de la ciudad. Las urbanizaciones además cuentan con supermercados, restaurantes, bares y lugares de entretenimiento a lo largo de la vía.

Ilustración 15. Topografía del proyecto

Proyección del Puente peatonal Km. 14.2 de Vía a la Costa



Fuente: Ilustración en Autocad 2024, Diseño propio

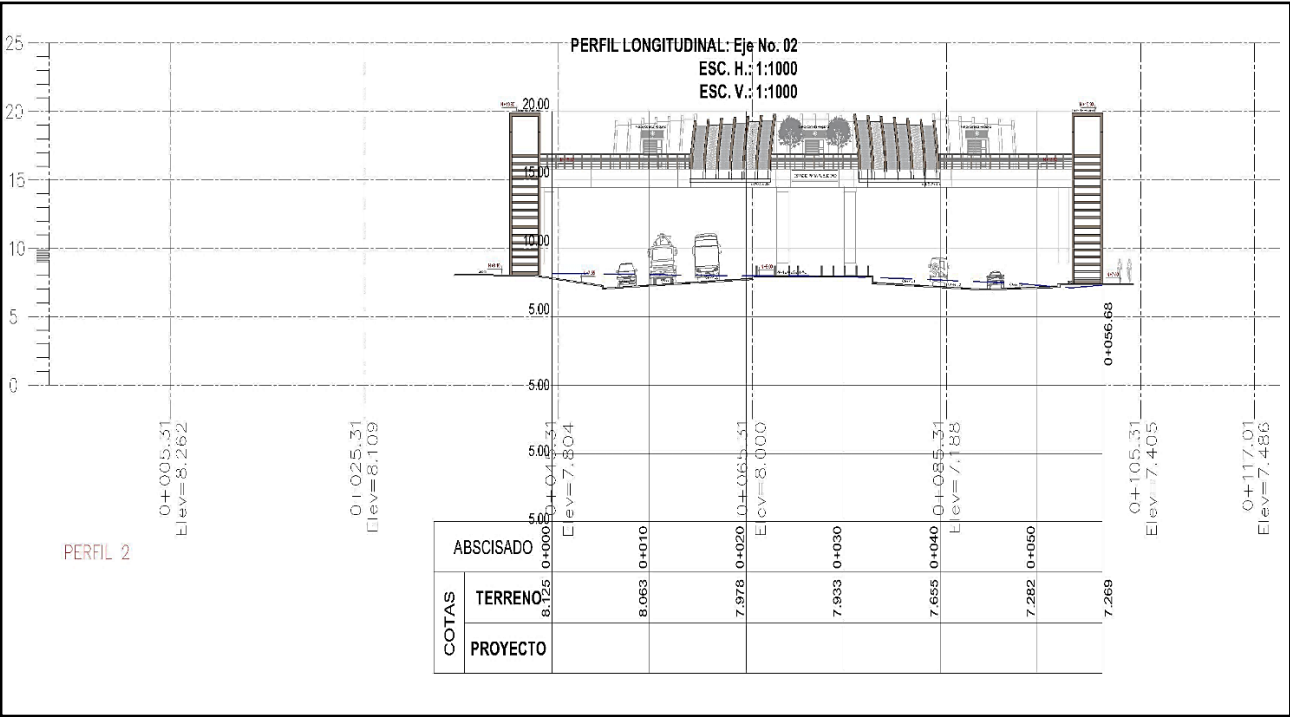
1.5.2 Topografía

1.5.2.1 Tipología del terreno

Relieve colinado medio. Estos relieves se encuentran en la vía a la costa en el sector de la Estancia y en La Fábrica de cemento Holcim, tiene cimas redondeadas con pendientes que varían de 40% a 70% con un desnivel relativo menor a 50m, están constituidos por calizas bioclásticas, microcristalinas, correspondientes a la formación San Eduardo. Este tipo de relieve también se encuentra en el sector de las Orquídeas, cinco de junio, bastión popular.

Su litología corresponde a areniscas meteorizadas color amarillo y limonitas de color verde perteneciente a la formación Cayo.

Ilustración 16. Topografía del proyecto, cotas existentes

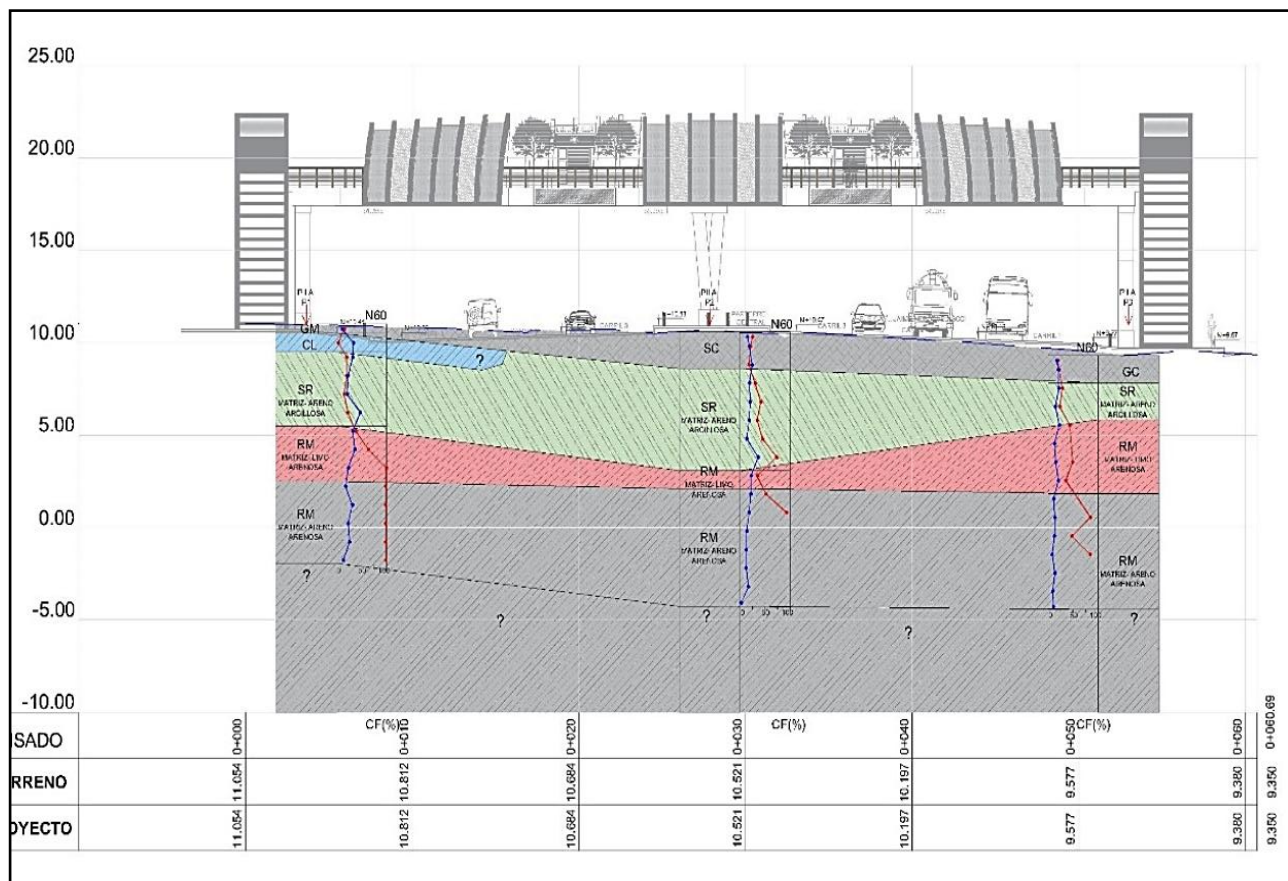


Fuente: Ilustración en AutoCAD 2024, Diseño propio

1.5.3 Estudio de suelos, antecedentes

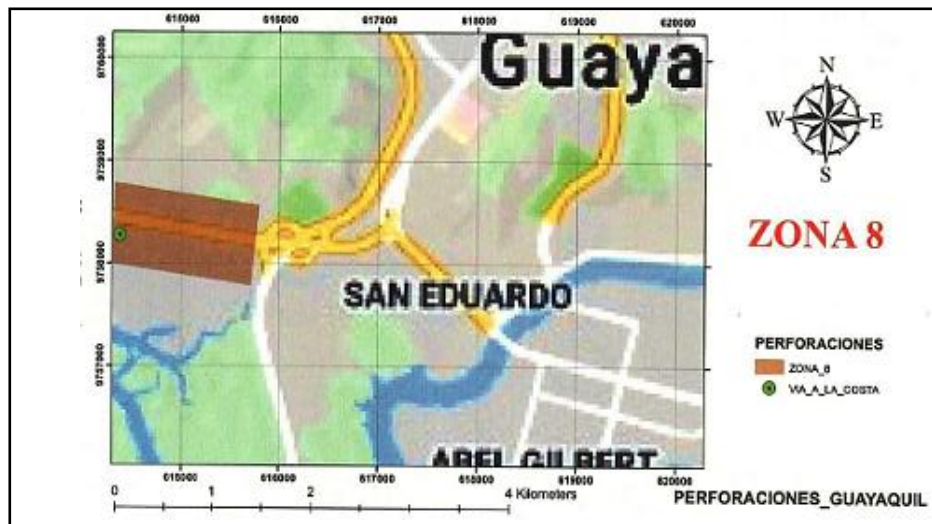
Tomando en cuenta que las vías se asientan en base de materiales pétreos y éstas se encuentran sobre el terreno natural, es de vital importancia conocer la litología del suelo en el que se proyecta realizar la vía con el fin de conocer y brindar ciertos parámetros acorde al tipo de suelo presente en el área de estudio.

Ilustración 17. Estudio de suelos del proyecto paso peatonal km 14.2 de Vía a la costa



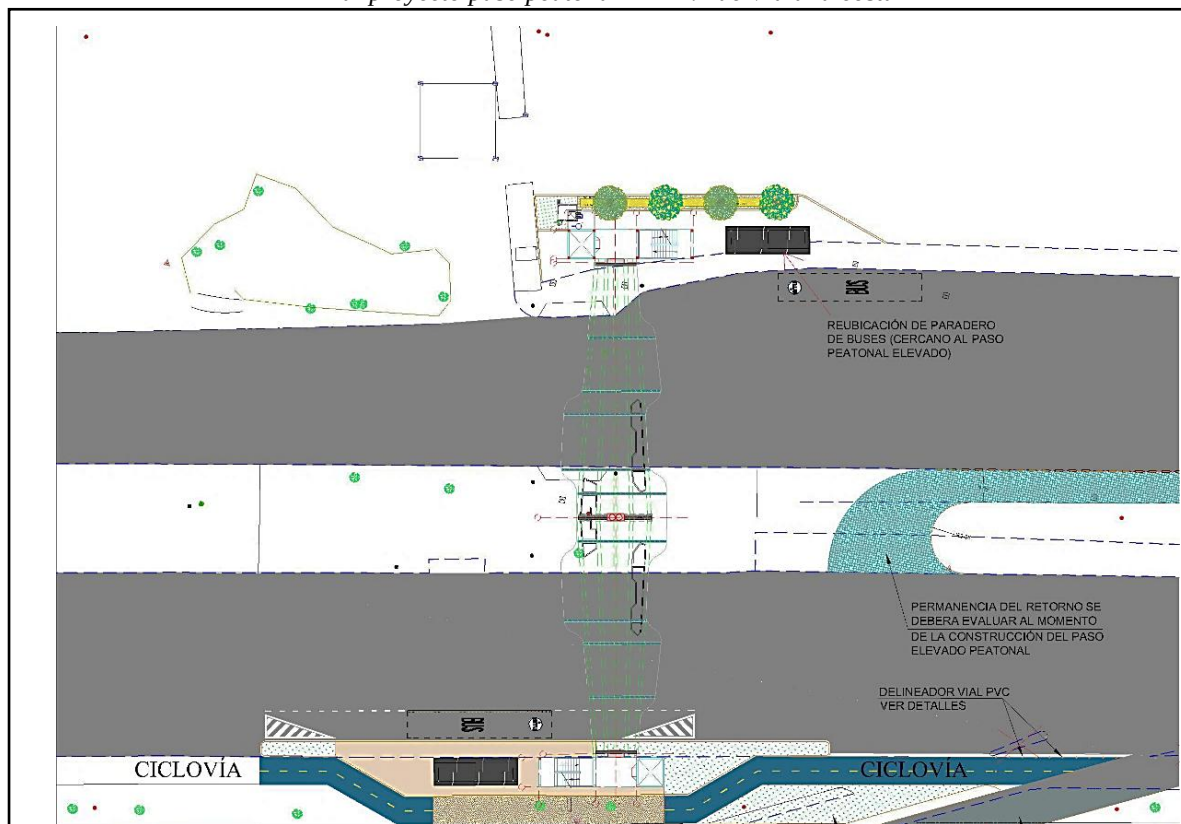
Fuente: Ilustración en Autocad 2024, Diseño propio

Ilustración 20. Zonificación geotécnica del proyecto paso peatonal km 14.2 de Vía a la costa



Fuente: Google, Caracterización geotécnica, <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/>

Ilustración 21. Zona con proyección comercial y turística, con Ciclovía cercana al proyecto paso peatonal km 14.2 de Vía a la costa



Fuente: Ilustración en Autocad 2024, Diseño propio

CAPÍTULO II

2.1 Marco teórico

Basándose en el concepto de seguridad vial y que su necesidad consiste en proteger la vida de las personas dentro de un entorno de carreteras de primer orden hasta las más sencillas vías de comunicación es necesario abordar esta rama de la Ingeniería para la planificación y construcción de un puente peatonal. Esta estructura que se ha venido implementando en países de primer nivel, nos motiva a utilizarlas en beneficio de la comunidad en general y viendo la necesidad de su uso en el lugar de proyecto por el continuo crecimiento de vehículos en ese sector, es que se considera estudiar los antecedentes de este tipo de estructuras.

Este tipo de estructuras se encuentran en constante innovación de ingeniería y el uso de la tecnología digital hacen que este modelo de puentes sea visualizado y permite su construcción inmediata. Analizando los parámetros naturales del sitio mediante estudios del suelo, geografía, condiciones meteorológicas, hidrología, podemos decir que son ventajosas y evitara costos adicionales por mejoramiento o implementación de estructuras que mejoren las condiciones de su construcción.

El marco referencial definirá y explicará de forma clara las preguntas de investigación, los objetivos a alcanzar y siempre tendrá en cuenta el contexto en el que se desarrollará el proyecto de investigación. Es necesario considerar variantes claves para construir esta estructura, el material a utilizar, como el acero estructural (es un material importante para el diseño de puentes), así como el concepto mismo de los pasos elevados peatonales en general.

Además, se analizará la historia de los pasos peatonales elevados, sus características, la importancia de su diseño, y sus posibles problemas y comportamiento estructural ante diferentes situaciones. Se determinará además estadísticas conceptuales que confirmen la disminución de riesgos o accidentes que es el fin primordial del uso de estos puentes considerando además que aumentará el comercio y el mejoramiento al servicio de la comunidad.

2.2 Definición de puentes.

Un puente es una obra que se construye para salvar un obstáculo dando así continuidad a una vía. Suele sustentar un camino, una carretera o una vía férrea, pero también puede transportar tuberías y líneas de distribución de energía. (Ing. Arturo Rodríguez Serquén, 2014)

Se define al tipo de estructura que permite el paso desde un lado hacia el otro. Un puente es la “Obra de arte especial requerida para atravesar a desnivel un accidente geográfico o un obstáculo artificial por el cual no es posible el tránsito en la dirección de su eje” (Escudero, 2003, p. 7), permitiendo el tránsito adecuado de vehículos y peatones, está conformado de dos elementos: superestructura e infraestructura.

2.2.1 Superestructura

El puente consta de dos partes importantes, una superestructura o grupo de secciones que cubren un tramo entre la infraestructura. Consiste en pilotes que soportan directamente la sección. Llamados pórticos o pilas situadas en los extremos del puente, que conectan con el terraplén, y los cimientos, o apoyos de los estribos y pilas encargados de transmitir los esfuerzo a todo el suelo o terreno.

La superestructura es la parte del puente que se encuentra ubicada sobre los apoyos y que transmiten las cargas peatonales. “Está formada por el tablero y otros elementos estructurales. Se trata de la parte del puente que recibe directamente, entre otras, las sobrecargas de circulación de vehículos y peatones, que son transmitidas a las pilas y estribos (subestructura) a través de los apoyos.” (Erzilla,2024),

Son directamente los elementos que soportan el peso de los peatones y lo distribuyen hacia las pilas o pilares. “La subestructura es la parte intermedia de un puente y su cometido consiste en soportar la carga de la superestructura y transmitirla a la cimentación, fundamentalmente mediante los estribos y las pilas.” (Erzilla,2024).

“Engloba los elementos fundamentales que proporcionan el soporte necesario para resistir las cargas y fuerzas aplicadas sobre el terreno.” (Cevallos, 2019).

Es la parte de los elementos que soportan la carga muerta y carga viva de un puente. “La superestructura está conformada por una losa o tablero que es la que soporta directamente las cargas; armaduras, vigas, cables, bóveda y arcos que son los que transmiten las cargas del tablero hacia los apoyos” (Guillén, 2018, p.27). Es la parte de la estructura del puente que se encuentra por encima del nivel del suelo.

2.2.1.1 Losa o tablero

Es la superficie a manera de plataforma sobre la cual transitan las personas, pueden estar hecho de diversos materiales como hormigón, madera y acero.

2.2.1.2 Vigas

Las vigas de acero son elementos estructurales horizontales que brindan soporte vertical en las construcciones y al ser fabricadas con acero tienen la propiedad isotrópica de este metal que les brinda mayor resistencia respecto a otros materiales para formar vigas, como puede ser el hormigón.

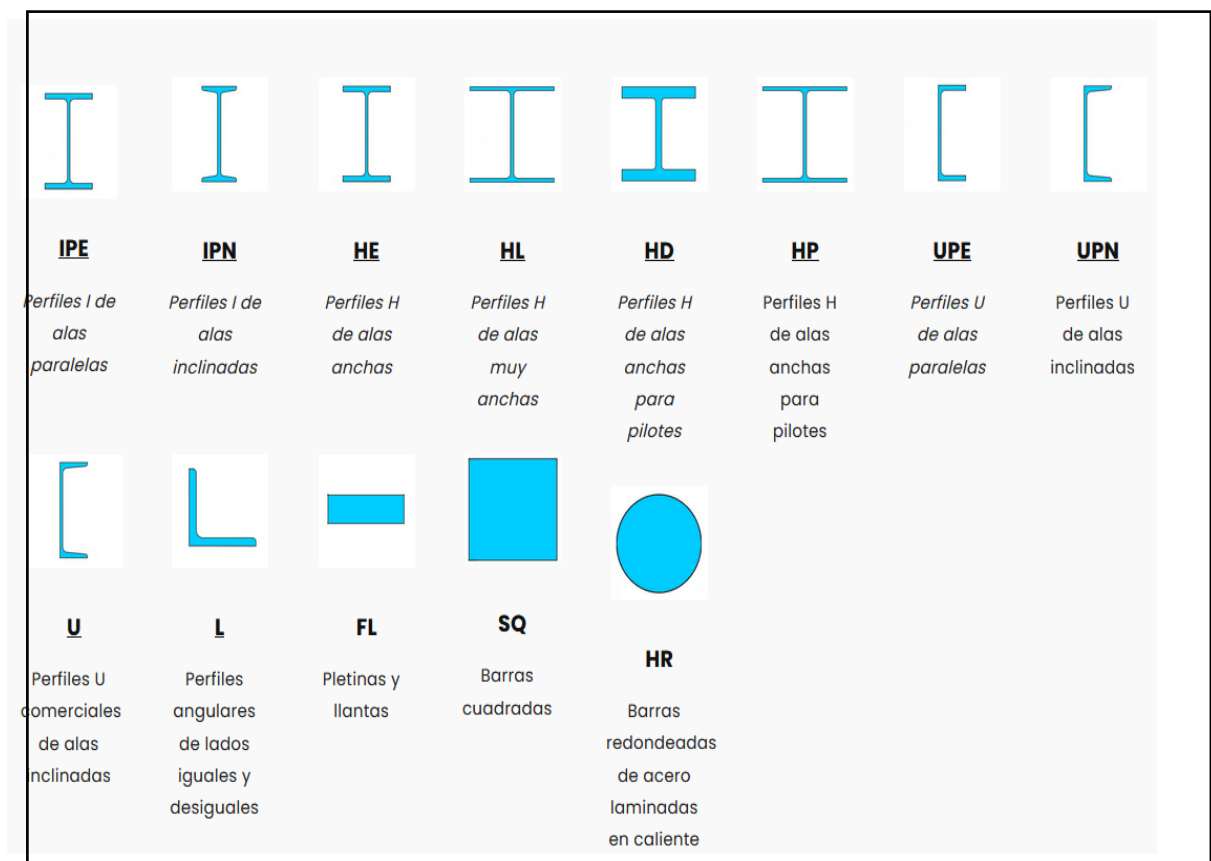
Las vigas son barras de metal diseñadas para minimizar el área seccional y maximizar la carga, tienen gran cantidad de aplicaciones en el campo de la construcción, aunque generalmente son utilizadas para el desarrollo de puentes, bodegas, cubiertas o edificaciones de gran tamaño.

2.2.1.3 Clasificación de las vigas metálicas

Las vigas se pueden clasificar en dos grupos según su proceso de fabricación: laminadas en caliente y laminadas en frío.

Dependiendo de la aplicación, solicitará vigas de ala estándar o ancha según una especificación ASTM. La más común es ASTM A36, que tiene un límite elástico mínimo de 36 KSI, un rango de tensión de 58-80 y un alargamiento de 21. Además, otras especificaciones de vigas comunes incluyen ASTM A709 y ASTM A992.

Ilustración 22. Tipos de perfiles metálicos

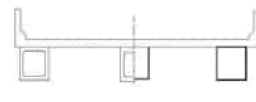
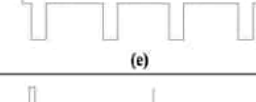
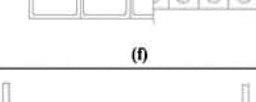
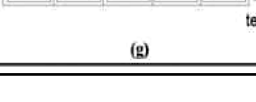


Fuente: <https://www.google.com/> // tipos de perfiles metálicos

La gran mayoría de estructuras de acero pueden durar hasta 100 años.

En Canadá y Estados Unidos, las vigas en I de acero se especifican utilizando la profundidad (en pulgadas) y el peso de la viga (en libras por pie). Por ejemplo, una viga en I de “4 x 13” tiene aproximadamente 4 pulgadas de profundidad (la medida se toma desde la cara exterior de la primera brida hasta la cara exterior de la brida opuesta).

Ilustración 23. Tipos de vigas según tipo del tablero y colocación del material. AASHTO LRFD

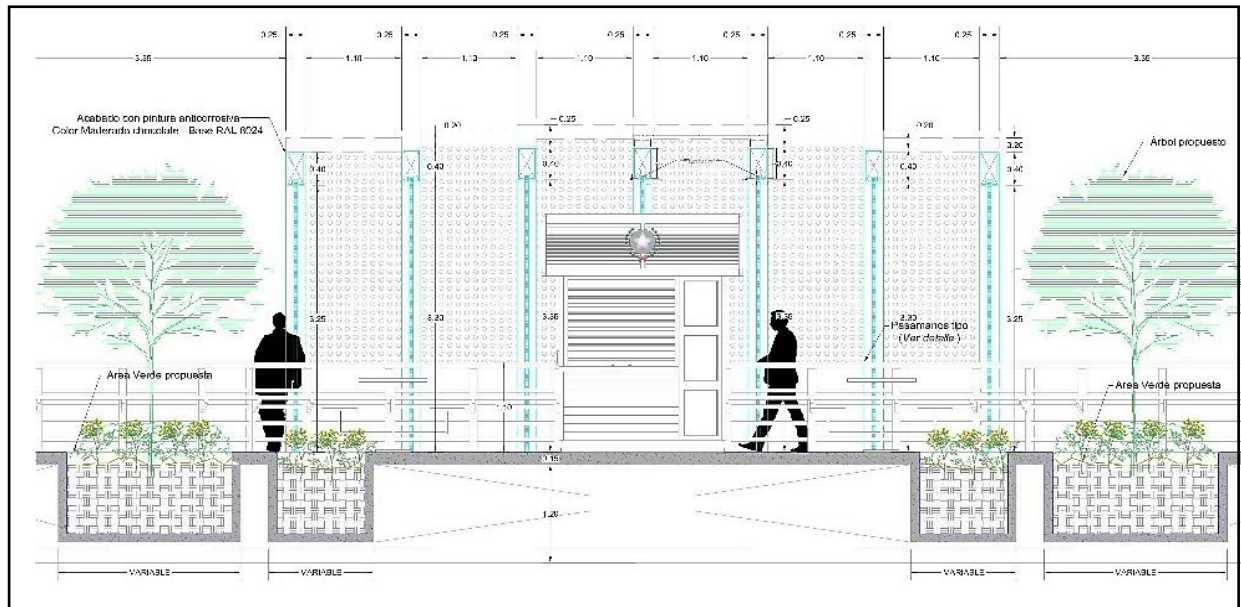
ELEMENTOS DE APOYO	TIPO DE TABLERO	SECCIÓN TRANSVERSAL TÍPICA
Viga de acero	Losa de hormigón colada in situ, losa de hormigón prefabricada, emparillado de acero, paneles encolados/clavados, madera tesada	 (a)
Vigas cajón cerradas de acero u hormigón prefabricado	Losa de hormigón colada in situ	 (b)
Vigas cajón abiertas de acero u hormigón prefabricado	Losa de hormigón colada in situ, losa de tablero de hormigón prefabricado	 (c)
Viga cajón de múltiples células de hormigón colado in situ	Hormigón monolítico	 (d)
Viga Te de hormigón colado in situ	Hormigón monolítico	 (e)
Vigas cajón prefabricadas de hormigón macizas, alivianadas o celulares con conectores de corte	Sobrecapa de hormigón colado in situ	 (f)
Vigas cajón prefabricadas de hormigón macizas, alivianadas o celulares con conectores de corte y con o sin postesado transversal	Hormigón integral	 (g)

Fuente: <https://www.google.com/> // tipos de perfiles metálicos

2.2.1.4 Barandas o pasamanos.

Se colocan en las partes laterales del puente para protección a los peatones. Su principal función es evitar accidentes y caídas. Muchas veces también se ha notado que el peatón las utiliza para sostenerse en momentos de inestabilidad.

Ilustración 24. Diseño de pasamanos en proyecto Km 14.2 de Vía a la costa



Fuente: Ilustración en Autocad 2024, Diseño propio

2.2.2 Infraestructura

Es la parte de los elementos que soportan las cargas que transmite la superestructura, la presión del suelo, presión hidrostática y fuerza de sismo, etcétera. “La subestructura o infraestructura está conformada por columnas, torres, zapatas, estribos que son los apoyos extremos y por pilares que son los apoyos centrales, los cimientos son los encargados de transmitir al terreno los esfuerzos” (Guillén, 2018, p.28). Es la parte de la estructura del puente que se encuentra por debajo del nivel del suelo.

Está compuesta por elementos que soportan y transfieren las cargas al terreno. Estos elementos incluyen los pilares, las cimentaciones, y otros componentes que conectan el puente con el suelo.

2.2.2.1 Cimentación

Se refiere a los elementos estructurales que su función es la de ser las bases, donde se asienta el puente. “Las fundaciones o cimentaciones de una estructura son las bases sobre las cuales ésta se apoya de forma adecuada y estable sobre el terreno” (Tapias & Pinzón, 2014, p.21). Estos elementos en su mayoría son de forma cuadrada o rectangular. Se encuentra en la parte subterránea del puente que brinda fijación y soporte, generalmente son de hormigón armado por criterios de humedad al estar en contacto con el agua en algunas ocasiones. Evitan la fatiga del peso sobre el suelo y el hundimiento al transmitir las cargas al suelo subyacente. Además, está diseñado para transmitir las cargas y esfuerzos de manera uniforme para evitar asentamientos diferenciales según las condiciones del suelo. Antes de la estructura en sí, se deberá realizar un estudio de las condiciones del suelo y su posterior mejoramiento.

Ilustración 25. *Diseño y ejecución de cimentación profunda*



Fuente: <https://www.guayaquil.gob.ec/via-costa-empieza-construccion-nuevos-pasos-peatonales>

2.2.2.2 Columnas de apoyo

Se refiere a los elementos estructurales del puente que transmiten las cargas del puente al suelo. Además “son las estructuras que brindan los apoyos intermedios en el caso de puentes de más de un tramo” (Tapias & Pinzón, 2014, p.21). Estos elementos se utilizan cuando se tienen puentes con grandes luces.

Son elementos verticales que proporcionan estabilidad y rigidez. Son responsables de sostener y transmitir las cargas a los cimientos. De acuerdo al diseño puede tomar ciertas formas geométricas, pero siempre deberá cumplir la funcionalidad de su uso.

2.2.2.3 Estribos

Se refiere a los elementos estructurales del puente cuya función es la de transmitir las cargas al suelo en el que están cimentados. “Los estribos son básicamente pilares o muros frontales con muros en los extremos.” (Méndez & Torres, 2017, p.9).

2.3 Clasificación de los puentes

Los puentes se pueden clasificar según su funcionalidad, estructura y tipo de estructura. Consta de partes principales que se coordinan para un ensamble seguro y eficiente. Tenemos a continuación:

2.3.1 Según su funcionalidad

2.3.1.1 Puentes peatonales

Los puentes peatonales están diseñados exclusivamente para el paso de personas de un tramo a otro, y en algunos casos, también la movilidad de bicicletas. Estos puentes no requieren soportar grandes cargas, pero si deben garantizar la seguridad y accesibilidad de los peatones.

Son fundamentales para mejorar la seguridad vial, y resguardar la seguridad de los usuarios, debido a que permiten que las personas crucen vías de alto flujo vehicular sin exponerse a accidentes. Además, de mejorar la movilidad urbana, ofreciendo rutas seguras y accesibles para peatones en diferentes zonas de alto tráfico. Son parte de la infraestructura vial que permite el cruce seguro de los peatones a través de vías donde las velocidades vehiculares no permiten un cruce seguro a nivel.

El puente peatonal es una estructura que permite el paso de peatones sobre corrientes de agua, depresiones topográficas, cruces a desnivel. Estas estructuras garantizan una circulación continua y fluida para los peatones. Se pueden construir en diferentes tipos de materiales. Los hay estáticos y móviles (que se pliegan, giran o elevan). Los tamaños son muy diversos desde unos pocos metros hasta cientos de metros. Debido a la poca carga para la que están concebidos y a la limitada longitud que han de atravesar, el diseño de estos puede ser muy diverso. Los materiales utilizados son: madera, piedra, ladrillo, acero, concreto, fibra de carbono, aluminio, etc. (Peralta, 2018).

“El puente es una estructura que forma parte de caminos, carreteras y líneas férreas y canalizaciones, construida sobre una depresión, río, u obstáculo cualquiera” (Claros & Meruvia, 2004).

2.3.1.1.1 Característica de puentes peatonales.

- ✓ **Seguridad.** Los puentes peatonales deben incluir barandillas y otras características para prevenir caídas.
- ✓ **Accesibilidad.** Deben solucionar todas las necesidades de las personas, incluidas aquellas con movilidad reducida, lo que debe considerar rampas y superficies antideslizantes.
- ✓ **Estética.** El diseño debe ser llamativo y complementarse con el entorno en el que va a estar ubicado.
- ✓ **Durabilidad.** El puente debe ser capaz de soportar todos los tipos de cargas y condiciones ambientales, como la corrosión y el desgaste de la infraestructura.

2.3.1.1.1 Normas que se aplican para el diseño estructural de un puente peatonal.

La Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) es un conjunto de normativas que abarcan diferentes aspectos del diseño y construcción de estructuras, se la aplica en el diseño de los puentes, para garantizar que las estructuras cumplan con los estándares de calidad y seguridad.

Para la cual utilizaremos 3 capítulos de la NEC:

a) NEC SE-HM (Hormigón armado)

Este capítulo se utiliza para el diseño del hormigón, donde abarque la resistencia a la compresión y los refuerzos del acero dentro de los elementos que conforma el hormigón.

b) NEC SE-AC (Acero estructural)

En este capítulo abocaremos los diseños, requisitos y uso del acero en la infraestructura, definiendo las cargas, materiales y conexiones que el acero debe cumplir o resistir.

c) NEC SE-DS (Diseño sismorresistente)

En este capítulo tendremos en cuenta la definición sismorresistente que debe tener el diseño del puente para soportar la carga de sismo, esto dependerá de la zona en que se encuentre ubicado.

d) NEC- HS-AU (Accesibilidad Universal)

Desde el punto de vista técnico, el concepto de accesibilidad universal, se constituye en la condición que permite que los entornos puedan ser usados en condiciones de seguridad, autonomía y comodidad por el mayor número de personas, independientemente de su condición física, etaria o de género ya que todos en un determinado momento podemos vernos beneficiados de entornos que permiten su uso en forma sencilla. (NEC 2019, pág. 11)

La normativa más importante que establece los requisitos generales para los puentes sobre hormigón armado y acero estructural en el país es, El Servicio Ecuatoriano de Normalización, (NTE INEN 2243,2019), “Establece que la vía de circulación de los peatones debe tener un ancho mínimo, sin obstáculos, de 900 mm para circulación de una sola persona.

Se recomienda la aplicación de un dimensionamiento de 1 200 mm para facilitar los desplazamientos sin problemas a todos los usuarios.” (NTE INEN 2243, 2019).

Para el caso de circulación simultánea de una silla de ruedas, una persona con andador, un coche de bebé, un coche liviano de transporte de objetos, de una persona a pie, el ancho debe ser de 1 500 mm.” (NTE INEN 2243, 2019).

Algunos de los factores que influyen en el diseño para puentes elevados, se detalla a continuación:

2.3.1.1.2 Ancho mínimo para la circulación

El servicio ecuatoriano de Normalización (NTE INEN 2243,2019) detalla las medidas mínimas para la vía de circulación peatonal y en el destaca:

Deben tener un ancho mínimo de 900mm para la circulación de una sola persona. Se recomienda 1500mm como medida para facilitar el tránsito sin problema a todos los usuarios. (NTE INEN 2243, 2019, pág. 20).

Ilustración 26. Detalle de ancho mínimo en proyecto Km 14.2 de Vía a la costa

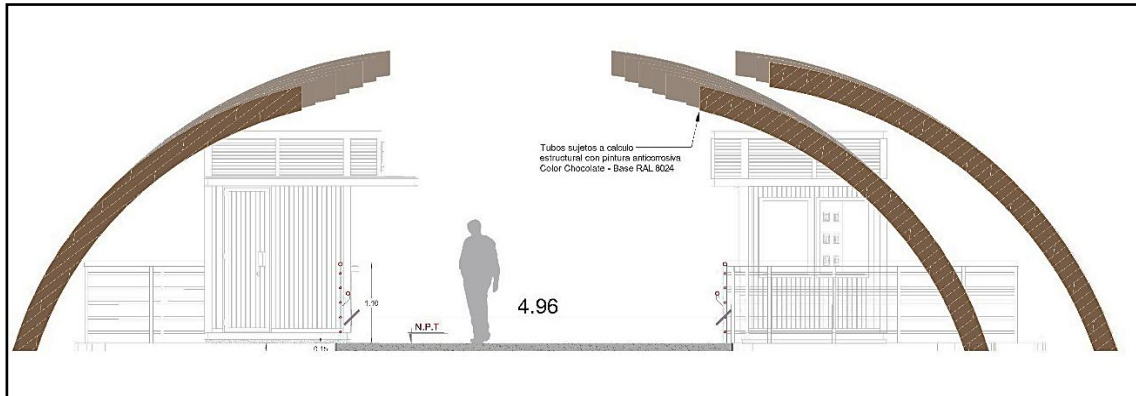


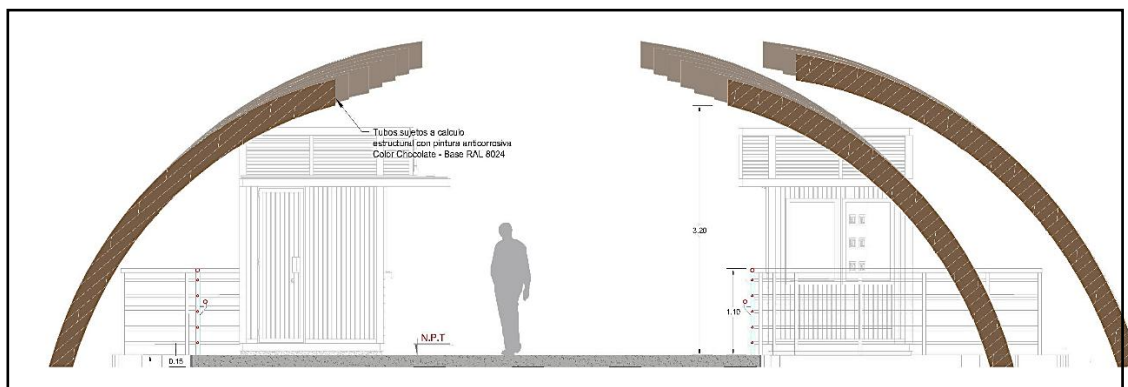
Ilustración en Autocad 2024, Diseño propio

2.3.1.1.3 Altura mínima para la circulación

El servicio ecuatoriano de Normalización (NTE INEN 2243,2019, pág. 21) detalla las medidas mínimas para la altura de circulación peatonal y en el destaca:

Las vías de circulación deben estar libres, sin obstáculos en todo su ancho mínimo y desde el piso hasta un plano paralelo a la medida de la altura tendrá como mínimo 2100mm.

Ilustración 27. Detalle de altura mínima para circulación en proyecto Km 14.2 de Vía a la costa



Fuente: Ilustración en Autocad 2024, Diseño propio

2.3.1.1.4 Medidas mínimas para rampas

De acuerdo al Servicio Ecuatoriano de Normalización (NTE INEN 2245, 2019, pág. 23) Accesibilidad de las personas al medio físico Rampas establece las siguientes dimensiones que deben cumplir:

El ancho mínimo libre de obstáculos medido entre los pasamanos deberá ser igual a 1200mm, se tendrá como criterio los siguientes rangos de pendientes longitudinales máximas para los tramos de rampa entre descansos, en función de la extensión de los mismos, medidos en su proyección horizontal (NTE INEN 2245, 2019, pág. 23).

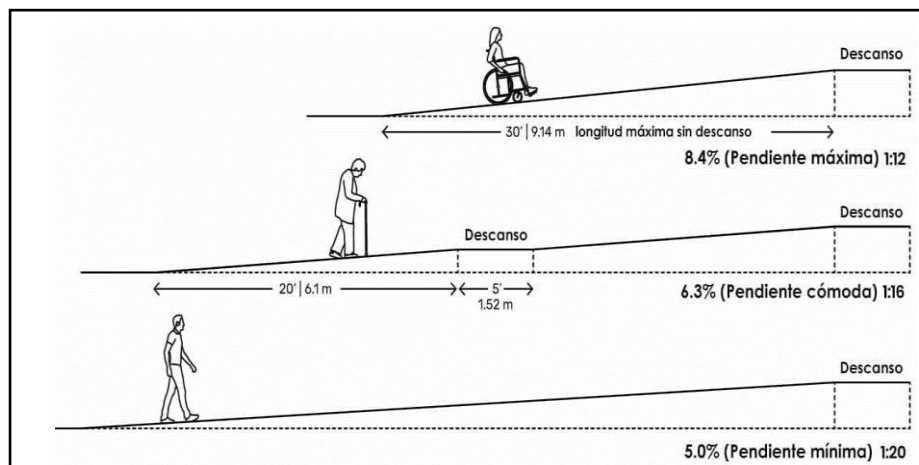
- Longitud máxima del tramo igual a 2000mm con pendiente máxima o igual a 12%
- Longitud máxima del tramo igual a 10000mm con pendiente máxima o igual a 8% (superior a 10000mm se requiere implementar descansos intermedios)

Ilustración 28. Condición de porcentaje en rampas, según funciones



Fuente: Google

Ilustración 29. Medidas de rampa para discapacitados.



Fuente: Google

2.3.1.1.5 Dimensiones mínimas para descansos

El servicio ecuatoriano de Normalización (NTE INEN 2245, 2019) detalla las siguientes características:

En los casos de rampas en las que el cambio de dirección es de 180°, el ancho del descanso deberá ser de 1200mm.

2.3.1.1.6 Pasamanos

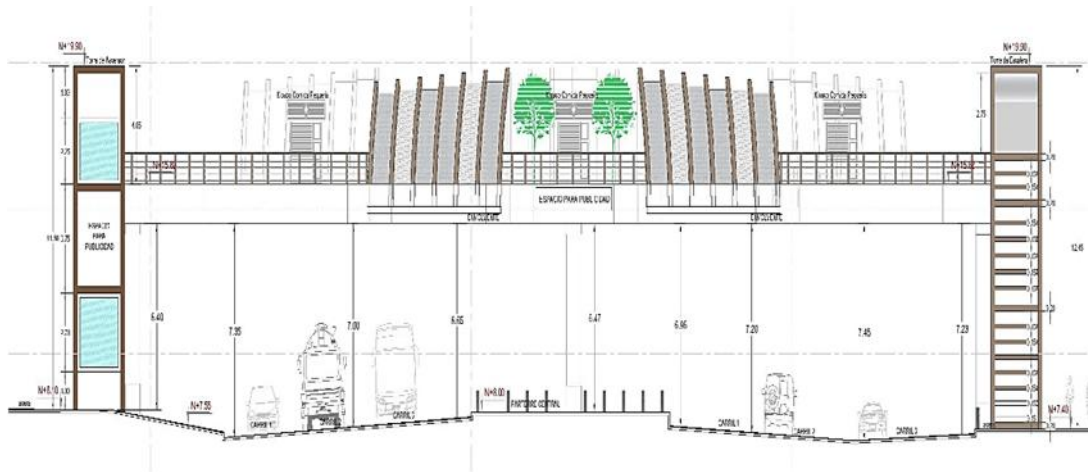
Las características son extremos cerrados hasta la pared o paramento de fijación o desarrollarse en toda la longitud de una pared interna de la cabina y complementariamente puede colocarse un pasamano adicional en una de las paredes laterales o internas o en ambas. Para especificaciones técnicas referirse a las especificaciones técnicas adicionales elaboradas, referirse a la NTE INEN 2244.

2.3.1.1.7 Altura libre

El ministerio de transporte y obras públicas del Ecuador (NEVI 12, volumen 6 -MTOP, 2013) sugiere que:

La altura libre mínima bajo pasos superiores sobre cualquier punto de la plataforma no será inferior a 6.00m, cualquier cambio de altura libre mínima prescritas en esta sección deberá ser justificada.

Ilustración 30. Detalle de altura mínima de puente peatonal en proyecto Km 14.2 de Vía a la costa, mínima:6.47m; máxima 7.45m



Fuente: Ilustración en Autocad 2024, Diseño propio

La Norma (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 9th Edition, 2020) establece que para el cálculo de estructuras como puentes se utiliza el método LRFD, Load and Resistance Factor Design, el cual corresponde, según Ochoa (2008), “a un método de estados límites últimos, que considera factores para cada carga y para cada resistencia nominal.”. Proporciona directrices sobre cómo se debe calcular las cargas vivas, de viento, la fatiga y las vibraciones que deben ser tomadas en cuenta para el diseño de puentes peatonales.

“Otro aspecto importante que introdujo esta norma es la forma de combinar las cargas, ya que ésta considera algunos factores que van a cambiar el margen de seguridad del puente, dando una mayor confiabilidad a la estructura.” (Delgado.2018).

2.3.1.2 Puentes vehiculares

Son aquellos diseñados para soportar el paso de vehículos como automóviles, camiones, bicicletas, buses y motocicletas. Estos puentes son diseñados para soportar grandes cargas y deben resistir la fatiga provocada por el flujo vehicular constante, además de diferentes condiciones climáticas y sísmicas. Son esencialmente importante para la movilidad de los usuarios, así permitiendo su conectividad entre diferentes regiones del país.

2.3.1.3 Puentes ferroviarios

Estos puentes son elaborados específicamente para soportar las cargas y las vibraciones generadas por los trenes, que pueden ser considerablemente más grandes que las cargas de los vehículos. Deben resistir cargas dinámicas y cumplir con normativas específicas de seguridad y durabilidad. Son importantes debido a que conectan líneas ferroviarias, permitiendo el transporte de mercancías y pasajeros, entre otros.

2.3.1.4 Puentes mixtos (peatonales y vehiculares)

Vehiculares y un área para el cruce peatonal (o ciclovías) su función es para garantizar la seguridad de todos los usuarios y alivianar el tráfico vehicular. Este tipo de puente es común en zonas urbanas donde es necesario dar paso tanto a vehículos como a personas evitando que tengan que cruzar la carretera en rutas peligrosas.

2.3.2 Según su estructura

2.3.2.1 Puente de Concreto Reforzado

Es la clase de puente que su principal material de construcción es el concreto y contiene armadura de tipo pasiva. Por lo que, “la estructura entra en carga cuando los agentes externos la ejercen sobre ella.” (García & Parra, 2014, p. 13).

2.3.2.2 Puente de Concreto Pre-esforzado

Son los puentes que están conformados principalmente de concreto y a su vez contienen una armadura de tipo activa. Esta estructura “se tensa antes de la actuación de las cargas que recibe la estructura como son: el peso propio, cargas muertas y de tráfico.” (García & Parra, 2014, p. 13).

2.3.2.3 Puente de Concreto Postensado

Esta clase de puente está hecho de concreto y contiene armadura que es tensada una vez que el concreto ha obtenido su resistencia característica. (García & Parra, 2014, p. 13).

2.3.2.4 Puente de Madera

Se refiere a la tipología de puente que se compone principalmente de madera, conformado por la unión de varios perfiles de madera. Según García & Parra (2014), “son fáciles y rápidos de construir, la función principal de un puente de madera es provisional pues tiene problemas de durabilidad debido al deterioro del material” (p. 13).

2.3.2.5 Puente de Acero

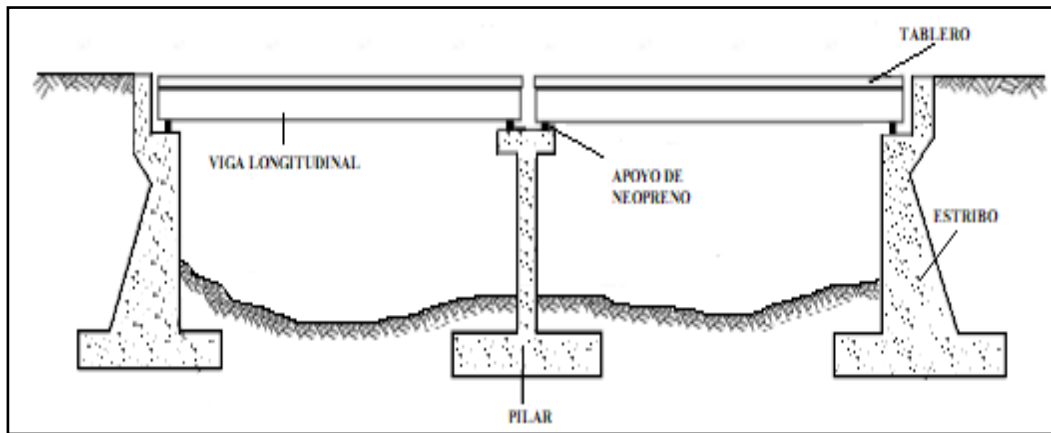
Es la clase de puente que está conformado en estructura metálica, que puede soportar grandes cargas. Al ocupar “este material se pueden emplear en puentes de grandes dimensiones.” (García & Parra, 2014, p. 13).

2.3.3 Según su tipo de estructura

2.3.3.1 Puente Tipo Viga

Son puentes que su estructura suele ser sencilla, además la tipología de puente tipo viga se compone principalmente de vigas longitudinales. Según García & Parra (2014), “son puentes simples, son utilizados principalmente para autopistas, ferroviarios o peatonales”. (p. 14). Siendo esta clase de puente la más común en emplearse.

Ilustración 31. Esquema de puentes tipo Viga

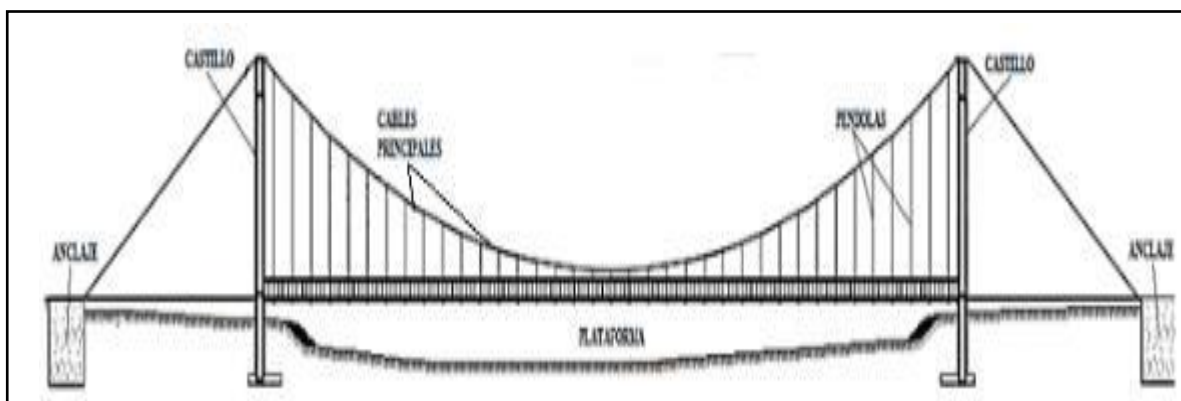


Fuente: [https:// dimension+de+losas+en+puentes+peatonales+en+ecuador](https://dimension+de+losas+en+puentes+peatonales+en+ecuador)

2.3.3.2 Puente Colgante

Se refiere a la estructura capaz de sujetar al tablero o plataforma del puente haciendo uso de cables de acero y péndolas. Según Cayamcela & Iñamagua (2018), “es un tipo de puente que está constituido por los cables principales y péndolas que son los encargados de transmitir las cargas que transitan sobre el tablero hacia las torres de sustentación y por último a la cimentación” (p. 9). Además, la tipología de este tipo de puente colgante independientemente de su longitud, no se apoya sobre pilas intermedias.

Ilustración 32. Esquema de puentes tipo colgante

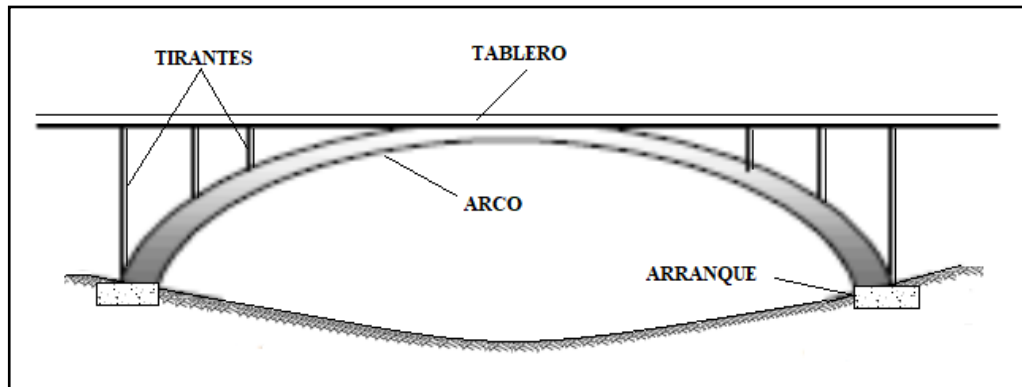


Fuente: [https:// dimension+de+losas+en+puentes+peatonales+en+ecuador](https://dimension+de+losas+en+puentes+peatonales+en+ecuador)

2.3.3.3 Puente en Arco

Se refiere a la clase de puente que su estructura forma un arco, además se encuentra apoyada en sus extremos. Por lo que, “un puente de arco funciona transmitiendo su peso y demás cargas de manera horizontal hacia los estribos colocados a ambos lados.” (Chuquipoma, 2020, p. 15).

Ilustración 33. Esquema de puentes tipo Arco

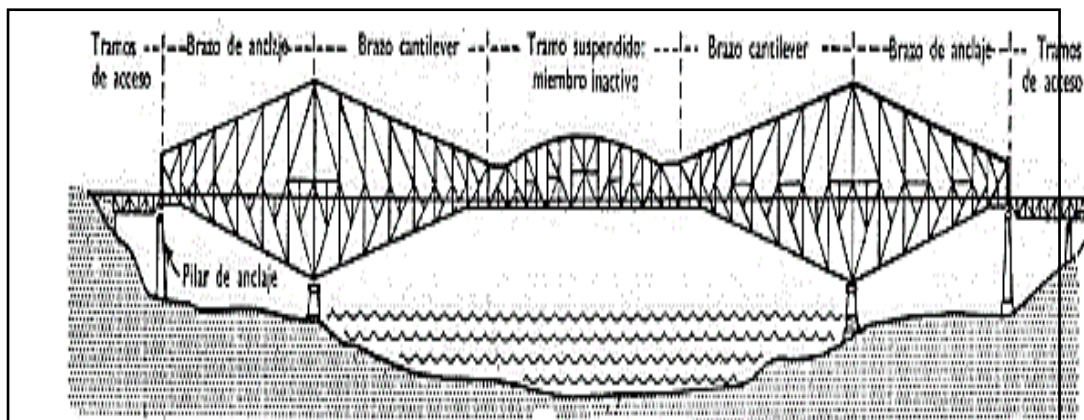


Fuente: [https:// dimension+de+losas+en+puentes+peatonales+en+ecuador](https://dimension+de+losas+en+puentes+peatonales+en+ecuador), a través de PaintNet (2023).

2.3.3.4 Puente Cantiléver

Son estructuras a las que también pueden ser llamadas puentes en voladizo, “son aquellos cuya carga viene soportada por medio de arriostramientos que trasladan las fuerzas de forma diagonal” (Chuquipoma, 2020, p. 15). El tablero del puente cantiléver está formado con vigas en voladizo, también esta tipología es utilizada en puentes donde se tienen que cubrir luces muy grandes.

Ilustración 34. Esquema de puentes tipo cantiléver



Fuente: [https:// dimension+de+losas+en+puentes+peatonales+en+ecuador](https://dimension+de+losas+en+puentes+peatonales+en+ecuador), geocities (2020).

2.3.4 Según sus características del puente por sus condiciones estáticas

- ✓ Isostáticos
- ✓ Hiperestáticos
- ✓ Isotrópicos o espaciales

2.3.5 Según el tiempo de vida

- ✓ **Definitivo.** Puente diseñado para un periodo de vida útil de 75 años. Las especificaciones ASSHTO se han elaborado con ese objetivo.
- ✓ **Temporal.** Son puentes que se usan para un periodo determinado, limitado. No mayor a 5 años.

2.4 Material para puentes.

En el diseño estructural del puente es necesario saber la importancia de sus elementos o materiales a utilizar y el porqué de su uso, el acero estructural, hormigón, acero presforzado y los cables de acero, es fundamental saber su importancia en el diseño de puentes peatonales para garantizar la durabilidad, resistencia, y seguridad de la infraestructura. Cada material brinda diferentes propiedades mecánicas y debe utilizarse de acuerdo con la necesidad y, los requisitos de construcción.

2.4.1 Acero

El acero estructural es un material compuesto principalmente de hierro, (casi el 98% del material está compuesta de hierro). Además: “contiene pequeñas cantidades de carbono, sílice, magnesio, azufre, fósforo y otros elementos” (Cedeño, 2015).

Los materiales compuestos de acero tienen una alta resistencia a la tracción, ductilidad y resistencia a la corrosión, permitiendo su uso en diferentes estructuras como: en vigas, columnas y estructuras de soporte o apoyo. Ideal para diseños que requieren de gran cantidad de luces y poco peso estructural.

2.4.2 Hormigón

“El hormigón es un material que se utiliza en la construcción. Suele elaborarse mezclando cal o cemento con grava, arena y agua: cuando se seca y fragua, el hormigón se endurece y gana resistencia.” (Pérez y Merino, 2020).

El hormigón en el diseño de puentes peatonales es otro material fundamental, especialmente en la construcción de los pilares, las bases y el tablero del puente. Debido a su resistencia a la compresión y capacidad para adaptarse a diferentes formas y tamaños. El hormigón es ideal para soportar las cargas

verticales que actúan sobre los pilares y las fundaciones de los puentes. Puede adaptarse a cualquier tipo de diseños específicos del puente. Su ventaja con otros materiales es que el hormigón es relativamente económico, lo que ayuda a mantener los costos de construcción bajo control.

Una de las ventajas del hormigón es la combinación con el acero, El uso de hormigón armado (reforzado con acero) permite que la estructura tenga tanto resistencia a la tracción (gracias a las propiedades del acero) como a la compresión (gracias a las propiedades del hormigón).

2.5 Criterios para seleccionar el tipo de puente

2.5.1 Aspectos constructivos

Al elegir este tipo de estructura, este aspecto es de gran repercusión en el proyecto. Por lo que se deben plantear las siguientes preguntas “¿Es posible hacer falso puente? ¿Se cuenta con grúas para izar las vigas? ¿El equipo pesado puede acceder a la zona de trabajo? ¿Se tiene espacio para armar la estructura? ¿Hay facilidad para transportar los elementos?” (Arellano, 2014, p. 57). De esto dependerá la facilidad constructiva del proyecto en todas sus fases.

2.5.2 Aspectos Económicos

Es muy importante tomar en cuenta este aspecto para seleccionar este tipo de estructura, debido a que, “el costo de la superestructura está bastante ligada a la luz libre o a la distancia entre apoyos. También dependerá de la zona en que está ubicado y la importancia que presenta.” (Arellano, 2014, p. 49). De esto dependerá directamente el presupuesto del proyecto.

2.5.3 Plazo de Entrega

Al seleccionar este tipo de estructuras se debe de considerar los plazos de entrega. Por lo que, “en puentes sobre ríos o quebradas, debe aprovecharse el tiempo de estiaje necesariamente para la construcción de la subestructura si se desea construir con falso puente, ya que muchos de estos tienen regímenes estacionales” (Arellano, 2014, p. 66).

2.5.4 Dispositivos de apoyo

Estos dispositivos son elementos estructurales cuya finalidad es transmitir cargas, posibilitar los desplazamientos y rotaciones. Estos se ubican entre la infraestructura y la superestructura del puente.

2.5.5 Tipos de Dispositivos

Entre los principales tenemos:

2.5.5.1 Dispositivos Fijos

Dentro de los dispositivos de apoyo. Según Rodríguez (2020) “Los fijos permiten rotaciones, pero restringen los movimientos traslacionales” (p. 223).

2.5.5.2 Dispositivos de expansión

Dentro de los dispositivos de apoyo. Según Rodríguez (2020) “Los de expansión permiten movimientos traslacionales y rotaciones.” (p. 223).

2.6 Cargas en puentes

2.6.1 Cargas permanentes

- ✓ Peso propio de los elementos estructurales
- ✓ Sobrecarga muerta de los elementos no estructurales
- ✓ Presión de Tierra
- ✓ Sobrecarga de Tierra

2.6.2 Cargas Transitorias

- ✓ Cargas vehiculares
- ✓ Cargas peatonales

2.6.3 Cargas laterales

- ✓ Debido a sismos
- ✓ Precipitaciones
- ✓ Vientos
- ✓ Impacto

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Tipo de estudio

Este estudio se centrará en el diseño estructural de un paso elevado peatonal. La investigación se categoriza como analítica y computacional, dado que se utilizarán programas de modelado estructural como “SAP2000” (Narváez Danilo & Narváez Diego, 2010), para llevar a cabo simulaciones de la conducta estructural del puente peatonal sugerido bajo diferentes condiciones de carga (cargas vivas, muertas y sismos). Este estudio facilitará la valoración de las deformaciones, derivas y habilidades estructurales de los componentes del puente, tales como vigas, columnas y cimientos.

El diseño sugerido será objeto de exhaustivos estudios estructurales, poniendo especial atención en la resistencia a Sismos debido a la posición geográfica de Ecuador en una región de elevada actividad sísmica. Para asegurar la viabilidad constructiva de la propuesta en el área de la Vía a la Costa, se considerará la logística de edificación, que incluye la utilización de maquinaria pesada como grúas y la formación del personal responsable de las maniobras.

3.2 Enfoque

Este estudio facilitará la creación de un puente peatonal que no solo trate el problema de la seguridad vial, sino que también funcione como un modelo de infraestructura ecológica y accesible para los habitantes y visitantes de la zona. A través de la implementación de un enfoque práctico, interdisciplinario y sostenible, posee la capacidad de aportar de manera significativa a la edificación de construcción segura y eficaz en Ecuador.

3.3 Población muestra y muestreo

Se definió como población a los habitantes de las urbanizaciones que están en torno al km. 14,2 de Vía a la Costa, Cantón Guayaquil.

“Se estima que este proyecto cuenta con una población de más de 54.000 personas que circulan por la zona.” (Municipalidad de Guayaquil, 2024).

3.4 Hipótesis

¿Un puente peatonal con el Diseño estructural de acero en la Vía a la Costa sería factible respecto a tiempo de cumplimiento, costos y procesos constructivos?

El objetivo de este estudio es demostrar que un paso peatonal construido en acero estructural es factible, debido a que su proceso de construcción involucra una prefabricación industrial que no va a requerir realizarse en obra, sino que será transportado, en una plataforma, antes de ser elevado con una grúa, hasta su ubicación final. Además, este reducirá los gastos de componentes de encofrado, hormigón, mano de obra y desalojo.

La estructura metálica es un material que cada vez tiene más acogida en la construcción porque resulta ser más rápido el montaje empleando este material, es considerado un material uniforme, es decir, que no cambia sus propiedades con el pasar del tiempo y tiene un mejor comportamiento ante los sismos (Sosapanta Cristhian Eduardo Figueroa Bernal Alfer Justo, 2008).

La industria del hierro y el acero, es una industria típica de altas emisiones de carbono y de uso intensivo de materiales y energía (Quader et al., 2015). Según La Agencia Internacional de Energía (IEA), las emisiones globales de Co2 relacionadas con la energía en 2019 fueron de aproximadamente 33 mil millones de toneladas, de las cuales el 14 % fueron generadas por la industria del hierro y el acero (IEA, 2020).

3.5 Métodos técnicos e instrumentos

3.5.1 Encuestas y entrevistas.

Para realizar la recolección de la información se utilizará el método de la encuesta, para obtener información directa de la fuente afectada, por la falta de un paso peatonal en el Km. 14,2 de Vía a la Costa.

3.5.2 Estudio de campo.

Para realizar un levantamiento topográfico, con el fin de obtener las características de la vía y el entorno, se utilizará la estación total, para capturar puntos con alta precisión topográfica, lo que dará como resultado una medición gráfica genuina del área de estudio.

Ilustración 35 y 36. Manejo de estación total.



Fuente: Fotografía tomada por autoría propia.

3.6 Análisis estructural

Se utilizará este método empleando el Software de elementos finitos, SAP 2000, que nos permitirá crear el modelado tridimensional del puente peatonal y someterlo a cargas requeridas por la normativa, en la zona de Vía a la Costa, para garantizar un diseño seguro y eficiente.

El análisis estructural es el proceso para calcular las fuerzas, los momentos a las que deben someterse los miembros de una estructura.

Hay una amplia variedad de herramientas de análisis que ofrecen velocidad, precisión y economía de diseño; 3D, marco de portal a medida, software de diseño de vigas que ahora están ampliamente disponibles. Modelado de acciones, desempeño de miembros conformados en frío: todo esto ahora es común para las estructuras, donde el análisis manual es casi imposible. Los métodos de análisis son más sofisticados y continúan mejorando la precisión con la que se puede predecir el comportamiento de las estructuras.

Modelar el comportamiento real de una estructura metálica, se hace más fácil mediante el uso de un software generador de modelos complejos, con herramientas que permiten la verificación de la estabilidad del marco junto con las verificaciones de los miembros.

3.6.1 Comprender el comportamiento estructural

Con la presencia universal del análisis por computadora, un criterio intuitivo se vuelve cada vez más importante, tanto en la creación de modelos de análisis, en la evaluación de los resultados del análisis, como la forma desviada, la distribución de momentos o la distribución de reacciones. Un enfoque intuitivo utiliza habilidades de razonamiento más amplios y dinámicos para evaluar el comportamiento de cualquier estructura en particular. Los principios involucrados en el desarrollo de este tipo de comprensión del comportamiento estructural son:

- ✓ Considerar la forma deformada de una estructura.
- ✓ Utilizar sistemas simples estáticamente determinados, para que se pueda obtener una buena apreciación del comportamiento de la estructura con todas sus complejidades.
- ✓ Utilizar las opciones gráficas del software para revisar los datos de entrada, como las cargas, y los datos de salida, como las desviaciones y los momentos de flexión.

3.6.1.1 Modelado

En general, es conveniente considerar primero la forma del marco del puente peatonal en direcciones ortogonales, e identificar:

- Los elementos estructurales primarios que forman los marcos principales y transmiten la carga horizontal y vertical a los cimientos.
- Los elementos estructurales secundarios, como las vigas que transfieren las cargas a los elementos estructurales primarios.
- Los otros elementos, como el revestimiento que solo transfieren cargas a los elementos estructurales primarios o secundarios.

Ilustración 37. Modelado 3D en SAP2000, Paso peatonal

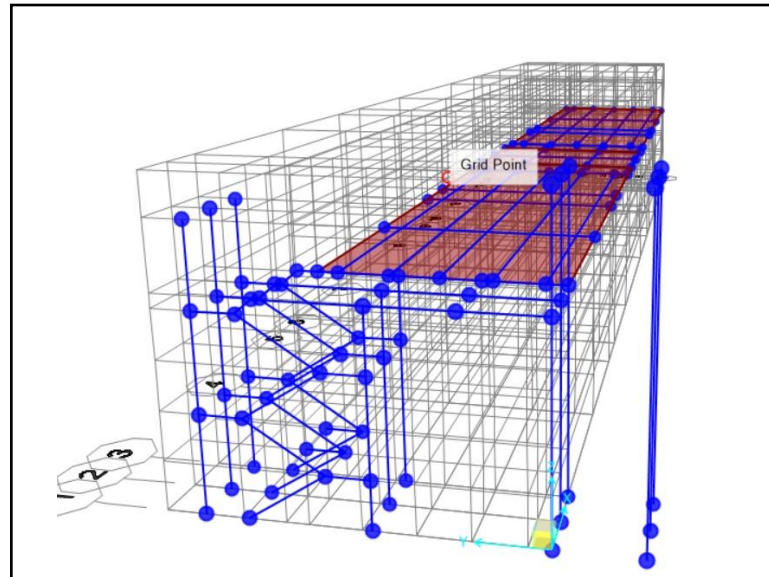


Ilustración en SAP 2024, Diseño propio.

Al mismo tiempo, se debe identificar cualquier restricción en la forma del puente, ya que puede citar cómo se modela la estructura y, en particular, qué marcos (si los hay) se pueden arriostrar y cuáles se deben modelar como rígidos. El objetivo para el diseñador es proporcionar una estructura segura y económica. La definición de una estructura económica no es sencilla, y puede ser necesario investigar varios modelos antes de emprender el análisis y diseño detallados. Sin embargo, es posible proporcionar una guía general basada en el entendimiento de que las conexiones resistentes al momento son más caras que las conexiones fijadas nominalmente. Por lo tanto, en orden de preferencia, el diseñador debe considerar:

- Construcción simple, es decir, marcos arriostrados con juntas nominalmente fijadas.
- Marcos rígidos en una dirección
- Marcos rígidos en dos direcciones.

3.6.1.2 Modelado de juntas y conexiones

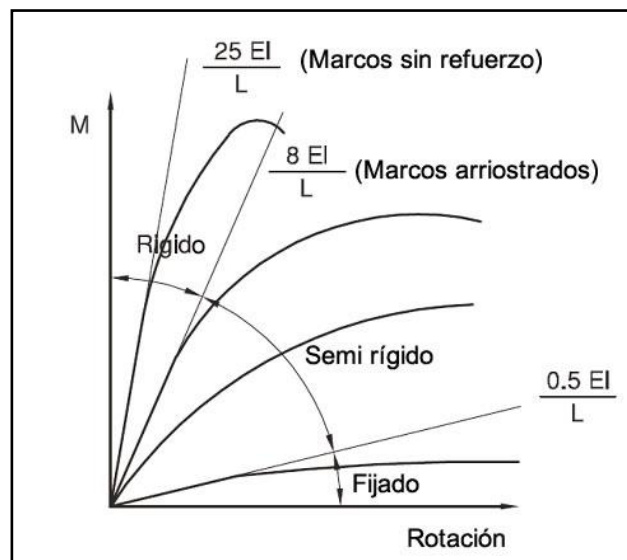
El comportamiento de la junta afecta la distribución de fuerzas y momentos internos y la deformación general de la estructura. Sin embargo, en muchos casos, el efecto de modelar una junta continua como completamente rígida, o una junta simple como perfectamente fijada, en comparación con modelar el comportamiento real, es lo suficientemente pequeño como para ser ignorado. Los programas de análisis elástico solo consideran la rigidez de la articulación y es conveniente definir tres tipos de la siguiente manera:

- **Simple:** una junta que se puede suponer que no transmite momentos de flexión. A veces se lo denomina conexión fijada, también debe ser lo suficientemente flexible.

- **Continuo:** una junta que es lo suficientemente rígida para que se descuide el efecto de su flexibilidad en el diagrama de momento de flexión del marco.
- **Semicontinuo:** una junta que es demasiado flexible para calificar como continua, pero no es un pasador. El comportamiento de este tipo de articulación debe tenerse en cuenta en el análisis del puente.

Las juntas se clasifican de acuerdo con su rigidez para el análisis y también deben tener la resistencia suficiente para transmitir las fuerzas y los momentos que actúan en la junta como resultado del análisis.

Ilustración 38. Comportamiento de marcos en general.



Fuente: Google <https://www.estructurasmetalicascolombia.com/>

3.6.2 Bases nominalmente rígidas

Si una columna está rigidamente conectada a una base adecuada, se debe aplicar las siguientes recomendaciones:

- La rigidez de la base debe limitarse a la rigidez de la columna cuando se utiliza un análisis global elástico para establecer las fuerzas y los momentos de diseño en el estado límite último.
- Se puede suponer que la base es rígida al calcular las desviaciones en el estado límite de servicio.
- Para el análisis global elástico-plástico, la rigidez supuesta de la base debe ser consistente con la capacidad de momento supuesta de la base, pero no debe exceder la rigidez de la columna. Se puede suponer cualquier capacidad de momento base entre cero y el momento plástico de resistencia de la columna, siempre que la base y la placa base estén diseñadas para resistir un momento igual a la capacidad de momento supuesta, junto con las fuerzas obtenidas del análisis.

3.6.3 Verificación del modelo

El software frecuentemente contiene valores predeterminados para ciertos datos de entrada. El diseñador estructural debe tener en cuenta los valores predeterminados asumidos por el programa, y asegurarse de que son apropiados. Todos los datos de entrada ya sean predeterminados o, de entrada, siguen siendo responsabilidad del diseñador. Los valores predeterminados son comunes tanto en el análisis como en el software de diseño.

El modelo analítico de la estructura generalmente se crea definiendo la geometría idealizada, las propiedades del material y los soportes estructurales. Asumir miembros rectos es común, sin embargo, este no es siempre el caso. Se crea el modelo de carga que define la ubicación, las magnitudes y las direcciones de las acciones en la estructura. Estas acciones generalmente se agrupan en situaciones de diseño por tipo, por ejemplo, permanente, variable, viento y nieve, etc. Finalmente, se crean combinaciones que suman las acciones en las situaciones de diseño multiplicándolas por factores relevantes como se define en los estándares de diseño, denominados mayorizaciones de carga.

Cuando las propiedades del material no son lineales, para elementos de tensión solamente o soportes de compresión solamente, se requiere un análisis no lineal. De manera similar, si las cargas no son estáticas, por ejemplo, la carga dependiente de un espectro de aceleración para modelar un terremoto, se requerirá un historial de tiempo o un análisis del espectro de respuesta. Además de las idealizaciones de modelados comunes, como asumir materiales enteramente elásticos, miembros rectos, propiedades de sección consistentes, fuerzas aplicadas en un punto o distribuidas uniformemente, también hay idealizaciones y simplificaciones en el análisis.

3.6.4 Análisis por software

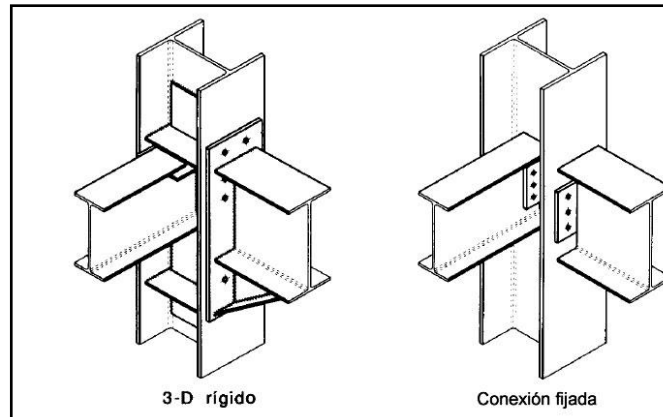
El software de análisis es aplicable a muchas formas estructurales: edificios, puentes, torres, mástiles, estructuras de tiendas de campaña, etc. Algunos programas incluyen la instalación para diferentes tipos de estructuras, como cerchas, donde los nodos están todos fijados o marcos de portal, que permita el modelado de aleros y las posiciones de sujeción con facilidad. Por lo general, el ingeniero debe definir la geometría de la estructura, los tamaños de los miembros, los soportes y las acciones antes de que se pueda ejecutar el análisis. Los tipos de elementos de los más comunes son:

- Elementos inactivos, que no se utilizan en el análisis.
- Elementos lineales como viga, armadura, elemento de enlace o elemento de viga rígido aplicable a todos los tipos de análisis.
- Elementos no lineales tales como elementos de tensión y compresión solamente, cables, resortes no lineales o elementos de separación utilizados solo en análisis no lineales.

- Elementos 2D como membranas o placas.

El software específico para el diseño de acero generalmente tiene base de datos de materiales y tipos de miembros predeterminados, por lo que a medida que se selecciona el miembro, sus propiedades se asocian automáticamente.

Ilustración 39. Tipos de conexiones.



Fuente: Google <https://www.estructurasmetalicascolombia.com/>

3.6.5 Tipos de análisis

La mayoría del software disponible comercialmente ofrece una multitud de tipos de análisis. Se pueden describir a continuación:

- ✓ **Análisis estático:** se utiliza para determinar los desplazamientos nodales, las desviaciones del elemento junto con las fuerzas, momentos y tensiones del elemento. Esta es la forma más común para el análisis de estructuras de edificios.
- ✓ **El análisis dinámico, también llamado análisis de vibración,** se utiliza para determinar las frecuencias naturales y las formas de vibración correspondientes.
- ✓ **Análisis del espectro de respuesta:** se utiliza en situaciones de terremoto para aplicar un espectro de aceleración a una estructura y determinar a partir de esto las cizallas de diseño y los momentos en los elementos.
- ✓ **Análisis de historial de tiempo:** se utiliza para aplicar carga dependiente del tiempo a una estructura.
- ✓ **Análisis de pandeo:** se utiliza para determinar los modos y los factores de carga asociados para el pandeo y evaluar si la estructura es propensa al pandeo a una carga mayor o menor que la que se ha aplicado.

3.6.6 Análisis de primer orden

En el análisis de primer orden, se supone que la rigidez de la estructura es constante y no se ve afectada por cambios en la geometría de la estructura cuando se le añaden cargas. Este es el supuesto estándar del análisis lineal-elástico de primer orden.

El principio de superposición se aplica a este enfoque cuando el modelo de análisis sigue siendo el mismo, los resultados de los análisis de diferentes conjuntos de fuerzas aplicadas se pueden sumar y los resultados de las situaciones de diseño individuales se pueden escalar. Los resultados del análisis son proporcionales a las fuerzas aplicadas.

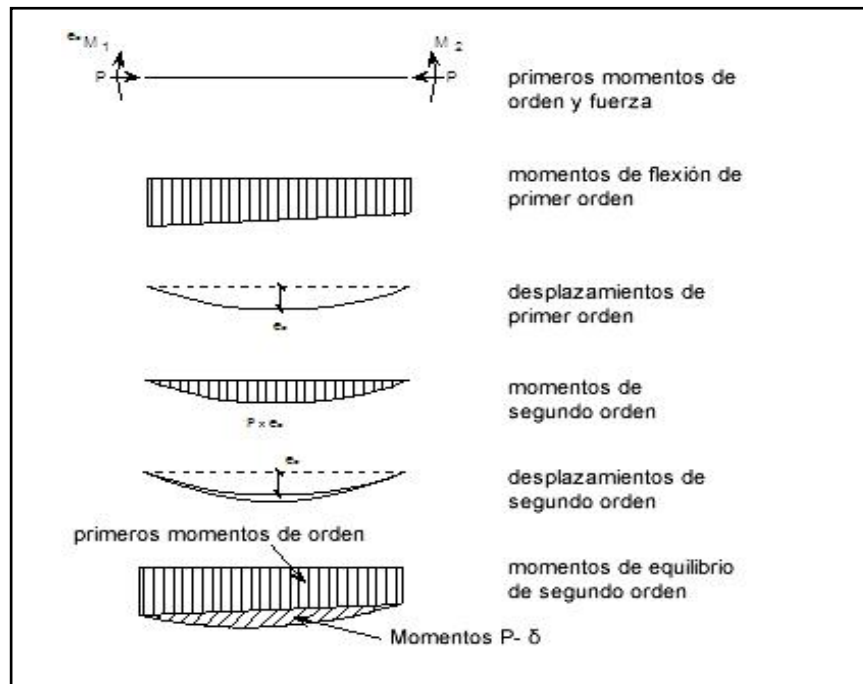
3.6.7 Análisis de segundo orden

En el análisis de segundo orden, la rigidez efectiva de la estructura cambia por la acción de las cargas sobre ella. Ejemplos de esto son las estructuras de cable, donde un cable se vuelve aparentemente más rígido a medida que se endereza. El principio de superposición no se aplica, ya que los efectos de las acciones interactúan.

Los efectos de segundo orden, a menudo llamados efectos P-delta, se ilustran comúnmente al considerar los desplazamientos, fuerzas y momentos adicionales que surgen de la aplicación de fuerzas en una estructura deflectora. Estos se conocen como efectos de segundo orden.

En algunas circunstancias, se puede utilizar un análisis de primer orden para aproximar los resultados de un análisis de segundo orden, mediante técnicas como el *Método de oscilación amplificada*, que es adecuado para el análisis de cuadros elásticos por computadora.

Ilustración 40. Diagramas de momentos y desplazamientos.



Fuente: Google <https://www.estructurasmetalicascolombia.com/>

3.6.8 Efectos de segundo orden

Efectos $P-\delta$ (P-'poco' delta)

Los efectos de segundo orden son efectos no lineales que ocurren en las estructuras donde los elementos están sujetos a una carga axial. P -delta, en realidad es solo uno de los muchos efectos de segundo orden. Es un efecto genuino que está asociado con la magnitud de la compresión axial aplicada (P) y un desplazamiento (δ). Hay dos tipos de efectos de segundo orden:

- $P-\Delta$ (P-'Big' delta) - un efecto de estructura resultante del desplazamiento articular.
- $P-\delta$ (P-'poco' delta) - un efecto de miembro resultante de la deformación en la geometría del miembro.

Los efectos de segundo orden aumentan las desviaciones, los momentos y las fuerzas más allá de los calculados por el análisis de primer orden. La sensibilidad a los efectos de segundo orden debe evaluarse en cada estructura diseñada.

3.6.10 Propiedades del material requeridas para el diseño

Las propiedades que los diseñadores deben tener en cuenta al especificar productos de construcción de acero son:

- ✓ Fuerza
- ✓ Tenacidad
- ✓ Ductilidad
- ✓ Soldabilidad
- ✓ Durabilidad

Para el diseño, las propiedades mecánicas se derivan de los valores mínimos especificados en la norma del producto. La soldabilidad está determinada por el contenido químico de la aleación, que se rige por los límites de la norma del producto. La durabilidad depende del tipo de aleación particular: acero al carbono ordinario, acero resistente a la intemperie o acero inoxidable.

3.6.10.1 Fuerza

El acero deriva sus propiedades mecánicas de una combinación de composición química, tratamiento térmico y procesos de fabricación. Si bien el componente principal del acero es el hierro, la adición de cantidades muy pequeñas de otros elementos puede tener un efecto marcado sobre las propiedades del acero. La resistencia del acero se puede aumentar mediante la adición de aleaciones como manganeso, niobio y vanadio. Sin embargo, estas adiciones de aleaciones también pueden afectar negativamente a otras propiedades, como la ductilidad, tenacidad y soldabilidad.

El trabajo mecánico tiene lugar a medida que el acero se forma. Cuanto más acero se lamina, más fuerte se vuelve. Este efecto es evidente en los estándares de material, que tienden a especificar niveles reductores de límite elástico al aumentar el espesor del material. El efecto del tratamiento térmico se explica mejor por referencia a las diversas rutas del proceso de producción que se pueden utilizar en la fabricación de acero, siendo las principales:

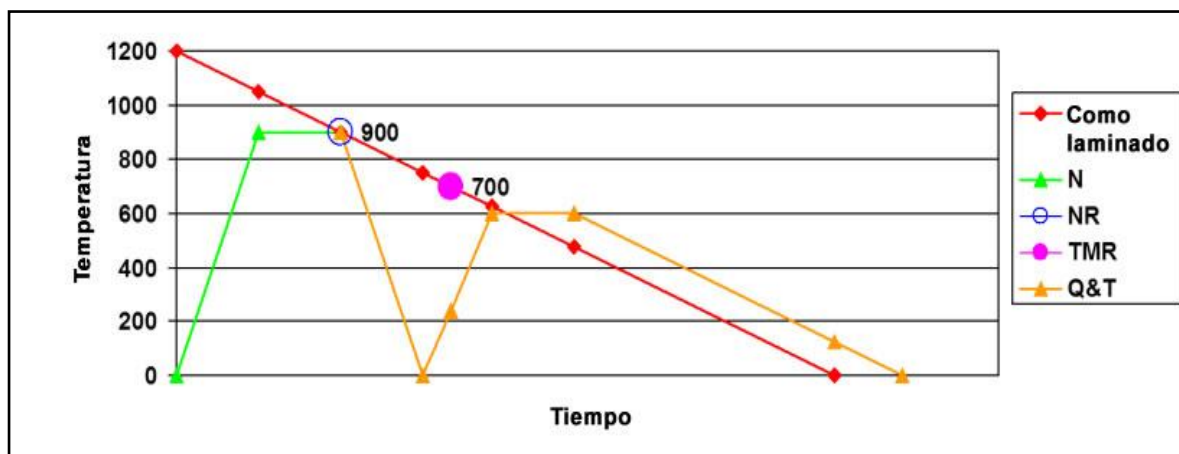
- ✓ Acero laminado.
- ✓ Acero normalizado.
- ✓ Acero laminado normalizado.
- ✓ Acero laminado termo mecánicamente.
- ✓ Acero templado y revenido.

El acero se enfría a medida que se lamina, con una temperatura típica de acabado de laminado de alrededor de 750 °C. El acero que luego se deja enfriar de forma natural se denomina material "en rollo". La normalización tiene lugar cuando el material laminado se calienta nuevamente a aproximadamente 900 °C y se mantiene a esa temperatura durante un tiempo específico, antes de dejar que se enfríe de manera natural.

Este proceso refina el tamaño del grano y mejora las propiedades mecánicas, específicamente la tenacidad. El laminado normalizado es un proceso en el que la temperatura es superior a 900 °C después de que se completa el laminado. Esto tiene un efecto similar en las propiedades de la normalización, pero elimina el proceso adicional de recalentamiento del material. El uso de acero de alta resistencia a la tracción puede reducir el volumen de acero necesario, pero el acero debe ser resistente a las temperaturas de funcionamiento, y también debe presentar suficiente ductilidad para resistir la propagación de grietas dúctiles. Por lo tanto, los aceros de mayor resistencia requieren una mayor tenacidad y ductilidad, lo que se puede lograr solo con aceros limpios con bajo contenido de carbono y maximizando el refinamiento del grano.

El acero laminado termo mecánicamente utiliza una química particular del acero para permitir una temperatura de acabado de laminación más baja de alrededor de 700 ° C. Se requiere una mayor fuerza para rodar el acero a estas temperaturas más bajas, y las propiedades se retienen a menos que se recalienten por encima de 650 °C. El proceso para el acero templado y revenido comienza con un material normalizado a 900 ° C. Se enfría rápidamente para producir acero con alta resistencia y dureza, pero baja tenacidad. La dureza se restaura recalentando a 600 °C, manteniendo la temperatura durante un tiempo específico y luego permitiendo que se enfríe naturalmente (templado). El enfriamiento consiste en enfriar un producto rápidamente por inmersión directamente en agua o aceite. Se usa con frecuencia junto con el temple, que es un tratamiento térmico de segunda etapa a temperaturas inferiores al rango de austenización. El efecto del temple es suavizar las estructuras previamente endurecidas y hacerlas más resistentes y más dúctiles.

Ilustración 42. Factores que influyen en las propiedades mecánicas de acero



Fuente: Google <https://www.estructurasmetalicascolombia.com/>

Diagrama esquemático de temperatura / tiempo de procesos de lamina

El límite elástico es la propiedad más común que necesita el diseñador, ya que es la base utilizada para la mayoría de las reglas dadas en los códigos de diseño. En las normas europeas para aceros al carbono estructurales (incluido el acero resistente a la intemperie), la designación principal se refiere al límite elástico. Los estándares del producto también especifican el rango permitido de valores para la resistencia a la tracción máxima.

Tabla 2. Rendimiento mínimo y resistencia a la tracción para calidades de acero comunes

Rendimiento mínimo y resistencia a la tracción para calidades de acero comunes						
Grado	Límite elástico (N / mm ²) para espesor nominal t (mm)					Resistencia a la tracción (N / mm ²) para espesor nominal t (mm)
	t ≤ 16	16 < t ≤ 40	40 < t ≤ 63	63 < t ≤ 80	3 < t ≤ 100	100 < t ≤ 150
S275	275	265	255	245	410	400
S355	355	345	335	325	470	450

Fuente: Google <https://www.estructurasmetalicascolombia.com/>

✓ **Aceros laminados en caliente**

Para los aceros al carbono laminados en caliente, el número indicado en la designación es el valor del límite elástico para materiales de hasta 16 mm de espesor. Los diseñadores deben tener en cuenta que el límite elástico se reduce al aumentar el espesor de la placa o sección (el material más delgado se trabaja más que el grueso y el trabajo aumenta la resistencia).

✓ **Aceros conformados en frío**

Existe una amplia gama de calidades de acero para flejes de acero adecuados para el conformado en frío.

✓ **Aceros Inoxidables**

La relación tensión-deformación no tiene la distinción clara de un punto de fluencia y las resistencias de fluencia del acero inoxidable para el acero inoxidable generalmente se citan en términos de una resistencia de prueba definida para una deformación permanente de compensación particular (convencionalmente la deformación del 0.2%).

3.6.10.2 Tenacidad

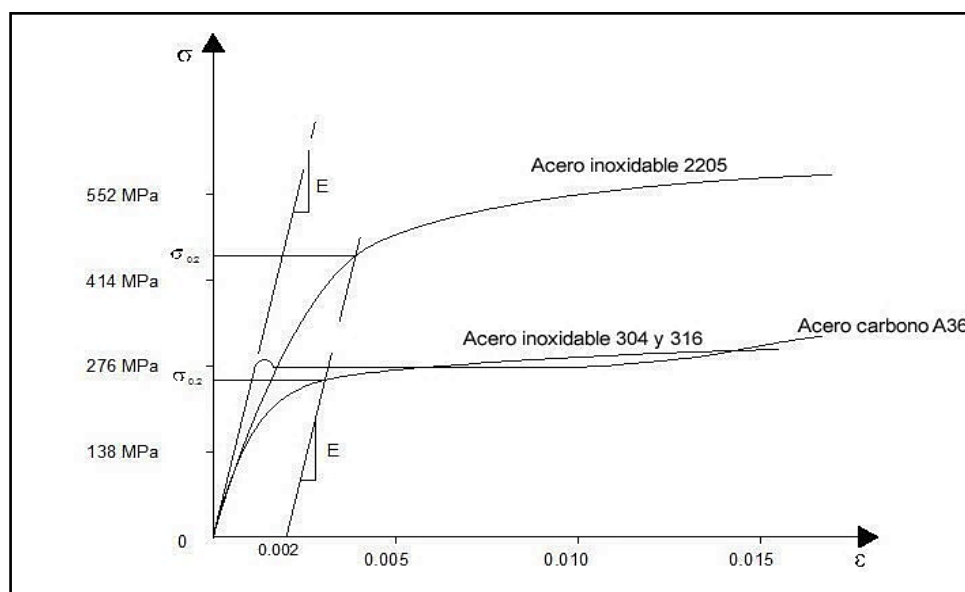
Está en la naturaleza de todos los materiales contener algunas imperfecciones. En el acero, estas imperfecciones toman la forma de grietas muy pequeñas. Si el acero no es lo suficientemente resistente, la grieta puede propagarse rápidamente, sin deformación plástica y provocar una fractura frágil. El riesgo de fractura quebradiza aumenta con el espesor, los elevadores de tensión y a temperaturas más frías. La dureza del acero y su capacidad para resistir fracturas frágiles dependen de ciertos factores que deben considerarse en la etapa de especificación.

3.6.10.3 Ductilidad. Estrés - comportamiento de deformación para acero.

La ductilidad es una medida del grado en que un material puede deformarse o alargarse entre el inicio del rendimiento y la fractura eventual bajo carga de tracción como se demuestra en la figura a continuación.

Ilustración 43. Ductilidad en las propiedades mecánicas de acero.

Estrés - comportamiento de deformación para acero.



Fuente: Google <https://www.estructurasmetalicascolombia.com/>

El diseñador confía en la ductilidad para varios aspectos del diseño, incluida la redistribución de la tensión en el estado límite final, el diseño del grupo de pernos, el riesgo reducido de propagación de grietas por fatiga y en los procesos de fabricación de soldadura, doblado y enderezado. Los diversos estándares para los grados de acero en la tabla anterior insisten en un valor mínimo para la ductilidad, de modo que los supuestos de diseño sean válidos y si se especifican correctamente, el diseñador puede estar seguro de su rendimiento adecuado.

3.6.10.4 Soldabilidad

Todos los aceros estructurales son esencialmente soldables. Sin embargo, la soldadura implica fundir localmente el acero, que posteriormente se enfría. El enfriamiento puede ser bastante rápido porque el material circundante, por ejemplo, la viga, ofrece un gran disipador de calor y la soldadura es generalmente relativamente pequeño. La susceptibilidad a la fragilidad también depende de los elementos de aleación principalmente, pero no exclusivamente, el contenido de carbono. Los diversos estándares de productos para el estándar de aceros al carbono dan expresiones para determinar este valor.

3.6.10.5 Durabilidad

Otra propiedad importante es la de la prevención de la corrosión. Aunque existen aceros especiales resistentes a la corrosión, estos no se utilizan normalmente en la construcción de puentes. El medio más común para proporcionar protección contra la corrosión al acero de construcción es pintando o galvanizando. El tipo y grado de protección de recubrimiento requerido depende del grado de exposición, ubicación, vida útil, etc. En muchos casos, en situaciones de secado interno, no se requieren recubrimientos de protección contra la corrosión que no sean la protección contra incendios adecuada.

3.6.11 Estructuras de acero a la intemperie

3.6.11.1 Acero a la intemperie

El acero resistente a la intemperie es un acero de baja aleación de alta resistencia que resiste la corrosión formando una lámina protectora de óxido adherente, que inhibe la corrosión adicional. No se necesita recubrimiento protector. Se usa ampliamente para puentes y se ha usado externamente en algunos edificios. También se utiliza para características arquitectónicas y estructuras.

3.6.11.2 Acero inoxidable

El acero inoxidable es un material altamente resistente a la corrosión que puede usarse estructuralmente, particularmente donde se requiere un acabado superficial de alta calidad. Los grados adecuados para la exposición en entornos típicos se dan a continuación.

3.6.11.3 Curvas típicas de tensión-deformación para acero inoxidable y acero al carbono en estado recocido.

El comportamiento de tensión-deformación de los aceros inoxidables difiere del de los aceros al carbono en varios aspectos. La diferencia más importante está en la forma de la curva de tensión-deformación. Mientras que el acero al carbono generalmente exhibe un comportamiento elástico lineal hasta el límite elástico y una meseta antes de que se encuentre el endurecimiento por deformación, el acero inoxidable tiene una respuesta más redondeada sin un límite elástico bien definido.

Por lo tanto, las resistencias de "rendimiento" del acero inoxidable generalmente se definen para una deformación permanente de compensación particular (convencionalmente la deformación del 0.2%).

Tabla 3. *Propiedades mecánicas específicas de los aceros inoxidables comunes.*

Propiedades mecánicas específicas de los aceros inoxidables comunes				
Descripción	Grado	Fuerza de prueba mínima del 0.2% (N / mm ²)	Máxima resistencia a la tracción (N / mm ²)	Alargamiento a la fractura (%)
Aceros austeníticos básicos de cromo-níquel	1.4301	210	520 - 720	45
	1.4307	200	500 - 700	45
Aceros austeníticos de molibdeno-cromo y níquel	1.4401	220	520 - 670	45
	1.4404	220	520 - 670	45
Aceros Duplex	1.4162	450	650 - 850	30
	1.4462	450	640 - 840	25

Fuente: Google <https://www.estructurasmetalicascolombia.com/>

Las propiedades mecánicas se aplican a la placa laminada en caliente. Para las tiras laminadas en frío y en caliente, las resistencias especificadas son 10-17% más altas.

Tabla 4. Pautas para la selección de acero inoxidable

Pautas para la selección de acero inoxidable		
Clase de corrosión atmosférica	Ambiente típico al aire libre	Acero inoxidable adecuado
C1 (muy bajo)	Desiertos y zonas árticas (muy baja humedad)	1.4301 / 1.4307, 1.4162
C2 (bajo)	Contaminación árida o baja (rural)	1.4301 / 1.4307, 1.4162
C3 (medio)	Zonas costeras con bajos depósitos de sal. Zonas urbanas o industrializadas con contaminación moderada.	1.4401 / 1.4404, 1.4162 (1.4301 / 1.4307)
C4 (alto)	Atmósfera urbana e industrializada contaminada. Zonas costeras con depósitos de sal moderados. Entornos de carreteras con sales de deshielo	1.4462, (1.4401 / 1.4404), otros dúplex o austeníticos más altamente aleados.
C5 (muy alto)	Atmósferas industriales severamente contaminadas con alta humedad. Atmósferas marinas con alto grado de depósitos de sal y salpicaduras.	1.4462, otros dúplex o austeníticos más altamente aleados.

Fuente: Google <https://www.estructurasmetalicascolombia.com/>

Los materiales adecuados para una clase superior se pueden usar para clases más bajas, pero pueden no ser rentables. Los materiales entre paréntesis podrían considerarse si se acepta una corrosión moderada. La acumulación de contaminantes corrosivos y cloruros será mayor en lugares protegidos; por lo tanto, podría ser necesario elegir un grado recomendado de la siguiente clase de corrosión más alta.

3.6.12 Innovaciones y tendencias en el uso del acero de alta resistencia.

3.6.12.1 Comparación de materiales: acero de alta resistencia vs. Alternativas convencionales

Las estructuras metálicas de acero de alta resistencia representan un avance interesante en la ingeniería estructural, utilizando aleaciones especiales de acero que ofrecen propiedades mecánicas superiores. Este tipo de estructuras se caracteriza por su capacidad para soportar cargas pesadas y resistir tensiones extremas, lo que las convierte en una elección preferida en proyectos donde la resistencia estructural es trascendente.

3.6.12.2 Características del Acero de Alta Resistencia

El acero de alta resistencia utilizado en estas estructuras tiene propiedades mejoradas en términos de límite elástico, resistencia a la tracción y tenacidad. Estas características permiten la construcción de estructuras más ligeras y esbeltas, manteniendo al mismo tiempo niveles excepcionales de resistencia, lo que resulta en un uso eficiente del material y una mayor durabilidad.

3.6.12.3 Proceso de Fabricación

La fabricación de estructuras metálicas de acero de alta resistencia implica la utilización de técnicas avanzadas de producción y soldadura. Esto se llevan a cabo con precisión para asegurar la integridad estructural y la uniformidad en las propiedades del acero, garantizando así un rendimiento óptimo bajo condiciones de cargas variadas.

3.6.12.4 Aplicaciones en la Construcción

Estas estructuras encuentran aplicaciones destacadas en la construcción de puentes, rascacielos, edificios de gran envergadura y otras obras civiles donde se requiere una combinación de resistencia excepcional y eficiencia en el uso de materiales. La capacidad de utilizar secciones más delgadas de acero de alta resistencia contribuye a la reducción del peso total de la estructura, lo que puede obtener en ahorros significativos en costos de transporte y cimentación.

3.6.12.5 Consideraciones de Diseño

El diseño de estructuras metálicas de acero de alta resistencia implica consideraciones específicas, como la selección adecuada de las aleaciones de acero, la evaluación precisa de las cargas y la aplicación de métodos de análisis avanzados. Estos aspectos sirven para aprovechar al máximo las propiedades del acero de alta resistencia y garantizar la seguridad y estabilidad de la estructura en lo largo de su vida útil.

3.6.12.6 Beneficios y Futuro

Los beneficios principales de las estructuras metálicas de acero de alta resistencia incluyen: una mayor capacidad de carga, menor peso propio de la estructura y una mayor durabilidad. A través de que la tecnología y la investigación continúan avanzando, se espera que estas estructuras sigan desempeñando una función importante en la construcción moderna, ofreciendo soluciones eficientes y sostenibles para desafíos estructurales cada vez más exigentes.

3.7 Características de las Estructuras Metálicas de Acero de Alta Resistencia

Las estructuras metálicas de acero de alta resistencia se distinguen por el uso de aleaciones avanzadas que proporcionan características mecánicas superiores. Estas aleaciones otorgan límites elásticos y resistencias a la tracción significativamente mejoradas, permitiendo la construcción de estructuras más eficientes en términos de peso, volumen y resistencia. Esto se traduce en la capacidad de soportar cargas pesadas y resistir tensiones extremas.

3.7.1 Ventajas de las Estructuras Metálicas de Acero de Alta Resistencia

Las ventajas clave de estas estructuras, en su capacidad para ofrecer resistencia excepcional con un peso relativamente ligero. El acero de alta resistencia permite la construcción de elementos más delgados y livianos, lo que resulta en un uso más eficiente del material. No solo contribuye a la eficiencia en la construcción, sino que también puede llevar a ahorros significativos en costos de transporte y cimentación.

3.7.2 Estructuras Metálicas de Acero de Alta Resistencia, Tipos Comunes

Estructuras de Vigas y Columnas

Las estructuras de vigas y columnas de acero de alta resistencia son aplicadas en edificaciones de gran envergadura. Estas ofrecen una combinación precisa de resistencia y ligereza, permitiendo la construcción de estructuras más esbeltas sin sacrificar la capacidad de carga.

3.7.3 Puentes con Vigas de Acero de Alta Resistencia

En la construcción de puentes, el uso de vigas de acero de alta resistencia es común. Estas vigas permiten la creación de puentes más livianos y eficientes, capaces de soportar cargas mayores y resistir tensiones extremas, especialmente en situaciones donde se requiere una alta resistencia a la fatiga.

3.7.4 Ventajas en la Construcción de las estructuras metálicas de acero de alta resistencia:

Las estructuras metálicas de acero de alta resistencia ofrecen una serie de ventajas específicas en comparación con otros materiales, como el hormigón armado o la madera. Estas ventajas incluyen:

- **Mayor resistencia:** Es mucho más resistente que el hormigón armado o la madera. Esto permite crear estructuras más ligeras y eficientes, que requieren menos materiales y mano de obra.
- **Mayor durabilidad:** Es más duradero que el hormigón armado o la madera. Es menos susceptible a la corrosión y al desgaste, lo hace ideal para aplicaciones en entornos hostiles.
- **Mayor flexibilidad:** Es más flexible que el hormigón armado o la madera. Esto lo hace ideal para aplicaciones que requieren una alta resistencia a la flexión o al impacto.

Estas ventajas afectan el diseño y la construcción de estructuras de varias maneras.

- Permiten crear estructuras más ligeras y eficientes. Esto reduce los costos de construcción, así como el impacto ambiental.
- Además, permiten crear estructuras más duraderas. Esto puede reducir los costos de mantenimiento y reparación, así como aumentar la vida útil.
- Permiten crear estructuras más flexibles. Esto puede mejorar la resistencia de las edificaciones a los terremotos, los huracanes y otros fenómenos naturales.

3.7.5 Normativas y estándares para el uso de acero de alta resistencia en la construcción

Existen normativas específicas que rigen el uso de acero de alta resistencia en la construcción, están diseñadas para garantizar la seguridad y la durabilidad de las estructuras construidas con este material.

3.7.6 Normativas en los Estados Unidos

En los Estados Unidos, las normativas más relevantes son las siguientes:

- **Códigos de construcción:** Establecen los requisitos mínimos de diseño y construcción para edificios y otras estructuras. Estos códigos suelen incluir requisitos específicos para el uso de acero de alta resistencia.
- **Normas de fabricación:** Establecen los requisitos para la fabricación de acero de alta resistencia. Estas normas garantizan que el acero tenga las propiedades necesarias para su uso en la construcción.
- **Normas de pruebas:** Establecen los métodos para probar las propiedades del acero de alta resistencia. Estas normas ayudan a garantizar que el acero cumpla con los requisitos de los códigos de construcción y las normas de fabricación.

3.7.7 Cumplimiento de las normativas

Se asegura durante el proceso de diseño y construcción a través de los siguientes pasos:

- **Selección del acero:** El ingeniero estructural debe seleccionar el acero adecuado para la aplicación específica. Para ello, debe tener en cuenta los requisitos del código de construcción, las condiciones ambientales y las cargas a las que estará sometida la estructura.
- **Diseño:** El diseño de la estructura debe cumplir con los requisitos del código de construcción y las normas de fabricación. Se debe tener en cuenta las propiedades del acero al diseñar la estructura.
- **Fabricación:** Debe cumplir con las normas de fabricación. El fabricante debe realizar las pruebas necesarias para garantizar que el acero cumple con los requisitos de las normas.
- **Inspección:** Debe realizarse durante el proceso de construcción para garantizar que cumple con los requisitos de las normas y el código de construcción.

Además de las normativas y estándares nacionales, también pueden existir normativas y estándares locales o regionales que rigen el uso de acero de alta resistencia en la construcción. Es importante consultar con las autoridades locales para conocer los requisitos específicos aplicables.

3.7.8 Comparación del acero de alta resistencia con otros materiales de construcción:

- **Costos**

Puede ser más costoso que el acero convencional en un principio. Sin embargo, el costo del acero de alta resistencia puede compensarse con el ahorro de material, ya que se necesita menos acero para soportar las mismas cargas. Además, el acero de alta resistencia requiere menos mantenimiento que otros materiales, lo que también puede reducir los costos a largo plazo.

- **Resistencia**

Ofrece una mayor resistencia que el acero convencional. Esto significa que puede soportar mayores cargas sin deformarse o romperse. La mayor resistencia del acero de alta resistencia lo hace ideal para aplicaciones que requieren estructuras fuertes y duraderas.

- **Durabilidad**

Puede soportar condiciones ambientales extremas y cargas repetitivas sin sufrir daños. La mayor durabilidad del acero de alta resistencia lo hace ideal para aplicaciones que requieren estructuras que deban durar muchos años.

3.7.9 Estructuras Metálicas de Acero Soldadas

Sostenibilidad, Resistencia y Diseño. Aspectos Técnicos y Normativos en Estructuras de Acero Soldadas

Las estructuras metálicas soldadas son sistemas constructivos que se componen de piezas metálicas unidas entre sí mediante soldadura.

La soldadura es un proceso de unión de metales en el cual se funden los extremos de las piezas que se desean unir, generalmente mediante la aplicación de calor y presión, y se forma una unión fuerte y continua cuando el metal se solidifica nuevamente. En el caso de las estructuras metálicas soldadas, las piezas metálicas se unen entre sí mediante soldadura para formar un conjunto estructural resistente y duradero. La soldadura se puede realizar utilizando diferentes tipos de soldadura, como la soldadura por arco eléctrico, la soldadura por resistencia, la soldadura por gas, entre otros.

Cada tipo de soldadura tiene sus propias características y se emplea en función de los materiales que se van a unir, la aplicación específica y las condiciones de trabajo que se someterá a la estructura. Las estructuras metálicas soldadas ofrecen varias ventajas en comparación con otros métodos de unión, como la capacidad de resistir cargas pesadas, construir diseños complejos y la facilidad de mantenimiento y modificación. Además, las estructuras metálicas soldadas suelen ser más económicas y rápidas de construir en comparación con otros métodos de construcción.

La calidad de las soldaduras y la fiscalización adecuada son fundamentales para garantizar la

integridad y seguridad de las estructuras metálicas soldadas. Se deben seguir normas y estándares de soldadura para asegurar la calidad de las uniones soldadas y prevenir posibles debilitamientos estructurales o fallas.

3.7.10 Divisiones y categorización de las Estructuras de Acero Soldadas

A continuación, se mencionan subdivisiones y categorías de las estructuras de acero soldadas:

3.7.10.1 Según el tipo de carga:

- **Estructuras de acero soldadas para carga vertical:** Estas estructuras están diseñadas para soportar principalmente cargas verticales, como el peso de la construcción, maquinaria o equipos.
- **Estructuras de acero soldadas para carga horizontal:** Estas estructuras están diseñadas para resistir fuerzas horizontales, como viento o movimientos sísmicos.

3.7.10.2 Según la forma de la estructura:

- **Estructuras de acero soldadas con perfiles laminados:** Utilizan perfiles de acero laminado, como vigas y columnas, que se sueldan para formar la estructura.
- **Estructuras de acero soldadas con perfiles conformados en frío:** Utilizan perfiles de acero formados en frío, como perfiles C y Z, que se sueldan para formar la estructura.

3.7.10.3 Según el método de soldadura:

- **Estructuras de acero soldadas con arco eléctrico:** Se utilizan técnicas de soldadura con arco eléctrico, como la soldadura por arco de metal protegido (SMAW) o la soldadura por arco sumergido (SAW).
- **Estructuras de acero soldadas con soldadura por resistencia:** Se utilizan técnicas de soldadura por resistencia, como la soldadura por puntos o la soldadura por costura, para unir los elementos de acero.

3.7.10.4 Según la aplicación:

- **Estructuras de acero soldadas para edificios industriales:** Se utilizan en la construcción de fábricas, almacenes, plantas de producción y otras instalaciones industriales.
- **Estructuras de acero soldadas para puentes:** Se utilizan en la construcción de puentes y viaductos, que requieren una alta resistencia y rigidez.
- **Estructuras de acero soldadas para torres y postes:** Se utilizan en la construcción de torres de comunicación, postes de electricidad y otras estructuras de gran altura.

3.7.11 Tipos de Soldaduras Utilizadas en Estructuras de Acero

Los tipos de soldadura más comunes utilizados en estructuras de acero son:

- Soldadura por arco manual con revestimiento de fundente (SMAW)
- Soldadura por arco sumergido (SAW)
- Soldadura por arco con gas protector (GMAW)
- Soldadura TIG (GTAW)

3.7.12 Ventajas y desventajas de cada tipo de soldadura

Tabla 5. Ventajas y desventajas de cada tipo de soldadura

Tipo de soldadura	Ventajas	Desventajas
SMAW	✓ Versatilidad ✓ Bajo costo ✓ Fácil de aprender	✓ Baja productividad ✓ Producción de humos ✓ Dependencia de la habilidad del soldador
SAW	✓ Alta productividad ✓ Baja producción de humos ✓ Mayor facilidad de uso que la soldadura TIG	✓ Mayor costo que la soldadura SMAW ✓ Mayor complejidad
GMAW	✓ Alta productividad ✓ Baja producción de humos ✓ Mayor facilidad de uso que la soldadura TIG	✓ Mayor costo que la soldadura SMAW ✓ Mayor complejidad
TIG	✓ Alta calidad de soldadura ✓ Capacidad para soldar aceros inoxidables y aleados ✓ Menor producción de humos que la soldadura SMAW	✓ Baja productividad ✓ Alto costo ✓ Dependencia de la habilidad del soldador

Fuente: Google <https://www.estructurasmetalicascolombia.com/>

La elección del tipo de soldadura adecuado para una estructura de acero depende de una serie de factores, incluyendo el espesor de las piezas que se van a soldar, el tipo de acero que se va a soldar, la aplicación de la estructura y el presupuesto disponible.

3.7.13 Diseño y Análisis de las Estructuras Soldadas

¿Cómo se diseña una estructura de acero soldada para garantizar su estabilidad y seguridad?

- ✓ **Revisión de los requisitos de diseño.** Se deben identificar los requisitos de diseño de la estructura, incluyendo su función, las cargas a las que estará sometida y las condiciones ambientales en las que se encontrará.
- ✓ **Análisis estructural.** Una vez identificados los requisitos de diseño, se debe realizar un análisis estructural de la estructura para determinar sus dimensiones y propiedades mecánicas. El análisis estructural se puede realizar mediante métodos analíticos, numéricos o experimentales.
- ✓ **Diseño de los detalles de soldadura.** El diseño de los detalles de soldadura es fundamental para garantizar la calidad y la durabilidad de la estructura. Los detalles de soldadura deben tener en cuenta los requisitos de diseño, el tipo de soldadura y las propiedades del acero.
- ✓ **Inspección y pruebas.** Las estructuras de acero soldadas deben ser inspeccionadas y probadas para garantizar que cumplen los requisitos de diseño. Las inspecciones y pruebas se pueden realizar mediante métodos visuales, no destructivos o destructivos.

3.7.14 Normativas y códigos que se aplican en el diseño de estructuras soldadas

- **ASTM A240/A240M:** Norma estadounidense para aceros estructurales para soldadura.
- **AWS D1.1/D1.1M:** Norma estadounidense para diseño, fabricación y montaje de estructuras soldadas.
- **Eurocódigo 3:** Norma europea para diseño de estructuras de acero.
- **Código Estructural Argentino:** Código argentino para diseño de estructuras de acero.

Cómo afectan las cargas dinámicas y estáticas a las estructuras de acero soldadas

Las estructuras de acero soldadas están sometidas a cargas, que pueden ser estáticas o dinámicas. Las cargas estáticas son aquellas que permanecen constantes con el tiempo, como el peso propio de la estructura. Las cargas dinámicas son aquellas que varían con el tiempo, como las cargas de viento, las cargas de nieve o las cargas sísmicas.

Las cargas estáticas afectan a las estructuras de acero soldadas de la misma manera que afectan a cualquier otra estructura. Las cargas estáticas provocan tensiones en los miembros de la estructura, que deben ser capaces de soportar estas tensiones sin deformarse.

Las cargas dinámicas pueden provocar problemas adicionales en las estructuras de acero soldadas. Las cargas dinámicas pueden producir vibraciones en la estructura, que pueden provocar fatiga del material y fallos consecuentemente. Además, las cargas dinámicas pueden provocar cargas de impacto en la estructura, que pueden causar daños severos.

Para evitar los problemas causados por las cargas dinámicas, las estructuras de acero soldadas deben diseñarse teniendo en cuenta este tipo de cargas. El diseño debe incluir medidas para reducir las vibraciones y los impactos, como la utilización de amortiguadores o la incorporación de elementos redundantes a la estructura.

En resumen, el diseño y análisis de estructuras de acero soldadas es un proceso complejo que requiere el cumplimiento de una serie de requisitos. Se debe garantizar la estabilidad y seguridad de la estructura bajo las cargas a las que estará sometida.

Las normativas y códigos aplicables establecen los requisitos mínimos que deben cumplir las estructuras. Las cargas dinámicas pueden provocar problemas adicionales en las estructuras de acero soldadas, por lo que en el diseño se deberá tener en cuenta.

3.7.15 Tipos de acero utilizados en la construcción de estructuras soldadas

- **Aceros al carbono.** Son los aceros más comunes, y se caracterizan por su bajo costo y su facilidad de fabricación. Se utilizan en una amplia gama de aplicaciones, incluyendo puentes, edificios, torres y estructuras industriales.
- **Aceros inoxidables.** Son aceros que contienen cromo, lo que le confiere resistencia a la corrosión. Se utilizan en aplicaciones donde la corrosión es un problema, como en entornos marinos o industriales.
- **Aceros aleados.** Son aceros que contienen elementos aleantes, como el manganeso, el níquel o el silicio. Estas aleaciones mejoran las propiedades del acero, como su resistencia a la tracción, su resistencia a la fatiga o su resistencia a la corrosión. Se utilizan en aplicaciones donde se requieren propiedades mecánicas específicas, como en estructuras sometidas a cargas dinámicas o en estructuras que deben funcionar en entornos hostiles.

3.7.16 Influencia de las propiedades del material en la selección del acero para estructuras soldadas

- ✓ **Resistencia a la tracción.** La resistencia a la tracción es la máxima fuerza que un material puede soportar antes de romperse. Es una propiedad importante para estructuras sometidas a cargas elevadas, como puentes o edificios.
- ✓ **Ductilidad.** Las estructuras soldadas deben estar fabricadas con aceros que tengan una resistencia a la tracción adecuada para soportar las cargas a las que estarán sometidas. Además, las estructuras que deben soportar cargas dinámicas deben estar fabricadas con aceros que tengan una ductilidad adecuada para absorber las deformaciones causadas por estas cargas asignadas.

La selección del acero para estructuras soldadas se realiza teniendo en cuenta una serie de factores, que incluyen las propiedades del material, las cargas a las que estará sometida la estructura, las condiciones ambientales en las que se encontrará y el presupuesto disponible.

3.7.17 Procesos estándar para fabricar y montar estructuras de acero soldadas

Entre los procesos de fabricación, tenemos lo siguiente:

- **Corte.** El corte se utiliza para cortar el acero a la longitud y forma deseadas. Los procesos de corte más comunes incluyen:
 - ✓ Corte con sierra
 - ✓ Corte con cizalla
 - ✓ Corte con láser
- **Doblado.** El doblado se utiliza para curvar el acero a la forma deseada. Los procesos de doblado más comunes incluyen:
 - ✓ Doblado manual
 - ✓ Doblado con prensa
 - ✓ Doblado con máquina CNC
- **Perforación.** La perforación se utiliza para crear orificios en el acero. Los procesos de perforación más comunes incluyen:
 - ✓ Perforación manual
 - ✓ Perforación con máquina
 - ✓ Perforación con láser

3.7.18 Procesos de montaje

- **Soldadura.** La soldadura es el proceso más común para unir piezas de acero. Los tipos de soldadura más comunes para estructuras de acero soldadas incluyen:
 - ✓ Soldadura manual con electrodo revestido (SMAW)
 - ✓ Soldadura por arco sumergido (SAW)
 - ✓ Soldadura por arco con gas protector (GMAW)
 - ✓ Soldadura por arco con tungsteno inerte gas (TIG)
- **Tornillería.** La tornillería se utiliza para unir piezas de acero cuando la soldadura no es posible o práctica.

3.7.19 Mantenimiento de estructuras de acero soldadas

El mantenimiento de las estructuras de acero soldadas es importante para garantizar su duración y seguridad. El mantenimiento de las estructuras de acero soldadas debe ser realizado por personal calificado y experimentado. Podremos mencionar lo siguiente:

- ✓ Inspección visual. Las inspecciones visuales se deben realizar con regularidad para detectar signos de corrosión, desgaste o daños.
- ✓ Reparación de defectos. Los defectos que se detecten en las inspecciones deben repararse de inmediato.
- ✓ Pintura. La pintura protege las estructuras de la corrosión.
- ✓ Lubricación. La lubricación de los componentes móviles ayuda a prolongar su vida útil.

3.7.20 Comportamiento ante Cargas

Las estructuras de acero soldadas pueden soportar una amplia lista de cargas, incluyendo:

- **Cargas estáticas.** Son cargas que no varían con el tiempo. Las estructuras de acero soldadas son muy resistentes a este tipo de cargas.
- **Cargas dinámicas.** Son cargas que varían con el tiempo. Las estructuras de acero soldadas también pueden soportar este tipo de cargas, pero es importante tener en cuenta los efectos de la fatiga.
- **Cargas combinadas.** Son cargas que actúan en diferentes direcciones. Las estructuras de acero soldadas deben diseñarse para soportar este tipo de cargas.

El comportamiento de las estructuras de acero soldadas ante cargas depende de una serie de factores, incluyendo:

- ✓ **El tipo de soldadura.** Los tipos de soldadura con propiedades mecánicas más uniformes son menos susceptibles a la fatiga.
- ✓ **La calidad de la soldadura**
- ✓ Una soldadura de mala calidad puede ser más susceptible a la fatiga.
- ✓ **El diseño de la estructura**
- ✓ El diseño de la estructura debe tener en cuenta los efectos de las cargas.
- ✓ **Fatiga en las estructuras soldadas.** La fatiga es la falla de un material debido a la aplicación repetida de cargas inferiores a su resistencia a la tracción. En las estructuras soldadas, la fatiga suele producirse en las zonas de concentración de tensiones, como los cordones de soldadura.

En general, las estructuras de acero soldadas son muy resistentes a la fatiga. Sin embargo, es importante tener en cuenta los factores que pueden contribuir a la fatiga para diseñar y construir estructuras seguras y duraderas.

3.7.21 Protección contra la corrosión

Las estructuras de acero soldadas están expuestas a la corrosión que es un proceso electroquímico que puede causar la degradación del acero y la pérdida parcial de su resistencia. Para proteger las estructuras de acero soldadas contra la corrosión, se pueden tomar las siguientes medidas:

- **Diseño:** El diseño de la estructura debe tener en cuenta la corrosión. Por ejemplo, las zonas que estarán expuestas a la humedad o a las sales deben estar protegidas adecuadamente.
- **Elección del material:** El acero inoxidable es una buena opción para estructuras que estarán expuestas a la corrosión.
- **Protección superficial:** La aplicación de una capa protectora, como pintura, recubrimiento o galvanizado, puede ayudar a proteger el acero de la corrosión.

3.7.22 Protección contra el fuego

Las estructuras de acero soldadas son resistentes al fuego, pero pueden verse afectadas por el calor extremo. Para proteger las estructuras de acero soldadas contra el fuego, se pueden tomar las siguientes medidas:

- **Elección del material:** El acero estructural es una buena opción para estructuras que estarán expuestas al fuego.
- **Diseño:** El diseño de la estructura debe tener presente la posibilidad del fuego. Por ejemplo, las zonas que estarán expuestas al fuego deben estar diseñadas para soportar el calor extremo.
- **Protección contra el fuego:** La aplicación de un material ignífugo, como el hormigón o la fibra de vidrio como revestimiento, puede ayudar a proteger al acero del fuego.

3.7.23 Influencia de los tratamientos en el diseño y mantenimiento de la estructura

Los tratamientos para proteger las estructuras de acero soldadas contra el fuego y la corrosión pueden influir en el diseño y el mantenimiento de la estructura de las siguientes maneras:

- **Diseño:** La elección del material y el diseño de la estructura deben tener en cuenta los tratamientos que se van a aplicar. Por ejemplo, el acero inoxidable tiene una mayor conductividad térmica que el acero estructural, lo que puede afectar al diseño de la estructura.
- **Mantenimiento:** Los tratamientos que se aplican a las estructuras de acero soldadas deben ser inspeccionados y mantenidos regularmente para garantizar su eficacia. Por ejemplo, la pintura debe ser repintada periódicamente para mantener su protección contra la corrosión.

En general, los tratamientos para proteger las estructuras de acero soldadas contra la corrosión y el fuego son esenciales para garantizar su vida útil y seguridad.

3.7.24 Sostenibilidad en la construcción con estructuras de acero soldadas

Las estructuras de acero soldadas son una opción sostenible para la construcción, ya que el acero es un material muy duradero y reciclable. El acero puede reutilizarse indefinidamente sin perder sus propiedades mecánicas, lo que lo convierte en un material muy eficiente desde el punto de vista de los recursos. Algunas de las formas en que se aborda la sostenibilidad en la construcción con estructuras de acero soldadas incluyen:

- **Diseño:** El diseño de las estructuras de acero soldadas debe tener en cuenta la sostenibilidad. Por ejemplo, las estructuras pueden diseñarse para ser desmontables o reutilizables, lo que facilita su reciclaje al final de su vida útil.
- **Materiales:** La elección de los materiales adecuados es importante para la sostenibilidad. El acero es una buena opción, pero también se pueden utilizar otros materiales sostenibles, como el acero reciclado o el acero con bajo contenido de carbono.

- **Construcción:** La construcción de las estructuras de acero soldadas debe realizarse de forma eficiente y sostenible. Por ejemplo, se pueden utilizar métodos de construcción que reduzcan los residuos y el consumo de energía.

El reciclaje del acero es una práctica importante para la sostenibilidad de la construcción. Al reciclar el acero, se reduce la necesidad de extraer nuevos recursos y se minimiza la contaminación.

3.7.25 Innovaciones en la tecnología de soldadura para estructuras de acero

Las últimas innovaciones en la tecnología de soldadura para estructuras de acero se centran en mejorar la calidad, la eficiencia y la sostenibilidad de la soldadura. Algunas de las tendencias más destacadas incluyen:

- **Soldadura robótica:** Los robots de soldadura están ganando popularidad en la construcción de estructuras de acero, ya que pueden realizar soldaduras de alta calidad de forma consistente y eficiente.
- **Soldadura por láser:** La soldadura por láser es un proceso de soldadura rápido y preciso que puede utilizarse para crear uniones de soldadura fuertes y duraderas.
- **Soldadura por fricción:** La soldadura por fricción es un proceso de soldadura que utiliza la fricción entre dos piezas de metal para generar calor y crear una unión de soldadura.
- **Soldadura híbrida:** La soldadura híbrida combina dos o más procesos de soldadura para crear uniones de soldadura más fuertes y duraderas.

Estas innovaciones están ayudando a los fabricantes de estructuras de acero a construir estructuras más seguras, eficientes y sostenibles.

3.7.26 Tendencias emergentes en el diseño y construcción de estructuras de acero soldadas

Las tendencias emergentes que están influyendo en el diseño y construcción de estructuras de acero soldadas incluyen:

- **Digitalización:** La digitalización está transformando la industria de la construcción. Los fabricantes de estructuras de acero están utilizando tecnologías digitales, como el modelado 3D y la realidad virtual, para mejorar el diseño, la fabricación y la construcción de estructuras.

- **Sostenibilidad:** Los fabricantes de estructuras de acero están cada vez más comprometidos con la sostenibilidad. Esto está impulsando el desarrollo de nuevos materiales y procesos de soldadura que sean más respetuosos con el medio ambiente.
- **Automatización:** La automatización está ganando terreno en la construcción de estructuras de acero. Los fabricantes están utilizando robots y otros sistemas automatizados para mejorar la eficiencia y la precisión de la construcción.

Estas tendencias están dando lugar a nuevos diseños y métodos de construcción de estructuras de acero. Por ejemplo, los fabricantes están utilizando materiales más ligeros y eficientes, como el acero de alta resistencia, para reducir el peso y el consumo de energía de las estructuras. También están utilizando otros sistemas automatizados para mejorar la precisión y la eficiencia de la construcción.

En general, las innovaciones en la tecnología de soldadura y las tendencias emergentes en el diseño y construcción de estructuras de acero están impulsando el desarrollo de estructuras de acero más seguras, eficientes y sostenibles.

3.7.27 Diseño de estructuras de acero soldadas para zonas sísmicas

El diseño de estructuras de acero soldadas para zonas sísmicas debe tener en cuenta los siguientes factores:

- **Disipación de energía:** Las estructuras de acero soldadas deben ser capaces de disipar la energía de los terremotos. Esto se puede lograr mediante el uso de elementos de disipación de energía, como disipadores de energía sísmica o vigas de acero de alta resistencia.
- **Fuerzas sísmicas:** Los movimientos sísmicos generan fuerzas de corte, torsión y momentos flexionante en las estructuras. El diseño debe tener en cuenta estas fuerzas para garantizar que la estructura pueda resistirlas sin sufrir daños.
- **Flexibilidad:** Las estructuras de acero soldadas deben ser flexibles para poder absorber la energía de los terremotos. La flexibilidad se puede lograr mediante el uso de secciones compuestas, como vigas en T o vigas en I.

3.7.28 Consideraciones especiales en la soldadura para estructuras ubicadas en zonas sísmicas

Las siguientes consideraciones especiales deben tenerse en cuenta en la soldadura de estructuras de acero ubicadas en zonas sísmicas:

- **Inspección y ensayo:** Las soldaduras deben ser ensayadas e inspeccionadas adecuadamente. La inspección y ensayo de las soldaduras puede ayudar a garantizar su calidad.
- **Cumplimiento de códigos y normas:** La soldadura debe realizarse de acuerdo con los códigos y normas aplicables. Los códigos de soldadura para zonas sísmicas suelen tener requisitos más estrictos que los códigos para zonas no sísmicas.
- **Calidad de las soldaduras:** Las soldaduras deben ser de alta calidad. Las soldaduras de baja calidad pueden ser más propensas a la falla durante un sismo severo.

Algunos ejemplos específicos de consideraciones especiales en la soldadura para estructuras ubicadas en zonas sísmicas incluyen:

- **Procesos de soldadura:** El uso de procesos de soldadura que no produzcan tensiones residuales en las soldaduras puede ayudar a aumentar su resistencia.
- **Electrodos de soldadura:** El uso de electrodos de soldadura que tengan una baja sensibilidad a la distorsión puede ayudar a reducir el riesgo de que las soldaduras se debiliten y fallen.
- **Técnicas de soldadura:** El uso de técnicas de soldadura que produzcan soldaduras de baja distorsión también puede ayudar a reducir el riesgo de falla.

El diseño y la soldadura adecuados de las estructuras de acero soldadas son esenciales para garantizar su seguridad en zonas sísmicas.

CAPÍTULO IV

MEMORIA DE CALCULO

4.1 Análisis estructural

El diseño se desarrolló a partir de un pre-dimensionamiento que permitió establecer de manera preliminar los perfiles de acero que conformarían las vigas, esto de la mano del diseño arquitectónico, de tal manera que las dimensiones de estos elementos no interfieran en los espacios arquitectónicos ya establecidos. Una vez desarrollado el pre-dimensionamiento se procedió a utilizar el programa Sap2000 (software para el análisis estructural), donde se modeló la estructura y se asignaron los elementos pre-dimensionados, los materiales (acero y hormigón), las cargas vivas y muertas, el espectro de respuesta sísmica, entre otros datos importantes que permitieron realizar la comprobación del comportamiento real que tendrá la estructura.

4.1.1 Selección de materiales

4.1.1.1 Hormigón

Concreto. Resistencia nominal a la compresión a los 28 días será:

$f'_c = 240 \text{ kg/cm}^2$, para la losa

- Módulo de Elasticidad: $E = 15100 \sqrt{f'_c \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 217370 \text{ kg/cm}^2$ para losa

4.1.1.2 Acero

Las varillas que reforzarán y armarán el hormigón serán de una resistencia de:

Esfuerzo de fluencia de $f_y = 4200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$

Módulo de elasticidad del acero de refuerzo $E_s = 2100000 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$

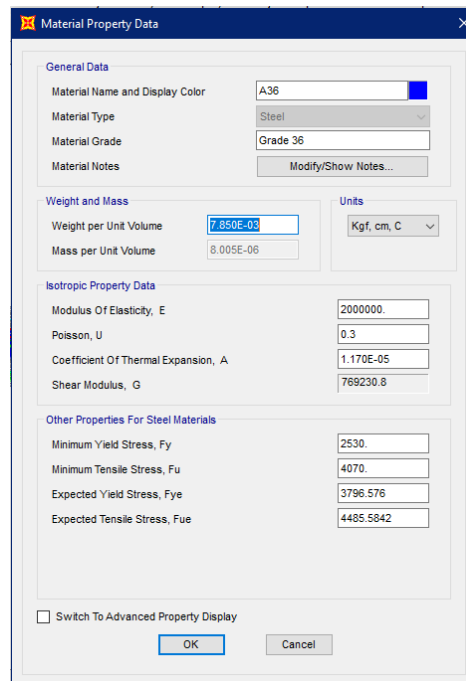
Acero Estructural A572 Gr50

Esfuerzo de fluencia de $F_y = 3500 \text{ kg/cm}^2$

Módulo de elasticidad del acero estructural $E_s = 2100000 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$

4.1.1.3 Tipos de acero para el diseño:

A-36, A572Gr50 y hormigón con $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$



The dialog box 'Material Property Data' is shown for A36 Steel. It contains the following fields and values:

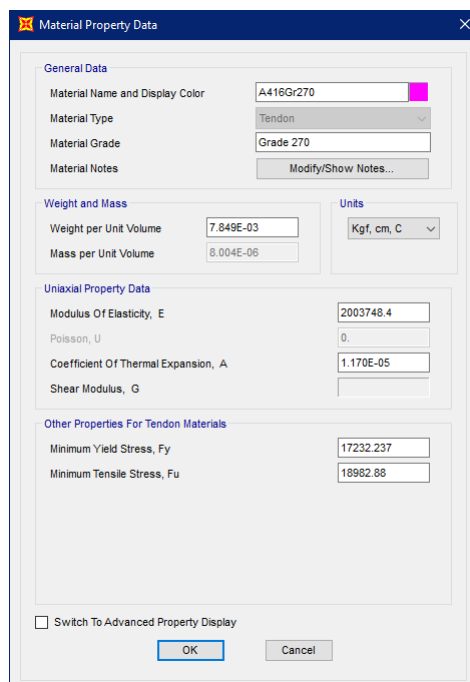
Section	Property	Value
General Data	Material Name and Display Color	A36
	Material Type	Steel
	Material Grade	Grade 36
	Material Notes	Modify/Show Notes...
Weight and Mass	Weight per Unit Volume	7.850E-03
	Mass per Unit Volume	8.005E-06
Isotropic Property Data	Modulus Of Elasticity, E	2000000.
	Poisson, U	0.3
	Coefficient Of Thermal Expansion, A	1.170E-05
	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
	Expected Tensile Stress, Fue	4485.5842

Units: Kgf, cm, C

Switch To Advanced Property Display: ☐

Buttons: OK, Cancel

Acero de alta resistencia: A416Gr270



The dialog box 'Material Property Data' is shown for A416Gr270 Steel. It contains the following fields and values:

Section	Property	Value
General Data	Material Name and Display Color	A416Gr270
	Material Type	Tendon
	Material Grade	Grade 270
	Material Notes	Modify/Show Notes...
Weight and Mass	Weight per Unit Volume	7.849E-03
	Mass per Unit Volume	8.004E-06
Uniaxial Property Data	Modulus Of Elasticity, E	2003748.4
	Poisson, U	0.
	Coefficient Of Thermal Expansion, A	1.170E-05
	Shear Modulus, G	
Other Properties For Tendon Materials	Minimum Yield Stress, Fy	17232.237
	Minimum Tensile Stress, Fu	18982.88

Units: Kgf, cm, C

Switch To Advanced Property Display: ☐

Buttons: OK, Cancel

Acero de alta resistencia: A572Gr50

The dialog box displays material properties for A572Gr50 steel. It includes sections for General Data, Weight and Mass, Isotropic Property Data, and Other Properties For Steel Materials. The material name is A572Gr50, type is Steel, and grade is Grade 50. The weight per unit volume is 7.849E-03 and mass per unit volume is 8.004E-06. The modulus of elasticity is 2038901.9, Poisson's ratio is 0.3, coefficient of thermal expansion is 1.170E-05, and shear modulus is 784193. The minimum yield stress is 3515.3481, minimum tensile stress is 4569.9526, expected yield stress is 3866.8829, and expected tensile stress is 5026.9478.

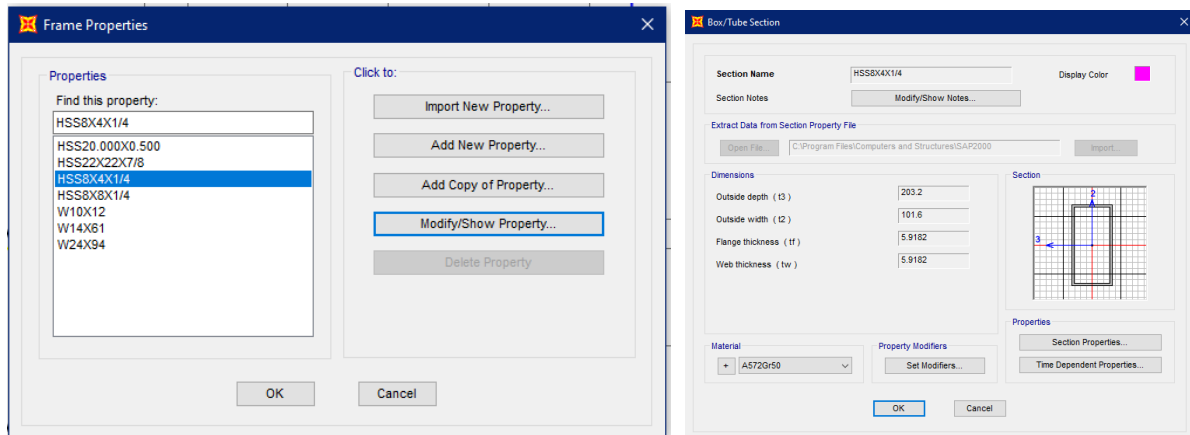
Property	Value
Material Name and Display Color	A572Gr50
Material Type	Steel
Material Grade	Grade 50
Weight per Unit Volume	7.849E-03
Mass per Unit Volume	8.004E-06
Modulus Of Elasticity, E	2038901.9
Poisson, U	0.3
Coefficient Of Thermal Expansion, A	1.170E-05
Shear Modulus, G	784193.
Minimum Yield Stress, Fy	3515.3481
Minimum Tensile Stress, Fu	4569.9526
Expected Yield Stress, Fye	3866.8829
Expected Tensile Stress, Fue	5026.9478

Acero de refuerzo: A992Fy50

The dialog box displays material properties for A992Fy50 steel. It includes sections for General Data, Weight and Mass, Isotropic Property Data, and Other Properties For Steel Materials. The material name is A992Fy50, type is Steel, and grade is Grade 50. The weight per unit volume is 7.849E-03 and mass per unit volume is 8.004E-06. The modulus of elasticity is 2038901.9, Poisson's ratio is 0.3, coefficient of thermal expansion is 1.170E-05, and shear modulus is 784193. The minimum yield stress is 3515.3481, minimum tensile stress is 4569.9526, expected yield stress is 3866.8829, and expected tensile stress is 5026.9478.

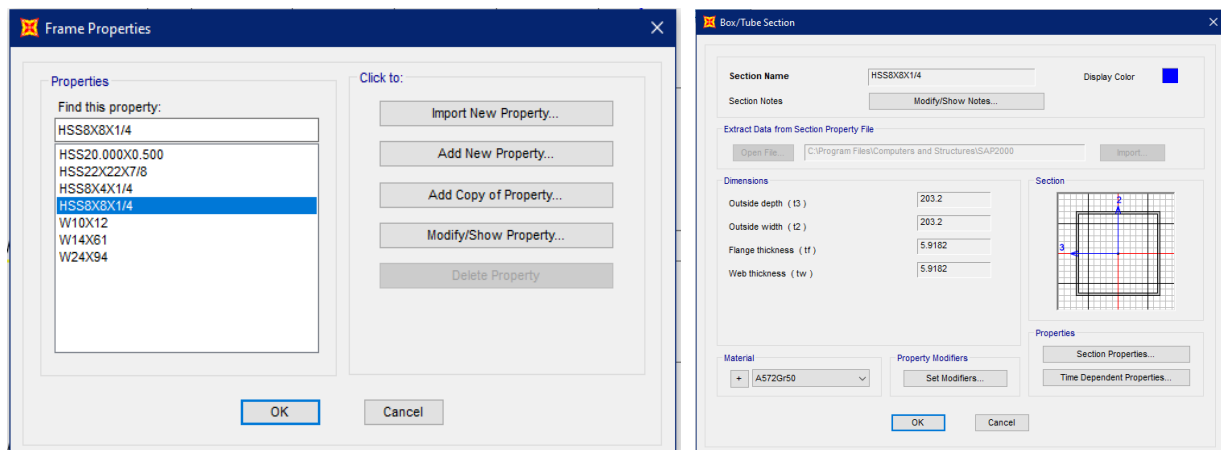
Property	Value
Material Name and Display Color	A992Fy50
Material Type	Steel
Material Grade	Grade 50
Weight per Unit Volume	7.849E-03
Mass per Unit Volume	8.004E-06
Modulus Of Elasticity, E	2038901.9
Poisson, U	0.3
Coefficient Of Thermal Expansion, A	1.170E-05
Shear Modulus, G	784193.
Minimum Yield Stress, Fy	3515.3481
Minimum Tensile Stress, Fu	4569.9526
Expected Yield Stress, Fye	3866.8829
Expected Tensile Stress, Fue	5026.9478

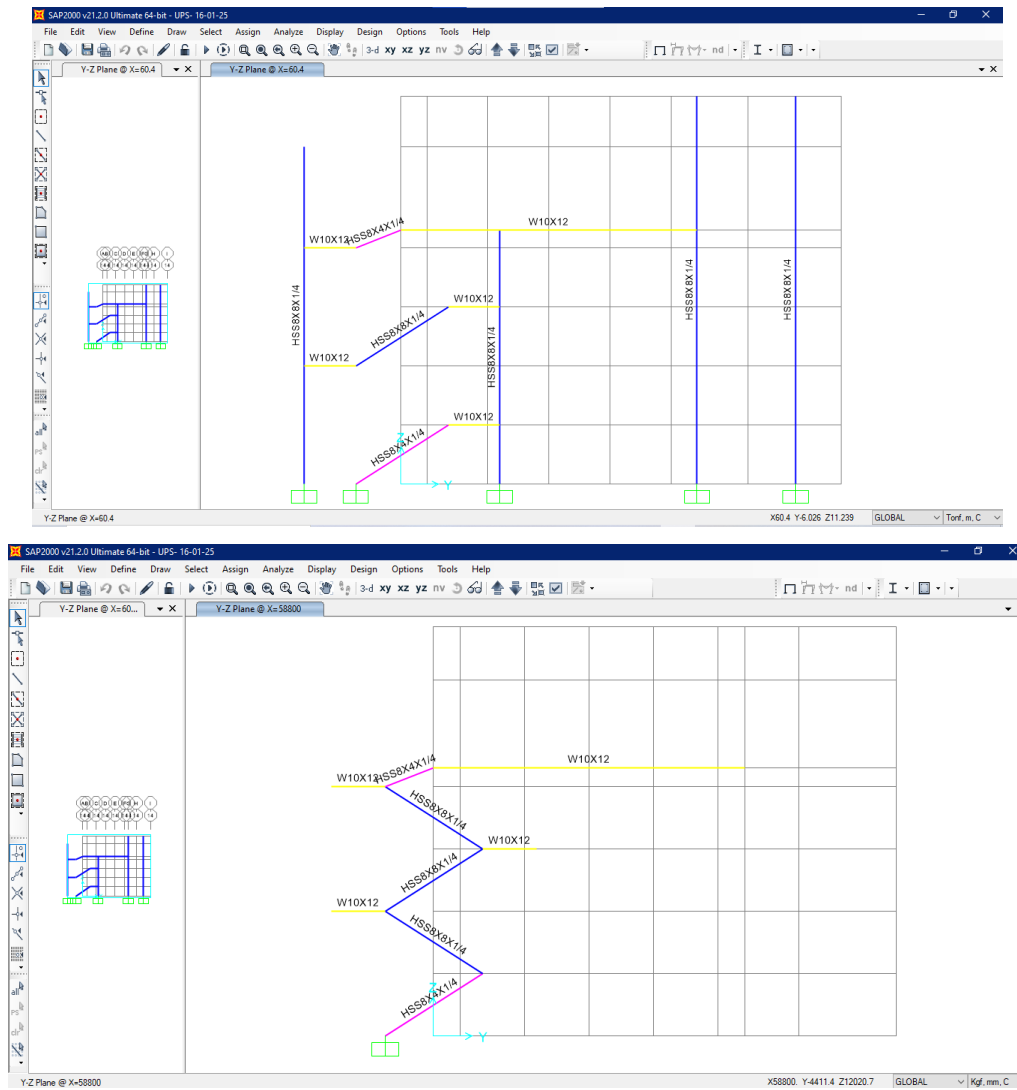
4.1.2 Definición de secciones



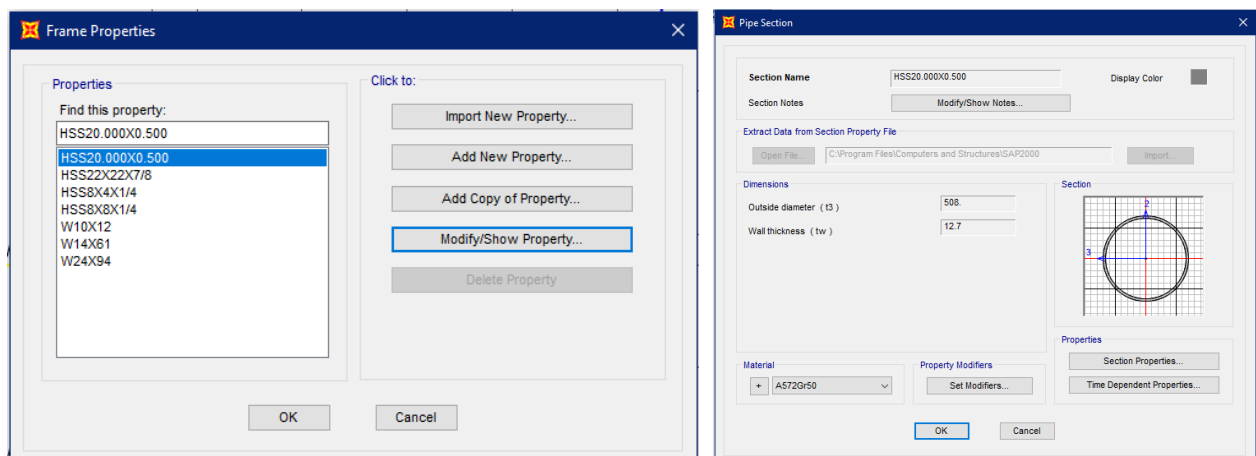
Se asignaron los perfiles pre-dimensionados, para lo cual se tienen perfiles tipo I y nervios de perfil tipo cuadrado, etc.

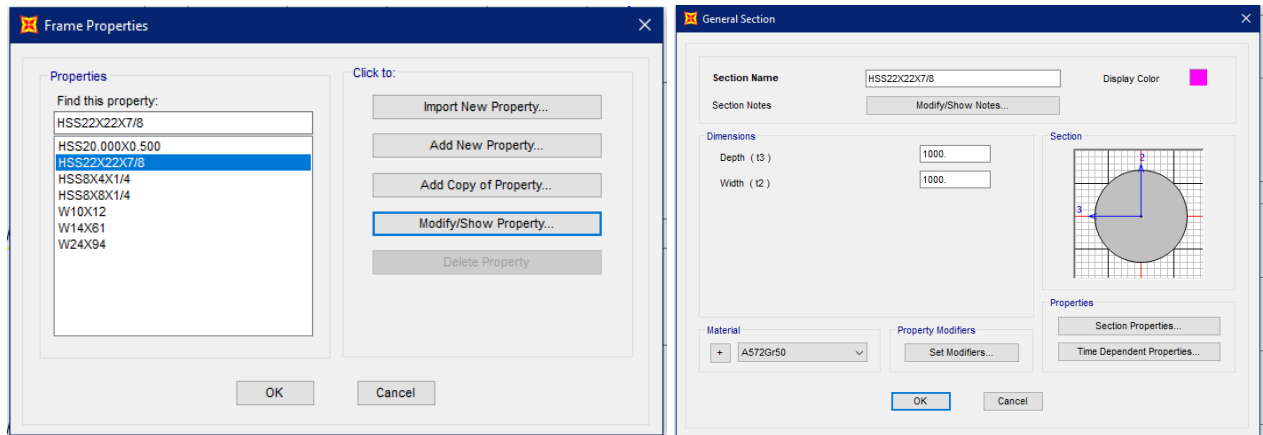
4.1.3 Secciones utilizadas para el área de la escalera



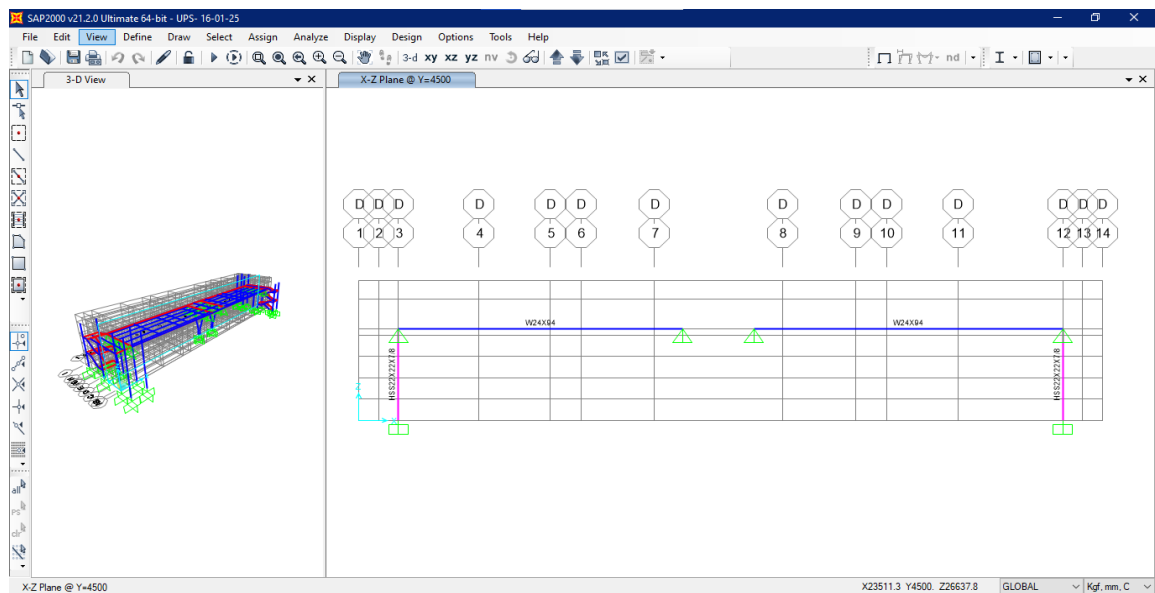
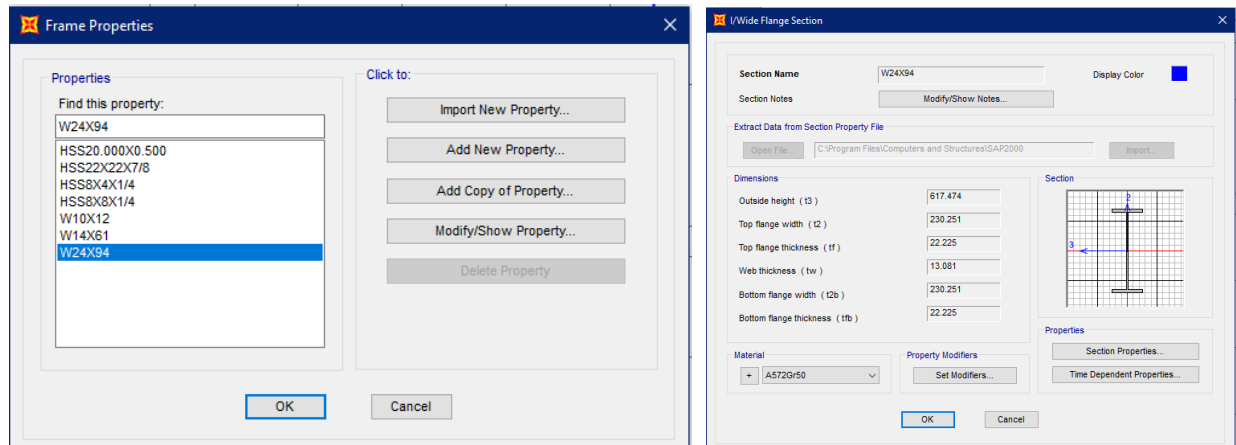


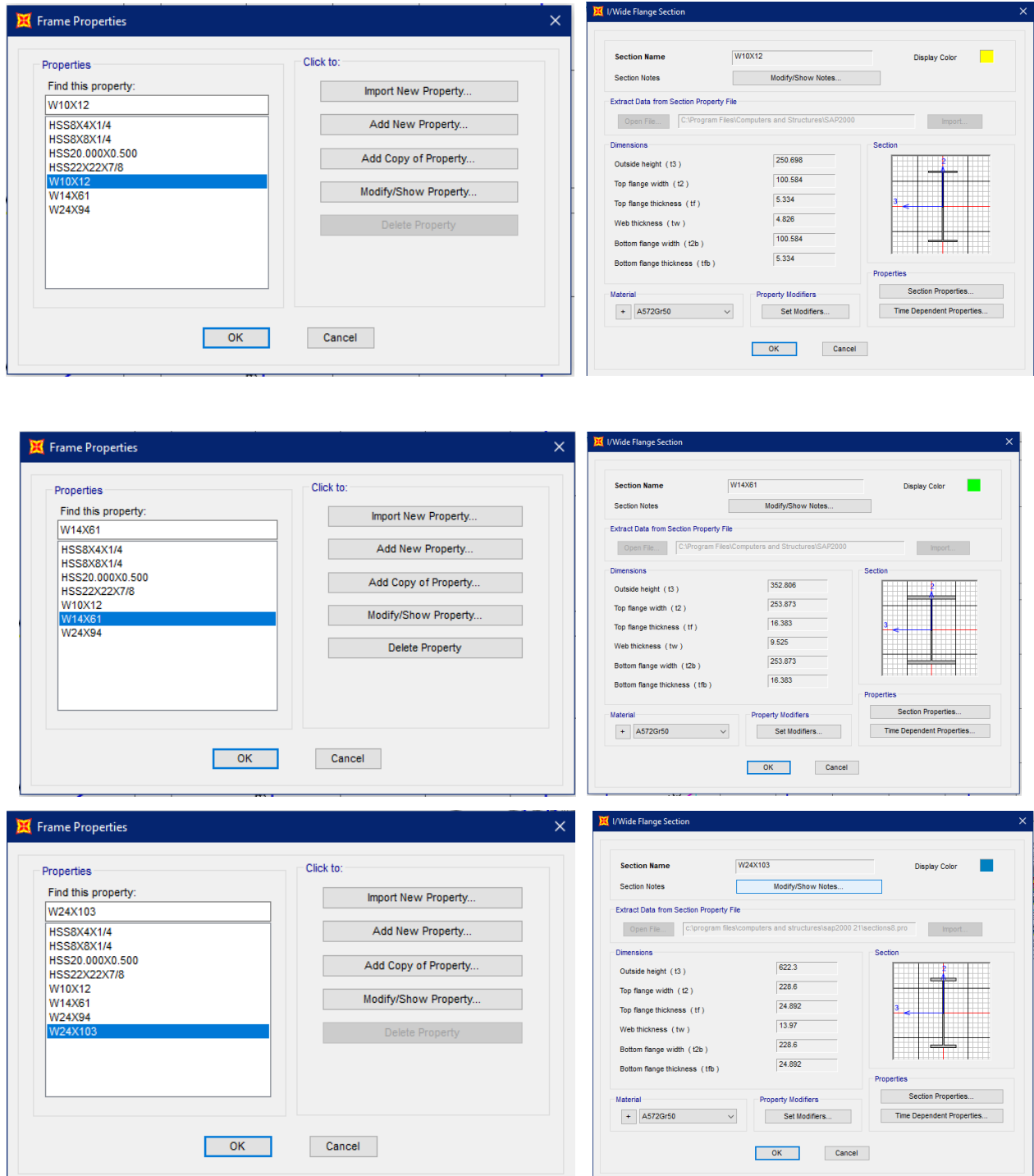
4.1.4 Secciones utilizadas para las columnas de soporte:





4.1.5 Secciones utilizadas para las vigas de losa



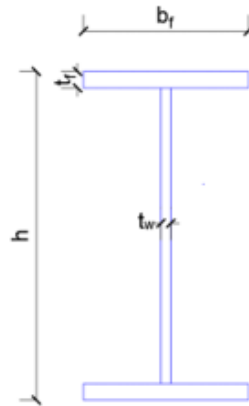


4.1.6 Diseño de vigas

Las vigas fueron diseñadas con perfiles de acero tipo I, para lo cual se detallará el cálculo de la capacidad a flexión y a cortante de las mismas, en base al diseño por el método LRFD. Se presenta las comprobaciones que deben realizarse para verificar que el elemento sea compacto. Es importante conocer las propiedades del perfil, tal como se muestra a continuación, además cabe recalcar que se utilizará Acero A-36, cuyo límite de fluencia es de 2531.05 kg/cm² y el módulo de elasticidad del acero es 2100000 kg/cm²

4.1.6.1 Propiedades del perfil I

Para el diseño se requiere datos de la viga, tales como el área (A), el momento de inercia (I_x), el módulo elástico (S_x) y el módulo plástico (Z_x), teniendo en cuenta la altura (h), el ancho del patín (b_f), el espesor del patín (t_f) y el espesor del alma (t_w), como se muestra en la siguiente figura:



Área:

$$A = 2 * b_f * t_f + (h - 2 * t_f) * t_w$$

Momento de inercia con respecto al eje x:

$$I_x = \frac{b_f * h^3 - (b_f - t_w) * (h - 2 * t_f)^3}{12}$$

Módulo Elástico:

$$S_x = \frac{2 * I_x}{h}$$

Radio de Giro:

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$$

Módulo Plástico:

$$Z_x = A * \left(\frac{t_w * (h - 2 * t_f)^2}{4 * [(h - 2 * t_f) * t_w + 2 * b_f * t_f]} + \frac{4 * (h - t_f) * b_f * t_f}{4 * [(h - 2 * t_f) * t_w + 2 * b_f * t_f]} \right)$$

Momento plástico:

$$M_p = 0.9 * Z_x * f_y$$

Pandeo Lateral Torsional (LTB)

Para el análisis se tienen las siguientes condiciones:

a) Cuando $L_b < L_p$ el estado límite por pandeo lateral torsional no aplica.

b) Cuando $L_p < L_b < L_r$, entonces:

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0.7f_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

c) Cuando $L_b > L_r$

$$M_n \leq F_{cr} S_x \leq M_p$$

Donde:

L_b = Longitud de la viga a la que está apoyada

F_{cr} = Esfuerzo crítico

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \sqrt{1 + 0.078 \frac{J_c}{S_x h_o} \left(\frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2}$$

$$r_{ts} = \sqrt{\frac{I_y h_o}{2 S_x}}$$

E = Modulo de elasticidad del acero

J_c = Constante torsional

$$J_c = \frac{2b_f t_f^3}{3} + \frac{h t_w^3}{3}$$

S_x = Módulo de sección elástico alrededor del eje x

h_o = Distancia entre los centroides del patín.

$$h_o = h - t_f$$

L_p = Límite de la longitud no arriostrada lateralmente para desarrollar la capacidad plástica a flexión.

$$L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

r_y =Radio de giro sobre el eje y

L_r = Límite de la longitud no arriostrada lateralmente

$$L_r = 1.95 r_{ts} \frac{E}{0.7 f_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_0} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h_0}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 f_y}{E}\right)^2}}$$

Diseño a corte

La resistencia de diseño al cortante de acuerdo a los estados límites de *fluencia por cortante o pandeo por cortante*, se define como:

$$\phi_v V_n = \phi_v (0.6 F_y A_w C_v)$$

En donde: $\phi_v = 0.90$

$A_w = h \cdot t_w$

$C_v = \text{coeficiente de corte del alma}$

Donde C_v se determina de la siguiente manera:

(i) Para $h/t_w \leq 1.10 \sqrt{k_v E / F_y}$:

$$C_v = 1.0$$

(ii) Para $1.10 \sqrt{k_v E / F_y} < h/t_w \leq 1.37 \sqrt{k_v E / F_y}$:

$$C_v = \frac{1.10 \sqrt{k_v E / F_y}}{h/t_w}$$

(iii) Para $h/t_w > 1.37 \sqrt{k_v E / F_y}$:

$$C_v = \frac{1.51 E k_v}{(h/t_w)^2 F_y}$$

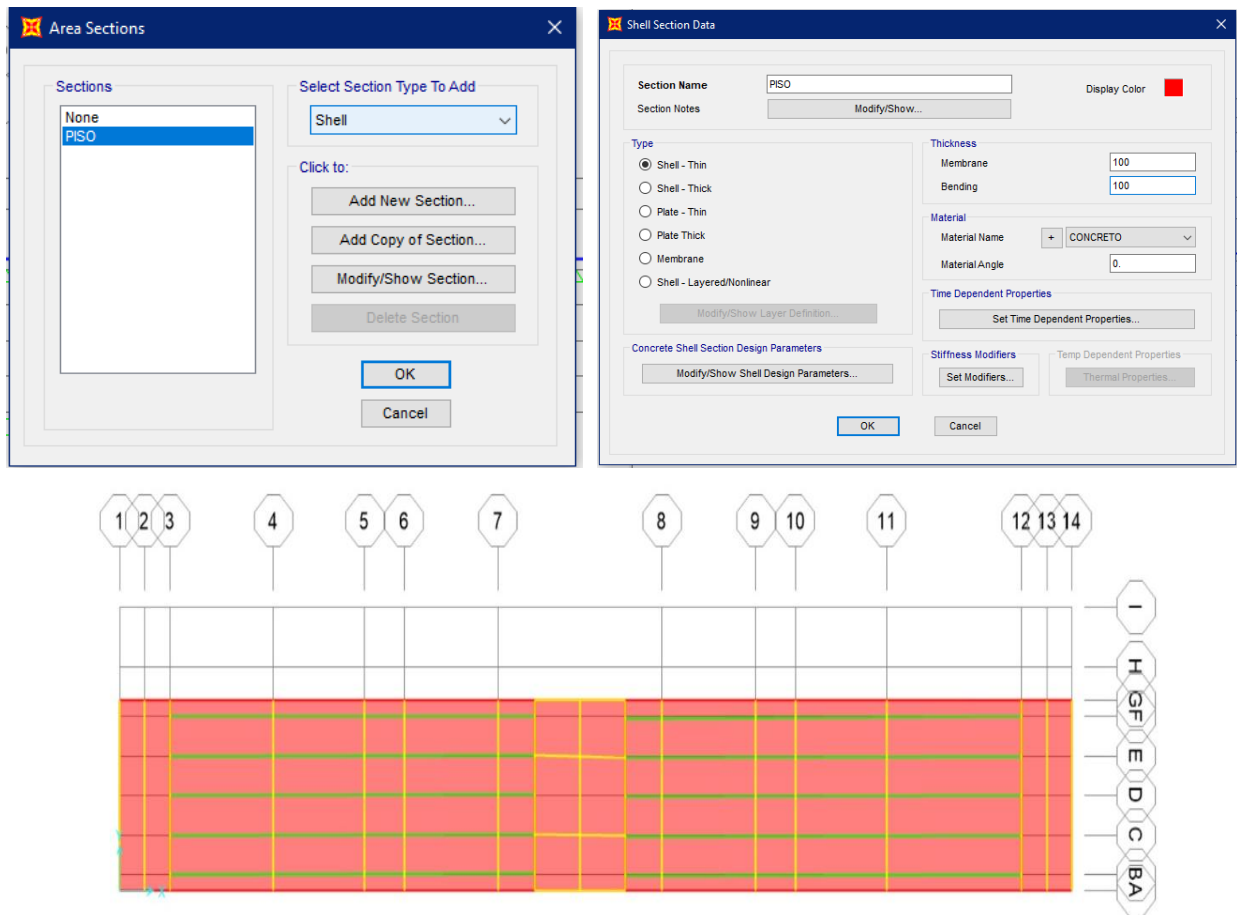
El coeficiente de pandeo de la placa del alma k_v se define como:

(i) Para almas no rigidizadas con $h/t_w < 260$,

$$k_v = 5$$

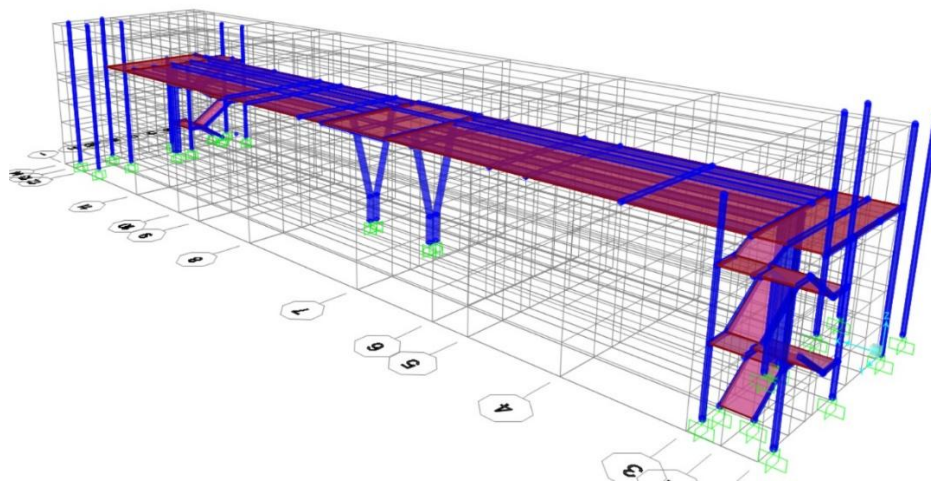
4.1.7 Diseño de losa

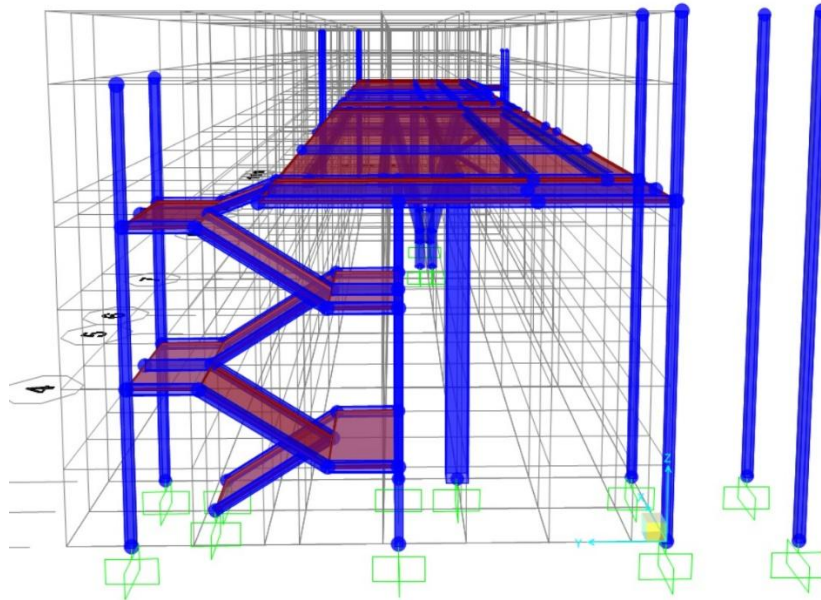
La losa está conformada por una losa tipo Steel Deck, de 100 mm de espesor.



4.1.8 Modelado de la estructura

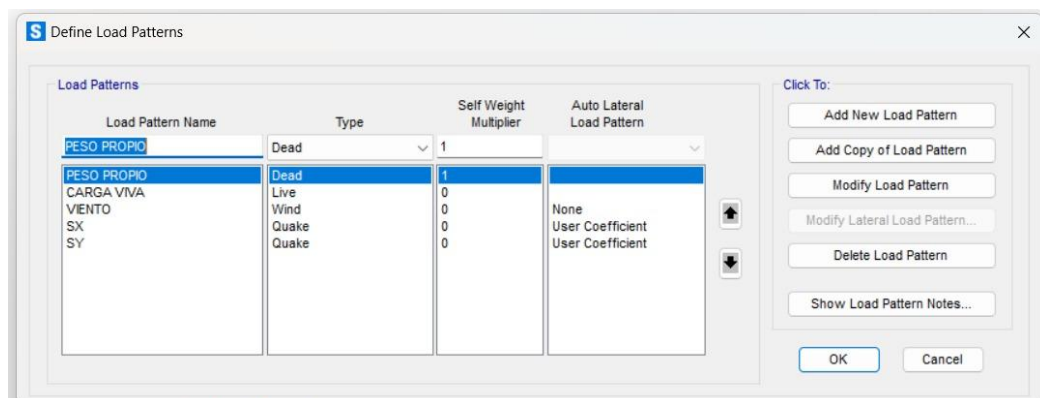
Una vez definido los materiales y las secciones a utilizar en el diseño, se procedió a dibujar la estructura.





4.2 Análisis de cargas:

Para la asignación de cargas, primero se deben crear los patrones de carga, de acuerdo a la zona dónde será construido el presente proyecto, y dado que en Ecuador el mayor riesgo que presentan las estructuras es por sismo, se crean patrones de carga por carga viva, carga muerta y cargas sísmicas.



4.2.1 Cargas Muertas

Son las cargas permanentes debido al peso propio de los materiales. En esta categoría se encuentran el peso propio de los elementos estructurales (vigas, losa, pilotes, etc.). Se colocó una sobre carga muerta de 0.15 Ton/m².

Para el cálculo del peso propio de los materiales se ha considerado:

- ✓ Peso Específico del Concreto $\gamma_c = 2400 \text{ kg/m}^3$
- ✓ Peso Específico del Acero $\gamma_s = 7850 \text{ kg/m}^3$

4.2.2 Cargas Vivas

Son las cargas gravitacionales que obran en una construcción y que no tienen carácter permanente. Se utilizó lo indicado por la norma NEC-15, para el caso de corredores se colocó una carga viva de 0.40 Ton/m².

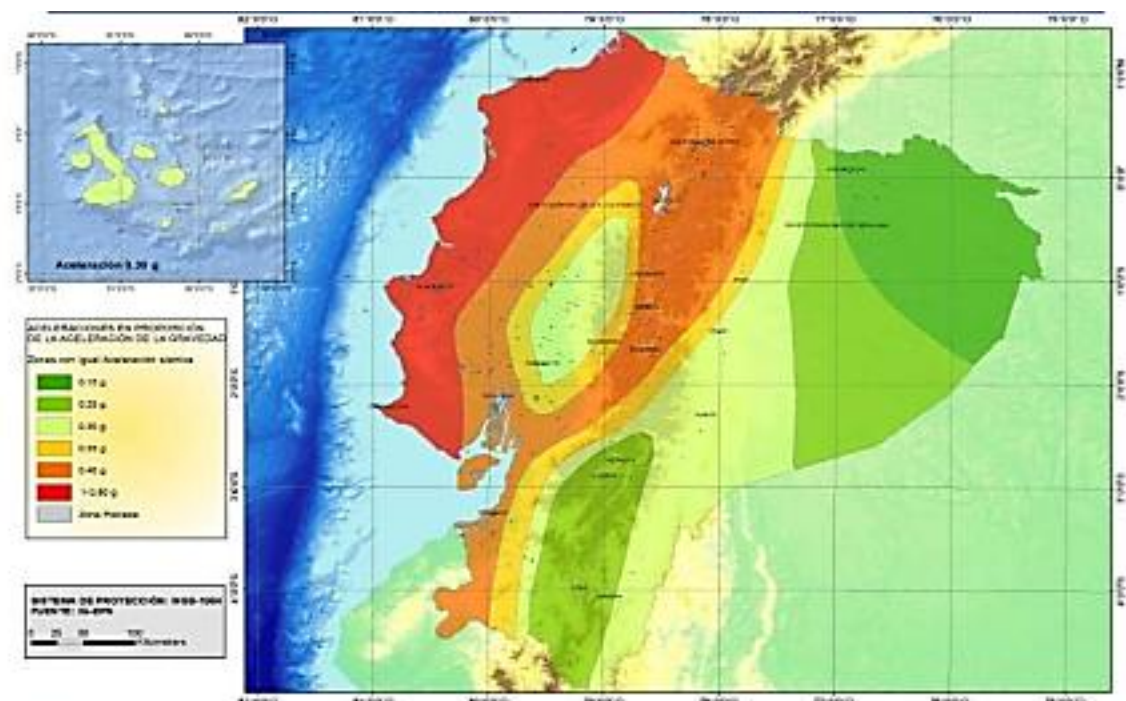
The image shows a software dialog box titled "Assign Area Uniform Loads". It contains several sections: "General" with dropdown menus for "Load Pattern" (CARGA VIVA), "Coordinate System" (GLOBAL), and "Load Direction" (Gravity); "Uniform Load" with a text input for "Load" (0.4) and a unit label (tonf/m²); and "Options" with three radio buttons: "Add to Existing Loads", "Replace Existing Loads" (which is selected), and "Delete Existing Loads". At the bottom of the dialog are four buttons: "Reset Form to Default Values", "OK", "Close", and "Apply".

4.2.3 Cargas Sísmica

Son las cargas inerciales producidas por los terremotos y dependen principalmente del periodo natural de la estructura, la masa y la rigidez del edificio. Estas cargas se aplican por medio de los Espectros de Respuesta. Los Espectros de Respuesta Elásticos están definidos en los códigos y dependen mayormente de la zonificación sísmica y del tipo de suelo. También se toma en cuenta el nivel de importancia de la estructura. Para el diseño de este puente peatonal se usó la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15 NEC-SE-DS 2014, 6.2.2e) para la cual se define el factor de zonificación (Z) y el tipo de suelo. A partir de estos datos se calculan los coeficientes de amplificación dinámica (F_a , F_d , y F_s), el valor de R dependiente del tipo de suelo, y el valor de η dependiente de la región geográfica del lugar en estudio.

Los factores reductores de la inercia (NEC-SE-DS 2014, 6.1.6b),

Vigas	$I_g=0.50$
Columnas	$I_g=0.80$
Losas	$I_g=0.50$



Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z (NEC-15)

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

Valores de factor Z en función de la zona sísmica adoptada (NEC-15)

Factores f_a , f_d y f_s

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.4	1.25	1.1	1.0	0.85
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y la sección 10.6.4					

Tipo de suelo y factores de sitio F_a (NEC-15)

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

Tipo de suelo y factores de sitio F_d (NEC-15)

Factor de importancia

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C	0.85	0.84	1.02	1.06	1.11	1.23
D	1.02	1.08	1.11	1.19	1.20	1.40
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4					

Tipo de suelo y factores de comportamiento inelástico del subsuelo F_s (NEC-15)

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

Factor de importancia según tipo de uso y destino de la estructura (NEC-15)

Factores de modificación de respuesta en subestructuras. AASHTO LRFD

Table 3.10.7.1-1—Response Modification Factors—Substructures

Substructure	Operational Category		
	Critical	Essential	Other
Wall-type piers—larger dimension	1.5	1.5	2.0
Reinforced concrete pile bents			
• Vertical piles only	1.5	2.0	3.0
• With batter piles	1.5	1.5	2.0
Single columns	1.5	2.0	3.0
Steel or composite steel and concrete pile bents			
• Vertical pile only	1.5	3.5	5.0
• With batter piles	1.5	2.0	3.0
Multiple column bents	1.5	3.5	5.0

Para este tipo de puente la categoría es **otros**, y el tipo de subestructura es columnas múltiples lo cual es un $R=5$.

4.2.4 Espectro de diseño de aceleraciones

El espectro de diseño sísmico se obtiene deduciendo el espectro elástico sobre el coeficiente (R/ϕ , ϕE) correspondiente a cada dirección de análisis.

$$S_a = \frac{S_{ae}}{R \cdot \phi_P \cdot \phi_E}$$

4.2.5 Factor de comportamiento / Coeficiente de ductilidad

Rx: factor de reducción (x) Rx = 5.00

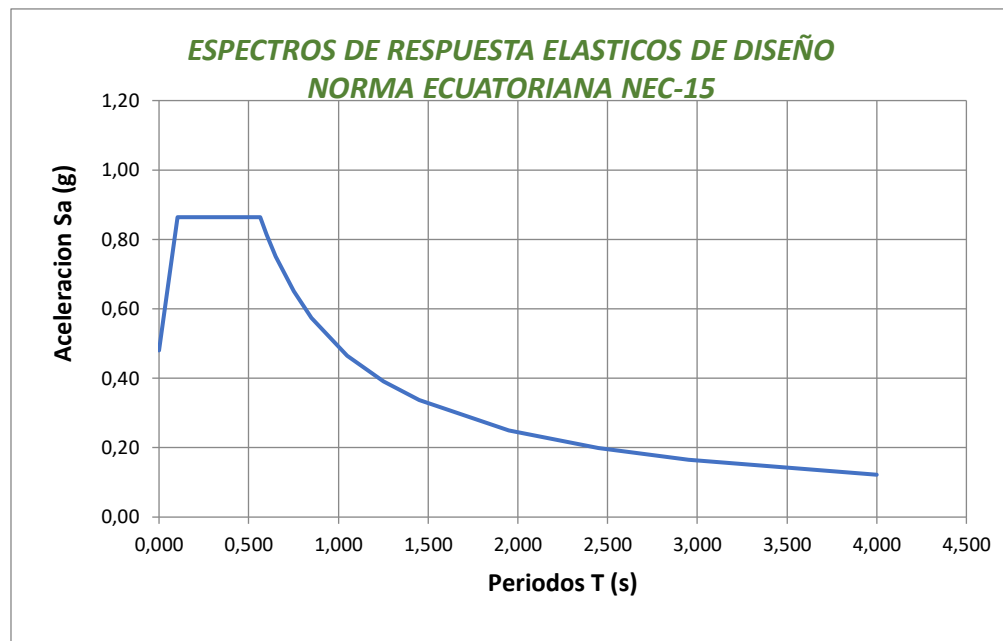
Ry: factor de reducción (y) Ry = 5.00

4.2.6 Cálculo del espectro de aceleración en el suelo

Para el caso de este estudio se utilizó un suelo **tipo C** y sus factores correspondientes a la zona de emplazamiento

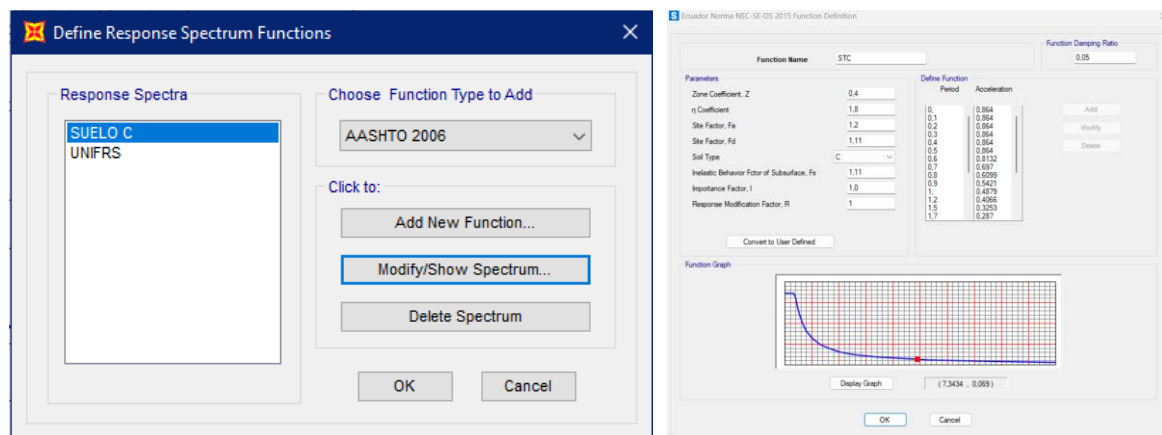
ESPECTROS ELASTICOS PARA LA REPUBLICA DEL ECUADOR								
Paso 1:		Determinar Zona sísmica y valor Z, COSTA=C SIERRA=S ORIENTE=O						
Tabla ----->		2.1	Zona sísmica V		Z=	0.4	C	$\eta = 1.80$
Paso 2:		Determinar coeficientes de sitio Fa, Fd y Fs.						
Tabla -----> 2.5 - 2.6 - 2.7		Descripción		Fa	Fd	Fs	r	
Clase A:		Roca dura		0.90	0.90	0.75	1.00	
Clase B:		Roca		1.00	1.00	0.75	1.00	
Clase C:		Suelo muy denso y roca blanda		1.20	1.11	1.11	1.00	
Clase D:		Suelo rígido		1.20	1.19	1.28	1.50	
Clase E:		Suelo arcilloso blando		1.00	1.60	1.90	1.50	
Paso 3:		Determinar los periodos de control To, Tc y Tl			Clase:	C		
	Fa=	1.20	Fd=	1.11	Fs=	1.11	r=	1.00
	To=0.10. Fs. Fd/Fa =		0.103					
	Tc=0.55. Fs. Fd/Fa =		0.565					
	Tl=2.4. Fd =		2.664					
Paso 5:		Espectro de respuesta de diseño (NEC-15 - 2.5.5.1)						
	Región 1:	To<T ≤ Tc						
		Sa= η .Z. Fa						
	Región 2:	Tc ≤ T ≤ Tl						
		Sa = η .z.Fa. (Tc/T) r						
Clase:		C						
T		Región 1	Región 2	Región 3	Grafico			
		Sa	Sa	Sa	Sa			
0.000		0.48	0.48		0.480			
0.103		To	0.86	0.86	0.864			

0.565	Tc	0.86	0.86		0.864			
0.600			0.81		0.813			
0.650			0.75		0.751			
0.750			0.65		0.651			
0.850			0.57		0.574			
1.050			0.46		0.465			
1.250			0.39		0.390			
1.450			0.34		0.336			
1.950			0.25		0.250			
2.450	Tl		0.20		0.199			
2.950			0.17		0.165			
4.000			0.12		0.122			

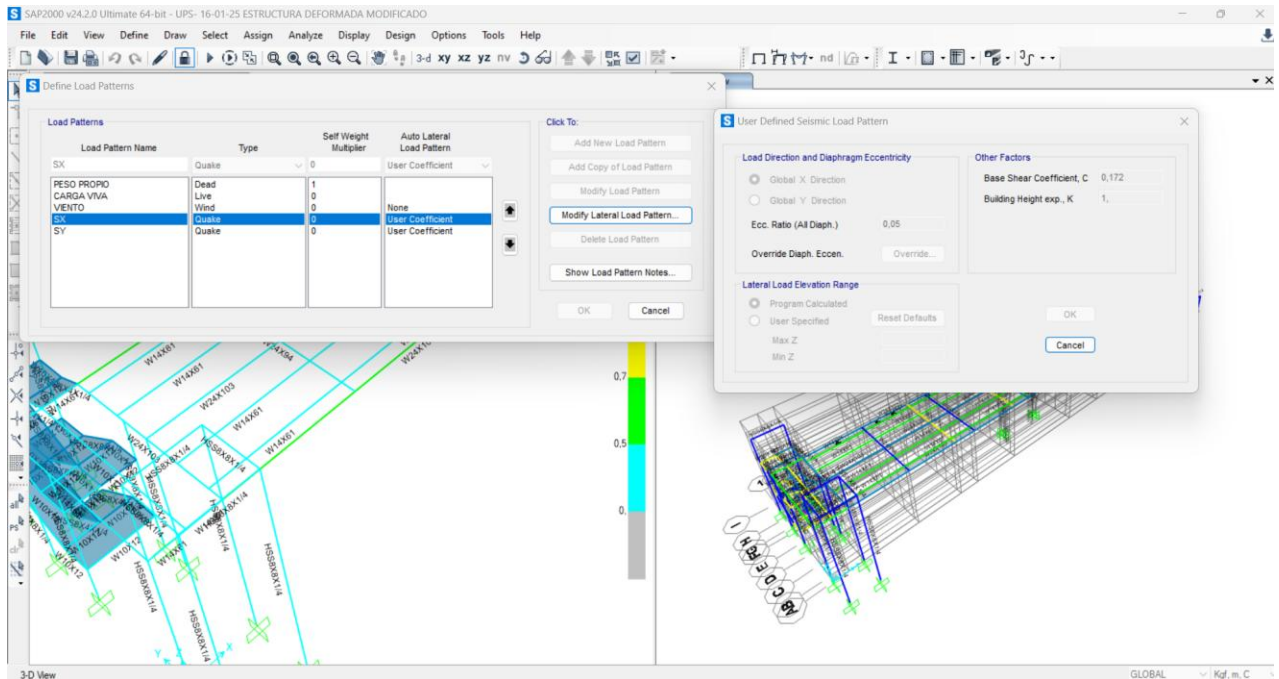


El valor máximo de las ordenadas espectrales es **0.83g**

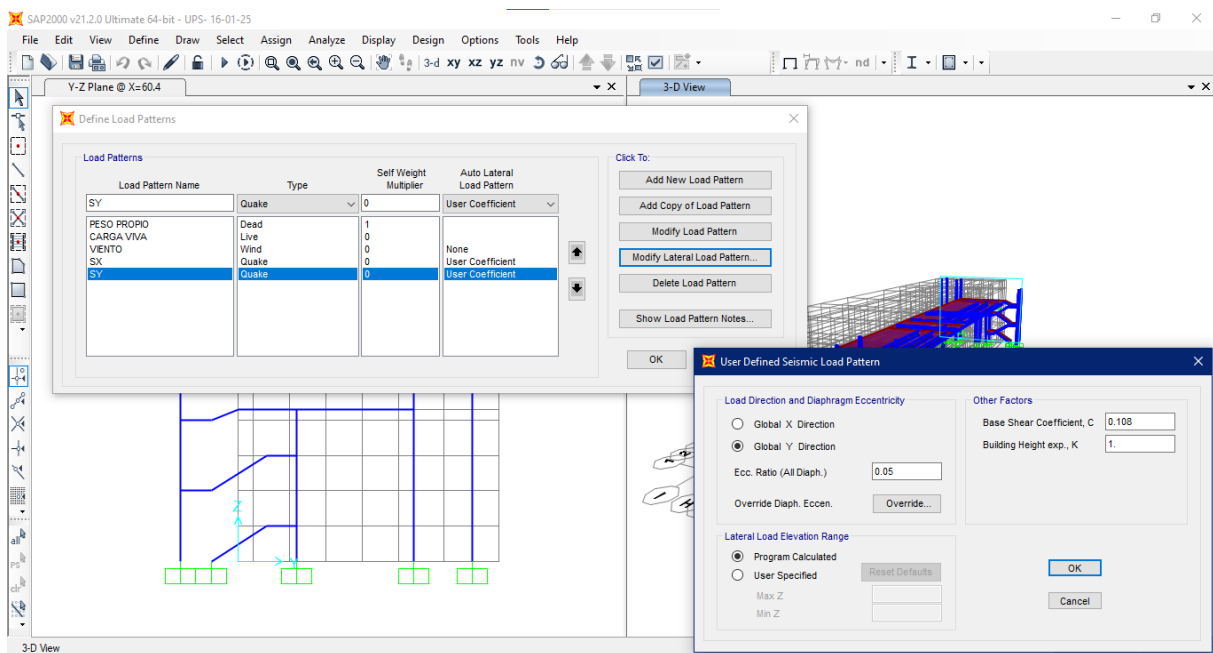
Estos valores lo colocamos en el programa dentro del tema Response Spectrum Functions

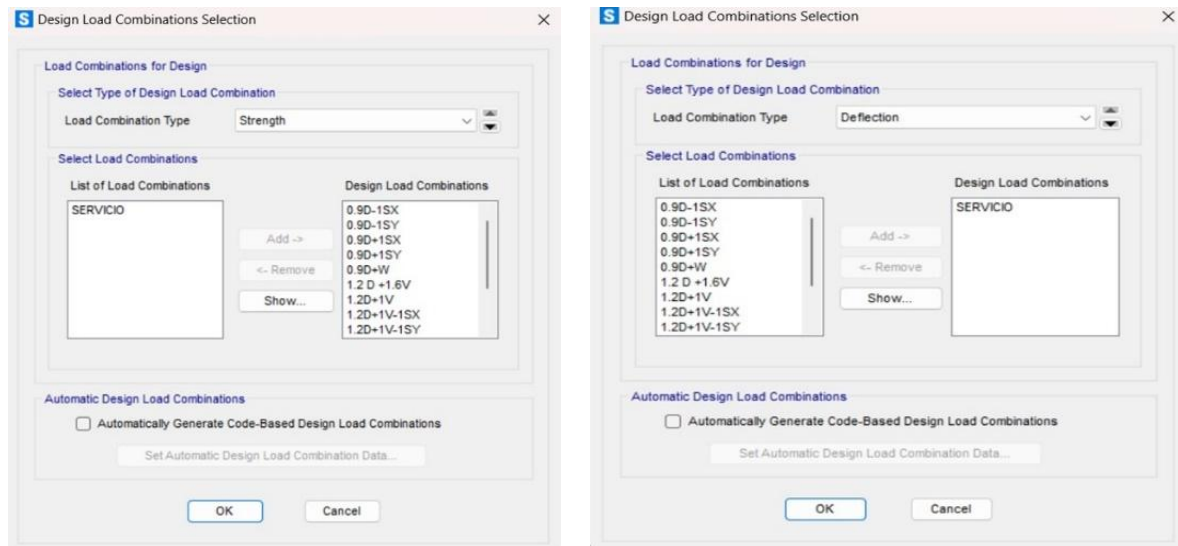


Trabajando con coeficientes dentro de los parámetros del cortante basal del 0.172%, denominado valor C para las fuerzas S_x :



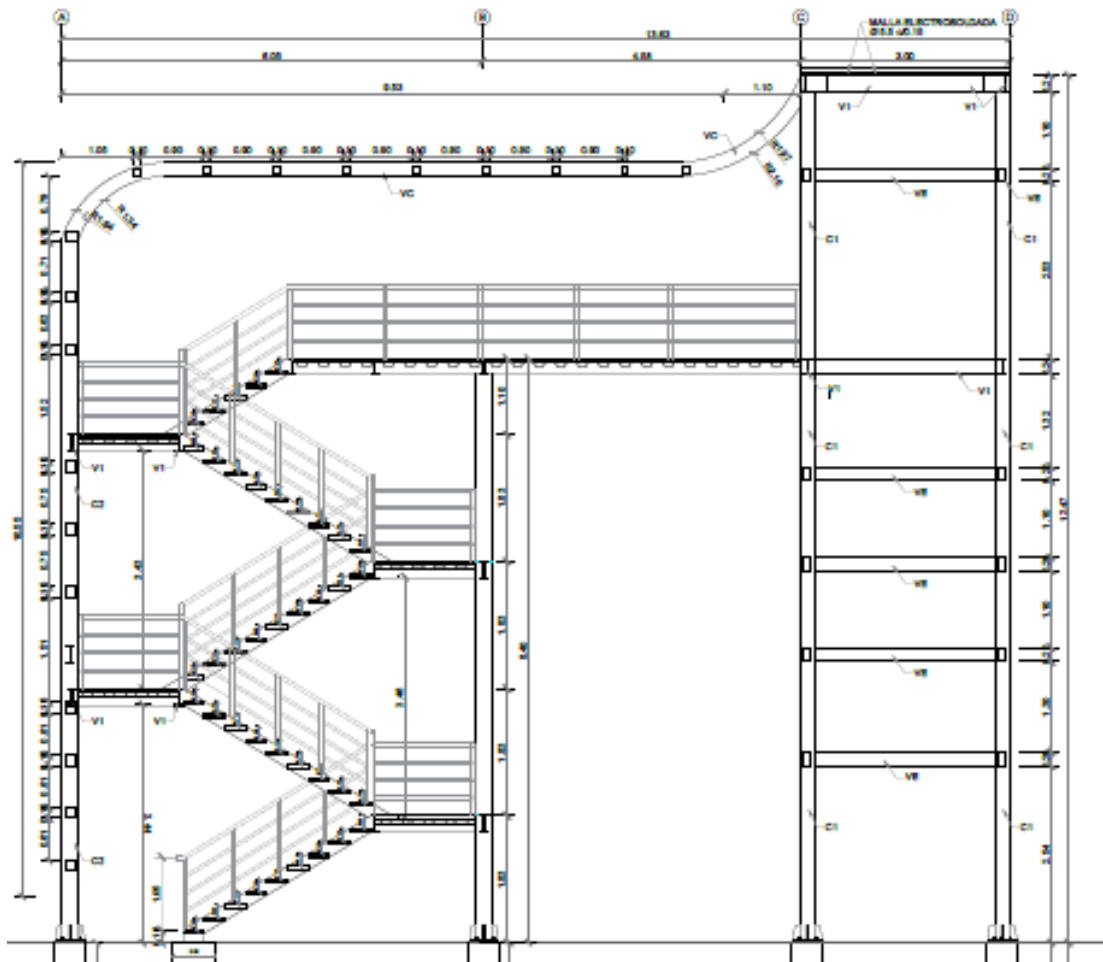
Trabajando con coeficientes dentro de los parámetros del cortante basal del 0.172%, denominado valor C para las fuerzas S_y :





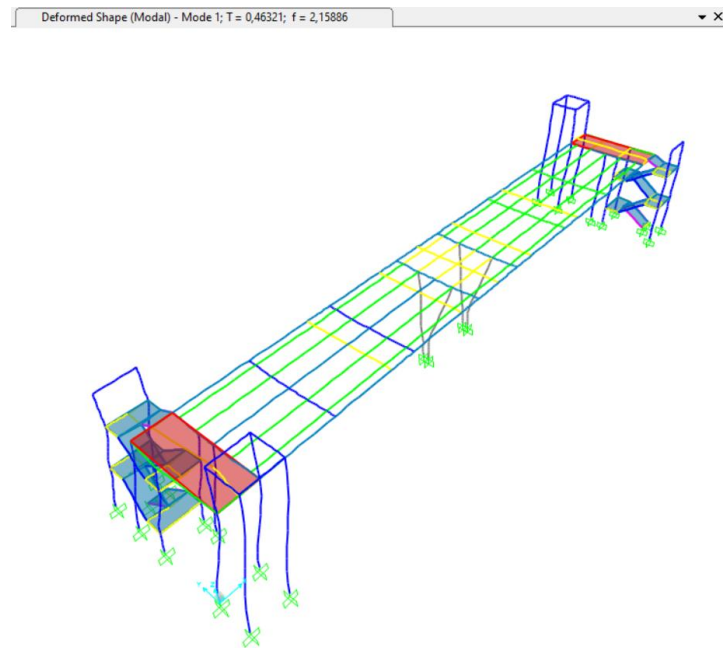
4.4 Periodo fundamental aproximado (NEC-SE-DS 2015, 6.3.3).

En donde, h_n (Altura de la estructura) = 12.47 m



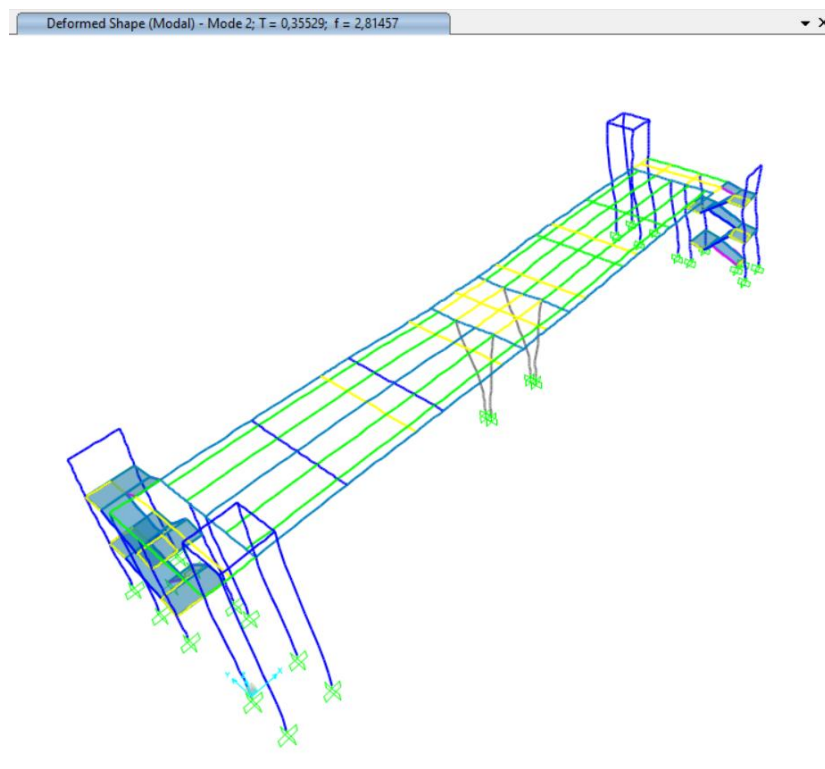
4.5 Modos de Vibración de la Estructura

4.5.1 Modo 1 - Longitudinal



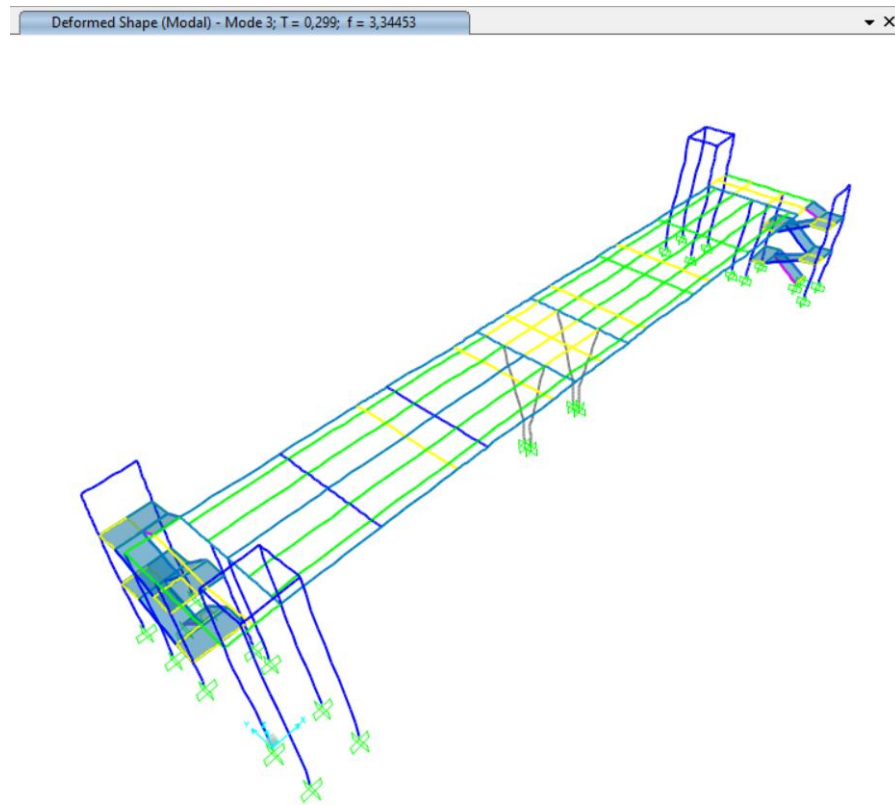
Modo 1 – T = 0.46 seg.

4.5.2 Modo 2 - Transversal



Modo 2 – $T = 0.35$ seg.

4.5.3 Modo 3 - Torsional



Modo 3 - $T = 0.29$ seg.

4.6 Deformación de la estructura

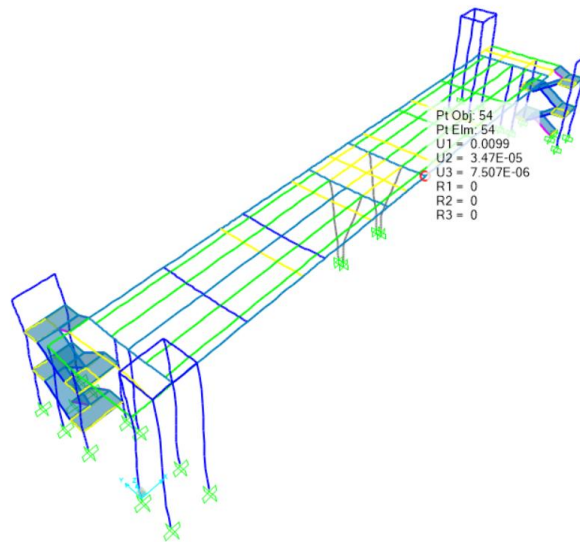
Se revisan las deformaciones y los valores se encuentran dentro de lo permitido por la norma NEC 2015.

Estructuras de:	Δ_{Lr} máxima (sin unidad)
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0.02
De mampostería	0.01

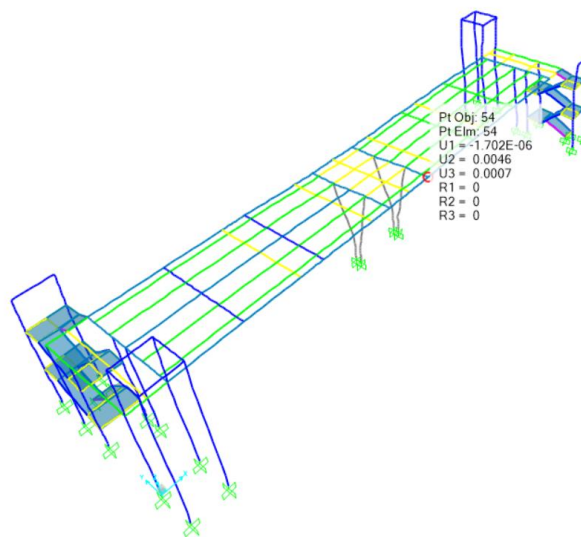
Deformación máxima: $0.02 (12.47 \text{ m}) = \mathbf{0.2494 \text{ m}}$

En la gráfica se tiene valores menores de $1 \text{ cm} < 24.94 \text{ cm}$ de desplazamiento lateral en S_x , lo que indica la buena rigidez de la estructura.

Deformed Shape (SX)

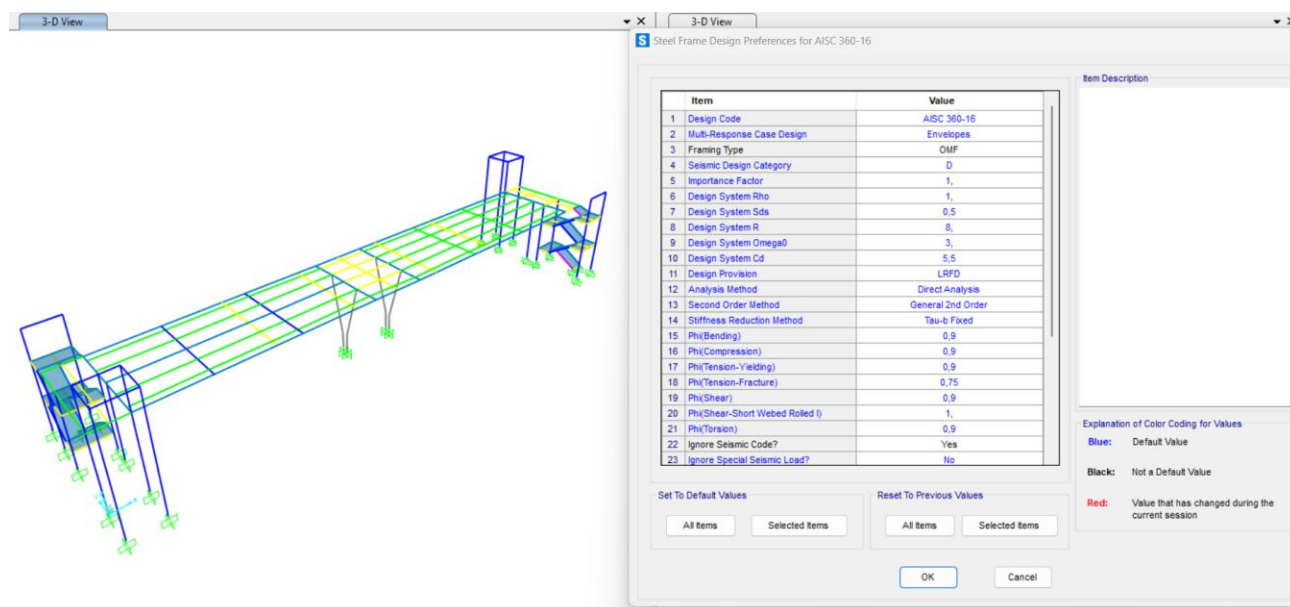


Deformed Shape (SY)

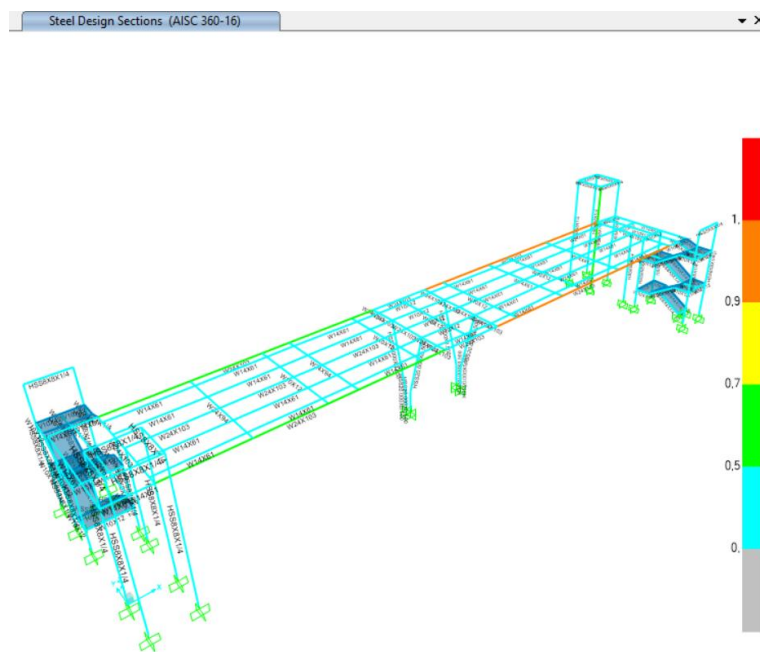


4.7 Comprobación de elementos estructurales

Se procedió a utilizar el post procesador del Sap2000 para verificar que los elementos diseñados, cumplieran con todas las especificaciones de diseño. De acuerdo a la norma AISC 360-16, dentro del programa actualizado, tenemos los siguientes coeficientes:



4.7.1 Para la combinación 1.2 D+1.6L+1SX.

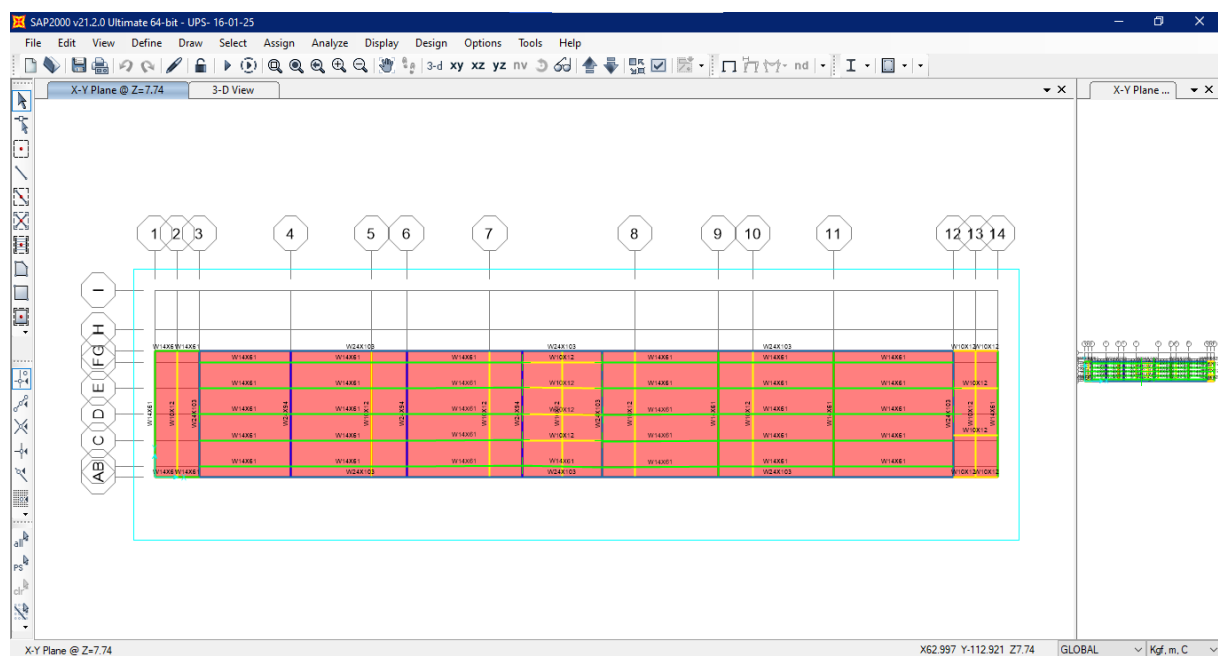


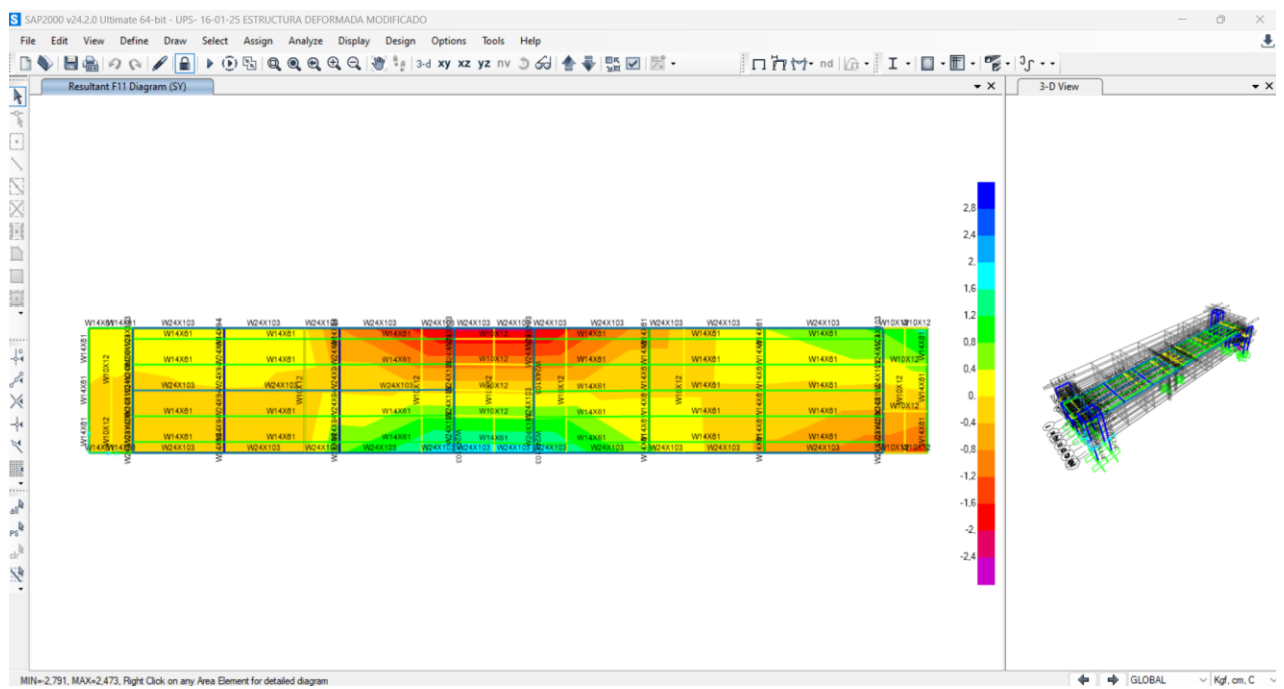
OutputCase	CaseType Text	GlobalFX Tonf	GlobalFY Tonf	GlobalFZ Tonf	GlobalMX Tonf-m	GlobalMY Tonf-m	GlobalMZ Tonf-m	GlobalX m	GlobalY m	GlobalZ m	XC
PESO PROPIO	LinStatic	-9,877E-16	-7,348E-14	195,6943	898,16858	-5705,0065	14,41645	0	0	0	

De acuerdo con los datos de la tabla, el peso de la estructura en general tiene un valor aproximado de 195.7Tn. De ahí están distribuidos los pesos para el Hormigón y el Acero, elementos primordiales del diseño. El diseño estructural está regido bajo las normas del AISC 360-16 y de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2015, Capítulo de Diseño Sismo resistente). Arquitectónicamente se cuenta con un diseño de corredores en su planta única destinadas a la atracción de los visitantes. Estructuralmente se ha diseñado completamente de perfiles de acero, tipo I para las vigas y perfiles cuadrados para los nervios, la losa de piso está formada con perfil metálico denominado Steel Deck.

4.8.4 Para los momentos en losa de compresión,

Proyección de la losa del puente peatonal.





En la gráfica se tiene momentos mínimos de 54.47 kg, y máximos de 56.22 kg.

En ciertas partes, aunque cumplen con el diseño, se puede reforzar las vigas en las áreas de color rojo.

CAPÍTULO V

PRESUPUESTO REFERENCIAL

5.1 PRESUPUESTO REFERENCIAL

“CONSTRUCCIÓN DE PASO PEATONAL - KM 14.2 DE VÍA A LA COSTA”.

SECTOR: PARROQUIA TARQUI
PRESUPUESTO: \$357,505.68

FECHA: 16/01/2025

TABLA DE CANTIDADES Y PRECIOS

RUBRO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
OBRA ESTRUCTURAL					\$ 340,864.53
2.9	REPLANTILLO DE HORMIGÓN SIMPLE F'C=140 KG/CM2 E=5CM	M2	299.00	\$ 7.11	\$ 2,131.87
503(5)	HORMIGÓN CICLOPEO 40% PIEDRA F'C=180 KG/CM2	M3	18.00	\$ 119.95	\$ 2,159.10
503(2)4E2	HORMIGÓN ESTRUCT. /CEM. PORTL. F'C=350 KG/CM2 (INC.ENCOFRADO, CURADOR E INHIBIDOR DE CORROSIÓN)	M3	82.00	\$ 268.27	\$ 21,998.14
405-9(3) JD	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE JUNTA DE DILATACIÓN PARA PASO PEATONAL ELEVADO (SEGÚN DISEÑO DEL PLANO)	M	32.00	\$ 202.32	\$ 6,474.24
503(2)1E-(5)	HORMIGÓN ESTRUCT. /CEM. PORTL. F'C=280KG/CM2 (INC. ENCOFRADO, CURADOR E INHIBIDOR DE CORROSIÓN) (EN SITIO)	M3	10.00	\$ 273.51	\$ 2,735.10
6.1	ESTRUCTURA METÁLICA A36 INC MONTAJE	KG	27,375.00	\$ 3.70	\$ 101,287.50
10.36B	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PLACA-ACERO COLABORANTE E=0.75MM	M2	123.00	\$ 17.39	\$ 2,138.97
2.30	GROUT DE NIVELACIÓN F'C=500 KG/CM2	M3	2.00	\$ 1,437.82	\$ 2,875.64
PER-13	PERNO DE ALTA RESISTENCIA A325, 7/8"X12. INC TUERCAS	U	202.00	\$ 15.38	\$ 3,106.76
PER-16	PERNO DE ANCLAJE EXPANSIVO DIÁMETRO 3/8" X LONGITUD = 2-3/8"	U	600.00	\$ 1.00	\$ 600.00
2.4P	HORMIGÓN ESTRUCTURAL PIGMENTADO F'C=280 KG/CM2 E=15CM - ACABADO BARRIDO	M2	397.00	\$ 33.03	\$ 13,112.91
3.23L	PLACA DE NEOPRENO DUREZA SHORE 60, 400X350X40MM	U	20.00	\$ 204.28	\$ 4,085.60
501(7)E21A	SUMINISTRO DE ELEMENTO ESTRUCTURAL DE HORMIGON PRECOMPRESO VIGA CALIFORNIA H=1.20M L=23.10 - 25.10M F'C=500 KG/CM2. INC. TRANSPORTE Y MONTAJE	U	10.00	\$ 12,828.76	\$ 128,287.60
6.1-E	ESTRUCTURA METÁLICA A36 INC MONTAJE	KG	12,854.00	\$ 3.70	\$ 47,559.80

PER-7	ELEMENTOS DE SUJECCIÓN (PERNOS DE ANCLAJE D=28MM GALVANIZADO LONGITUD 1,00 M)	U	16.00	\$	14.96	\$	239.36
503(2)2E	HORMIGÓN ESTRUCT. /CEM. PORTL. F´C=240 KG/CM2 (INC.ENCOFRADO Y CURADOR)	M3	4.00	\$	216.22	\$	864.88
11.40	PUERTA METÁLICA SIMPLE UNA HOJA TIPO LOUVERS ABATIBLE EN UN SENTIDO 1.00X2.10M, CON PLANCH METÁLICA DE E:1/16", INC. CERRADURA	U	2.00	\$	603.53	\$	1,207.06
PLAN DE SEGURIDAD LABORAL						\$	4,410.35
1.36	PASO DE MADERA PROVISIONAL PARA PEATONES	U	10.00	\$	118.70	\$	1,187.00
1.39	PROTECCIÓN PARA TRABAJADOR	U	25.00	\$	96.95	\$	2,423.75
1.39A	LINEA DE VIDA ANTICAIDAS	U	5.00	\$	69.33	\$	346.65
1.39B	SUMINISTRO DE ARNES ANTICAIDAS	U	5.00	\$	64.35	\$	321.75
EXT	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE EXTINTOR PQS 10 LB	U	1.00	\$	31.60	\$	31.60
1.39F	BOTIQUÍN DE PRIMEROS AUXILIOS	U	1.00	\$	99.60	\$	99.60
PLAN DE SEGURIDAD VIAL						\$	12,230.80
710-(1)6	MALLA PLÁSTICA DE SEGURIDAD (COLOR REFLECTIVO)	M2	2,000.00	\$	1.99	\$	3,980.00
710-(1)2	CINTAS PLÁSTICAS DE SEGURIDAD (COLOR REFLECTIVO)	M	1,300.00	\$	0.21	\$	273.00
225-(2)5	PARANTE VIAL DE POLIETILENO H=1.41M D=0.075M INC. BASE	U	20.00	\$	44.93	\$	898.60
225-(2)4	TANQUE PROTECTOR VIAL DE POLIETILENO H=1.02M D=0.62M C/BASE	U	20.00	\$	97.06	\$	1,941.20
225-(2)1	BARRERAS-SEGUR-POLIETIL (1.20X0.80X0.60) M (T-JERSEY)	U	15.00	\$	155.70	\$	2,335.50
225-(2)3	DISPOSITIVO-SEÑAL-LUMIN- PREVENCIÓN (H=0.30M, A=0.20M) C/BATE-6VOL.	U	15.00	\$	55.68	\$	835.20
1.40	CONO DE SEGURIDAD	U	25.00	\$	20.36	\$	509.00
710-(1)7E1	BARRICADA DE MADERA (0.60 X 1.10) M C/2 TABL.C/CINTA REFLECTIVA	U	15.00	\$	37.34	\$	560.10
710-(1)7E	BARRICADA DE MADERA (1.20X1.50) M C/3 TABL.C/CINTA REFLECT.	U	15.00	\$	59.88	\$	898.20
SUBTOTAL						\$	357,505.68
PRESUPUESTO TOTAL						\$	357,505.68

FECHA DE ELABORACIÓN: 16/01/2025

Son: TRESCIENTOS CINCUENTA Y SIETE MIL QUINIENTOS CINCO CON 68/100 DÓLARES DE LOS
ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

El resultado del diseño estructural de cada uno de los elementos que conforman el Puente Peatonal más el complemento de la información referente al tipo de suelo en que se desplantara la misma, da como resultado un sistema estructural conformado por marcos resistentes a momentos.

La configuración estructural quedó conformada por la losa tipo Steel Deck, por vigas I; columnas metálicas circulares, toda esta configuración estructural obtenida de los análisis realizados cumple con todos los requisitos de la Norma NEC-15, del código ACI-318-14, AISC-10 AASHTO LRFD y de los requerimientos del diseño sismo-resistente.

Las características del puente consideran un reforzamiento mejor que los de su tipo en ciertos aspectos, como sugiere que sea para sitio de atracción turística por su novedad arquitectónica, la inclusión y el funcionamiento de locales y puestos de conexiones, hacen que el diseño tenga el debido mantenimiento de sus materiales componente, es decir se necesita el mantenimiento preventivo cada cierto periodo de tiempo y poder recubrir a los elementos metálicos para que puedan prolongar su vida útil, debido a la corrosión natural del acero.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda mediante señales de prevención, una capacidad máxima de personas en ciertas actividades por cuestión de espacios en el buen vivir.

CAPÍTULO VII

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS Y ANEXOS

7.1 Referencias bibliográficas

- Cedeño, J. (2015). Estudio de un paso peatonal elevado en la vía Samborondón con acero estructural. Universidad Espíritu Santo. Facultad de Arquitectura E Ingeniería Civil. Ecuador. Recuperado de: <http://repositorio.uees.edu.ec/bitstream/123456789/474/1/TESIS%20FINAL%20JUAN%20JOSE%20CEDE%C3%91O.pdf>
- Claros, R., & Meruvia, P. E. (2004). Apoyo Didáctico en la Enseñanza Aprendizaje de la Asignatura de Puentes. Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Ciencias y Tecnología. Cochabamba, Bolivia: Universidad Mayor de San Simón. Obtenido de <http://www.fcyt.umss.edu.bo/materias/>
- Peralta, F.J. (2018). Diseño estructural de puentes peatonales sobre la autopista Pimentel Chiclayo. (Tesis de diploma). Universidad Señor de Sipán. Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo. Perú. Recuperado de: <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/4570/Peralta%20Peralta.pdf?sequence=1&isAllowed=yÇ>
- Erzilla, A. (2024). Partes de un puente: Cimentación, subestructura y superestructura. (blog). Ulma, C y E. Coop. derechos reservados. Obtenido de: <https://www.ulmaconstruction.es/es-es/ulma/blog/partes-puente>
- MacCormac, J. y Csernak, S. (2006). Structural Steel Design. 4.^a edition. New Jersey: Pearson Editorial.
- Pérez, J. y Merino, M. (2028). Hormigón - Qué es, definición y concepto. _(Artículo). Disponible en <https://definicion.de/hormigon/>
- Borja, V. Bañón, L. y López, A. (2024). Hormigón Armado Adaptados a la Instrucción EHE-08 de Fco. (HOLCIM). Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Alicante, España. Obtenido de <https://www.holcim.es/vigas-de-hormigon-que-son-como-funcionan-y-para-que-sirven>
- NEC Norma ecuatoriana de la construcción. Cargas sísmicas, diseño sismo resistente. NEC-SEDS.
- Cipriano, k. León, E. Quiroz, L. Rocha, T. y Vega, J. (2024). Proceso Constructivo de Cimentación de Estribos y Pilares en Puentes. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho. Facultad de Ingeniería Civil. Obtenido de: <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-jose-faustino-sanchez-carrion/construccion/proceso-constructivo-de-cimentacion-de-estribos-y-pilares-en-puentes/95568457>.
- NTE INEN 2243. (2016). Norma Técnica Ecuatoriana. Accesibilidad de las personas con discapacidad y movilidad reducida al medio físico. Vías de circulación peatonal. Obtenido de: https://www.riadis.org/wpcontent/uploads/2020/10/Norma_INEN_2243_2_VIAS_DE_CIRCULACION_PEATONAL.pdf

- Delgado, C. (2018). Propuesta de puente aplicando el método de diseño AASHTO LRFD para la ciudad de Manta. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador. Recuperado de: <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/803/html>
- Ochoa, C. (2008). Diseño de superestructuras de puentes de hormigón armado. Comparación entre diseño según norma AASHTO standard (Método ASD) y norma AASHTO LRFD. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Obtenido de: https://www.academia.edu/12405626/CRISTIAN_ANDRES_OCHOA_ESPINOZA_VALDIVIA_CHILE_2008
- Junco-Piñeros, W. A. & Zambrano-Montiel, N. (2020). Propuesta de diseño puente peatonal sobre la Av. Boyacá con calle 12 B. Trabajo de Grado. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Civil. Bogotá, Colombia. Recuperado de: <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/4ab93dce-1050-4546-959e-d4d7d2ae3a3b/content>
- Hurtado-Cuervo, V. & Mojica-Carreño, L. O. (2022). “Propuesta de súper estructura de puente peatonal en la localidad de Usaquén implementando fibras poliméricas como refuerzo a flexión en vigas.” Trabajo de Grado. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Civil. Bogotá, Colombia. Recuperado de: <https://hdl.handle.net/10983/27725>
- Galvis, E. (2021). “Comportamiento estructural de puente vehicular en vía Buga - Buenaventura.” Trabajo de Grado. Universidad de los Andes de Colombia. Maestría en Ingeniería Civil. Bogotá, Colombia. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/1992/63141>
- Juárez F. (2023). “Evaluación del comportamiento estructural de un puente peatonal de eje curvo.” Coordinación General de Estudios de Postgrado, UNAM; Facultad de Ingeniería, UNAM. Recuperado de: <https://repositorio.unam.mx/contenidos/3635231>
- Medina Vaca, S. (2017). "Análisis y diseño estructural en acero y concreto armado de puente peatonal para el cruce al fraccionamiento "San José de la Mina" en Uruapan, Mich.". (Tesis de Licenciatura). Universidad Don Vasco, México. Recuperado de: <https://repositorio.unam.mx/contenidos/394570>
- Nieto, N. (2021). “Comportamiento de puentes de la ciudad de Guayaquil durante sismos.” Trabajos de Titulación - Carrera de Ingeniería Civil. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Recuperado de: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/17470>
- Morales Munita, J. (2023). “Estudio e implementación de puentes ABC en carreteras urbanas en Chile.” Recuperado de: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/193165>
- Zamorano Valenzuela, C. (2020). “Guía de diseño de puentes de hormigón para el transporte de relaves.” Recuperado de: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/176994>.
- <https://www.estructurasmetalicascolombia.com/>
- https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-

12_VOLUMEN_3.pdf

- AASHTO, Guía de Especificaciones para el Diseño de Puentes Peatonales (Traducción al español), D. Marcano, Ed., American Association of State Highway and Transportation, 2011.
- Mena Ramírez, A. S. (2019). *Diseño estructural de un edificio de cinco plantas con estructura metálica, utilizando disipadores sísmicos SLB*. (Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniera Civil, Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito). Tutor: Guerrero Cuasapaz, D.
- Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-CG, "Cargas No Sísmicas", Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015.
- Norma Ecuatoriana de la Construcción - Estructuras de Acero, Quito: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015.
- ANSI/AISC, «Specification for Structural Steel Buildings,» Asociación Latinoamérica del Acero, Santiago de Chile, 2016.
- Norma Ecuatoriana de la Construcción- Estructuras de Hormigón Armado, CAMICON, 2015.
- ANSI/AISC, «Seismic Provisions for Structural Steel Buildings, » American Institute of Steel Construction, Chicago, 2016.
- Borbor Bajaña, M. A., & Ponce Pineda, H. P. (2022). *Estudio comparativo de diferentes materiales usados en la construcción de puentes peatonales en la ciudad de Guayaquil, provincia del Guayas, Ecuador*. Proyecto de Graduación, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra.
- Código de práctica ecuatoriana CEC-2001, "Requisitos generales de Diseño" Peligro sísmico, espectros de diseño y requisitos mínimos de cálculo para diseño sismo - resistente - Ecuador.
- NEC-SE-DS, Norma Ecuatoriana de la Construcción - Peligro Sísmico
- https://www.google.com/search?q=definici%C3%B3n+de+vigas+metalicas&sca_esvchrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://uees.edu.ec/descargas/libros/2019/caracterizacion-estratigrafica-de-los-suelo-de-gye.pdf