



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

“DISEÑO Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DINÁMICO NO
LÍNEAL DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE DOS PISOS
UTILIZANDO EL MÉTODO CONSTRUCTIVO STEEL FRAMING
CON UNA LOSA DE ENTREPISO STEEL DECK APLICANDO LA
NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN Y EL CÓDIGO
ACI 318-19”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTOR (ES):

MELANIE EDITH GÓMEZ FAJARDO

TUTOR:

ING. VIANNA ANDREA PINOARGOTE ROVELLO, MSc.

LA LIBERTAD, ECUADOR

2022

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

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

TEMA:

“DISEÑO Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DINÁMICO NO LÍNEAL DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE DOS PISOS UTILIZANDO EL MÉTODO CONSTRUCTIVO STEEL FRAMING CON UNA LOSA DE ENTREPISO STEEL DECK APLICANDO LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN Y EL CÓDIGO ACI 318-19”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTOR:

MELANIE EDITH GÓMEZ FAJARDO

TUTOR:

ING. VIANNA ANDREA PINOARGOTE ROVELLO MS.c

LA LIBERTAD – ECUADOR


2022

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN




Ing. Jonny Raúl Villao Borbor, MSc

DIRECTOR DE CARRERA



Ing. Vianna Pinoargote Rovello, MSc.

DOCENTE TUTOR



Ing. Raúl Andrés Villao Vera, MSc

DOCENTE ESPECIALISTA



Ing. Lucrecia Cristina Moreno Alcívar, Mg

DOCENTE UIC

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado principalmente a mi hijo, quien ha sido mi mayor motivación en los momentos duros y me ha dado las fuerzas necesarias para no rendirme durante el trayecto de la carrera universitaria.

A mi madre que ha sido un gran apoyo y sustento durante el proceso por obtener un título profesional y por confiar todo el tiempo que llegaría hasta donde he llegado.

A mis abuelos maternos que han deseado con mucho anhelo el día de la culminación de mi carrera universitaria y han estado incondicionalmente con sus consejos y cariño, recordándome siempre que puedo lograr lo que me proponga.

Melanie Edith Gómez Fajardo

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

La Libertad, 8 de agosto de 2022

CERTIFICADO ANTIPLAGIO

001-TUTOR VAPR-2022

En calidad de tutor del trabajo de titulación denominado **“DISEÑO Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DINÁMICO NO LÍNEAL DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE DOS PISOS UTILIZANDO EL MÉTODO CONSTRUCTIVO STEEL FRAMING CON UNA LOSA DE ENTREPISO STEEL DECK APLICANDO LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN Y EL CÓDIGO ACI 318-19”**, elaborado por la estudiante Melanie Gómez Fajardo, egresada de la Carrera de INGENIERÍA CIVIL, de la Facultad de CIENCIAS DE LA INGENIERÍA de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de INGENIERO CIVIL, me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio URKUND, luego de haber cumplido los requerimientos exigidos de valoración, el presente proyecto ejecutado, se encuentra con 9% de la valoración permitida, por consiguiente se procede a emitir el presente informe.

Adjunto reporte de similitud.

ATENTAMENTE,



ING. VIANNA PINOARGOTE ROVELLO MCs.

C.I.:2400061632



UNIVERSIDAD ESTADAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
Creación: Ley No. 110 R.O. No. 366 (Suplemento) 1998-07-22

Reporte Urkund.



Document Information

Analyzed document	Tesis (Melanie Gomez Fajardo tesis para urkund.docx (D142731452)
Submitted	2022-08-08 08:14:00
Submitted by	
Submitter email	melanie.gomazfajardo@upse.edu.ec
Similarity	9%
Analysis address	vpin@argote.upse@analysis.arkund.com

Sources included in the report

W URL: http://www.scielo.org/nw/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-092X2010000200003&ing=es&lng=es&izh=plema
Fetched: 2022-08-08 08:15:00

SA **TESIS-PUSHOVER.docx**
Document TESIS-PUSHOVER.docx (D11313646)

SA **submission.docx**
Document submission.docx (D115304584)

SA **UNIVERSIDAD ESTADAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA / CORRECCION FINAL SANTOS SORIANO Revisado JFA para URKUND.pdf**
Document CORRECCION FINAL SANTOS SORIANO Revisado JFA para URKUND.pdf (D111798137)
Submitted by: jargudo@upse.edu.ec
Receiver: jargudo.upse@analysis.arkund.com

SA **Tesis Crísthian Cáceres.docx**
Document Tesis Crísthian Cáceres.docx (D36036517)

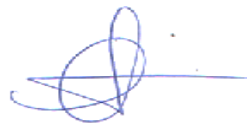
W URL: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/14631/Tesis%20corregida.pdf?sequence=1&isAllowed=yCevallos>
Fetched: 2022-08-08 08:15:00

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, **Melanie Gómez Fajardo**, declaro bajo juramento que el presente trabajo de titulación denominado “**DISEÑO Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DINÁMICO NO LÍNEAL DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE DOS PISOS UTILIZANDO EL MÉTODO CONSTRUCTIVO STEEL FRAMING CON UNA LOSA DE ENTREPISO STEEL DECK APLICANDO LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN Y EL CÓDIGO ACI 318-19**”, no tiene antecedentes de haber sido elaborado en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Carrera de Ingeniería **civil**, lo cual es un trabajo exclusivamente inédito y perteneciente de mi autoría.

Por medio de la presente declaración cedo los derechos de autoría y propiedad intelectual, correspondientes a este trabajo, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

ATENTAMENTE



MELANIE EDITH GÓMEZ FAJARDO

Autor de Tesis

C.I. 0926367723

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Vianna Pinoargote Rovello, MSc.

TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Universidad Estatal Península de Santa Elena

En mi calidad de Tutor del presente trabajo “**DISEÑO Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DINÁMICO NO LÍNEAL DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE DOS PISOS UTILIZANDO EL MÉTODO CONSTRUCTIVO STEEL FRAMING CON UNA LOSA DE ENTREPISO STEEL DECK APLICANDO LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN Y EL CÓDIGO ACI 318-19**” previo a la obtención del Título de Ingeniero **civil** elaborado por. **Melanie Gómez Fajardo**, egresados de la carrera de **civil**, Facultad Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes.

FIRMA DEL TUTOR



ING. VIANNA PINOARGOTE ROVELLO MCs.

TUTOR

CERTIFICADO DE GRAMATÓLOGO



CORRECCIÓN DE TEXTOS

(593) 0991219434 / 0989236800
Manglaralto 508 y Sucre, Santa Elena.

Santa Elena, 4 de agosto de 2022

CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA

Certifico que el trabajo de titulación *Diseño y análisis estructural dinámico no lineal de una vivienda unifamiliar de dos pisos utilizando el método constructivo Steel framing con una losa de entrepiso Steel deck aplicando la Norma Ecuatoriana de la Construcción y el Código ACI 318-19* elaborado por MELANIE EDITH GÓMEZ FAJARDO para optar por el título de INGENIERA CIVIL de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería en la Universidad Estatal Península de Santa Elena, ha pasado por el proceso de corrección de los siguientes aspectos:

- Corrección de estilo
- Ortotipografía
- Gramática
- Vicios e imprecisiones del lenguaje
- Maquetación
- Normas APA 7

Por lo tanto, autorizo al portador darle el uso pertinente.


SUÁREZ PANCHANA BETTY JANETTE
C.I. 0911457398

Título	Master Universitario en Formación Internacional especializada del profesorado especialidad en Lengua y Literatura
Registro Senescyt	7241102266
Correo electrónico	betty_suarez63@hotmail.com
Teléfono	0962573757

AGRADECIMIENTOS

Agradezco de forma muy grata a Daniel del Pezo Montenegro gran compañero y amigo de quien recibí una gran guía y apoyo incondicional, en los momentos más difíciles que se presentaron en el transcurso de la carrera.

Agradezco a mi madre Iraida Fajardo Orrala y abuelos Félix Fajardo España y María Orrala Reyes quienes estuvieron siempre brindándome apoyo y sabias palabras.

Agradezco a mi tutora Vianna Pinoargote Rovello por su guía durante el trabajo de titulación, a quién considero una persona de admiración total por sus logros y por ser también una excelente docente y profesional.

Agradezco a los docentes y autoridades de la carrera de ingeniería civil porque gracias a su trabajo y conocimientos, nos van formando como profesionales y futuros servidores para nuestro país.

A la Universidad Estatal península Santa Elena por abrirnos las puertas de sus localidades, donde día a día se impartieron conocimientos, dejando experiencias y recuerdos que quedarán en cada uno de los estudiantes.

Melanie Edith Gómez Fajardo

TABLA DE CONTENIDO

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	ii
1 DEDICATORIA	iii
2 CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO	iv
3 DECLARACIÓN DE AUTORÍA	vi
4 CERTIFICADO DE GRAMATÓLOGO	viii
5 AGRADECIMIENTOS	ix
7 LISTA DE FIGURAS.....	xiv
8 LISTA DE TABLAS	xvi
1 CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.....	19
1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	22
1.2 ANTEDECENTES	24
1.3 HIPÓTESIS	28
1.3.1 Hipótesis General	28
1.3.2 Hipótesis Especificas.....	29
1.4 OBJETIVOS.....	29
1.4.1 Objetivo General	29
1.4.2 Objetivos Específicos	29
1.5 ALCANCE	29
1.6 VARIABLES.....	30
1.6.1 Variables Dependientes:	30
1.6.2 Variables Independientes	30
2 CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	31
2.1 Sismicidad	31
2.2 Riesgo Sísmico	31
2.3 Peligrosidad Sísmica	32
2.4 Métodos de Análisis Sísmicos.....	32
2.5 Vulnerabilidad sísmica	33
2.5.1 Vulnerabilidad estructural	33
2.5.2 Vulnerabilidad no estructural	34
2.6 Capacidad	34

2.6.1	Cortante basal	34
2.6.2	Periodo de vibración.....	35
2.6.3	Modo de Vibración.....	35
2.6.4	Modos de Vibración en edificación.....	36
2.6.5	Número de Modos de Vibración	37
2.6.6	Curva de capacidad	38
2.6.7	Factor de reducción (R).....	39
2.6.8	Análisis estático no lineal Pushover	40
2.7	Demanda Sísmica	41
2.8	Espectro	42
2.8.1	Espectro de respuesta elástica	42
2.8.2	Niveles de Amenaza.....	43
2.8.3	Espectro de respuesta inelástica	44
2.8.4	Espectro de diseño.....	44
2.8.5	Acelerograma	45
2.9	Análisis Dinámico no lineal (Tiempo-Historia).....	46
2.9.1	Principios para el análisis tiempo-Historia.....	46
2.9.2	Procedimiento para el análisis Tiempo-Historia	47
2.10	Desempeño.....	47
2.10.1	Diseño por desempeño	48
2.10.2	Nivel de desempeño	48
2.11	Estructuras de Acero.....	48
2.12	Ductilidad.....	49
2.13	Ductilidad del acero	50
2.14	Steel Framing.....	51
2.14.1	Generalidades	52
2.14.2	Métodos de construcción.....	53
2.14.3	Aplicaciones del sistema	55
2.14.4	Componentes del sistema Steel framing	59
2.14.5	Cimentación.....	63
2.14.6	Ventajas del Steel Framing.....	64
2.15	Steel deck (Losa colaborante).....	64
3	CAPITULO III: METODOLOGÍA	66

3.1	Tipo y Nivel de Investigación	66
3.1.1	Tipo: Aplicada.....	66
3.1.2	Enfoque: Cuantitativo.....	66
3.1.3	Diseño: experimental.....	66
3.2	Diseño Steel Framing aplicando NEC 15.....	67
3.3	Diseño Steel Framing con AISI.....	67
3.3.1	Generalidades	67
3.3.2	Generalidades de la Estructura.	68
3.4	Determinación de Cargas	69
3.4.1	Carga Permanente (Carga Muerta).....	69
3.4.2	Carga Viva.....	70
3.5	Determinación de la Fuerza Sísmica	70
3.5.1	Zonificación Sísmica.....	70
3.5.2	Perfil del suelo.....	72
3.6	Metodología del O.E.1: Realizar el análisis dinámico lineal modal espectral y análisis dinámico no lineal de una estructura aplicando el sistema Steel framing en una vivienda unifamiliar de dos pisos	73
3.6.1	Componentes Horizontales De La Carga Sísmica: Espectro Elástico De Diseño.....	73
3.6.2	Espectro de diseño.....	75
3.7	Perfiles Implementados en el Diseño	77
3.7.1	Diseño a flexión.....	77
3.7.2	Diseño a Corte.	88
3.7.3	Diseño de elementos sometidos a compresión	89
3.8	Metodología para O.E.2.: Realizar análisis de costos por m2 y un análisis de precios unitarios de la estructura Steel framing.	96
3.8.1	Plano Arquitectónico del Modelo y medidas para análisis de costos	96
3.8.2	Ventajas del Sistema Steel deck.....	96
4	CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	98
4.1	Análisis y discusión de resultados del O.E.1.: Diseño de la estructura Steel framing	98
4.2	Análisis Modal	98
4.3	Análisis Dinámico no Lineal Tiempo-Historia	101

4.3.1	Definición de Acelerogramas para el Análisis Tiempo-Historia	101
4.3.2	Procedimiento en el Software SAP2000	102
4.4	Análisis Económico de la Estructura Steel Framing	108
4.4.1	Presupuesto referencial.....	108
4.4.2	Costo por Metro Cuadrado de Construcción.....	108
4.4.3	Cantidades de obra	109
4.4.4	Análisis de precios unitarios.....	110
4.5	Análisis y discusión de resultados del O.E.2.: Análisis Económico de la Estructura Steel Framing en comparación con una estructura de hormigón armado por metros cuadrados	111
4.5.1	Presupuesto Referencial	111
4.5.2	Costo por Metro Cuadrado de Construcción.....	111
4.6	Análisis Comparativo Económico.....	112
4.7	Costo por metro cuadrado	113
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		114
CONCLUSIONES		114
RECOMENDACIONES		115
5	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116
6	ANEXOS	121

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Factores de riesgo sísmico.....	31
Figura 2 Modos de vibración de una edificación.....	36
Figura 3 Número de modos de vibración.....	37
Figura 4 Curva de capacidad de cortante basal vs desplazamiento global según FEMA.....	38
Figura 5 Método Pushover muestran los límites de daños en la estructura.....	41
Figura 6 Descripción de Método de Espectro de Capacidad para Determinar el Punto de Demanda.....	41
Figura 7 Niveles de sismo y su probabilidad de ocurrencia y su condición de excedencia.....	44
Figura 8 Espectro de diseño.....	45
Figura 9 Diagrama esfuerzo-deformación de acero.....	49
Figura 10 Edificación con Sistema Steel Framing.....	51
Figura 11 Esquema de Vivienda con Sistema Steel Framing.....	52
Figura 12 Vivienda construida "in situ".....	54
Figura 13 Paneles prefabricados.....	54
Figura 14 Piso prefabricado.....	55
Figura 15 Vivienda residencial.....	56
Figura 16 Vivienda de interés social.....	56
Figura 17 Edificaciones de 5 pisos.....	57
Figura 18 Módulo prefabricado de baño.....	57
Figura 19 Planta extra.....	58
Figura 20 Galpón con perfiles galvanizados.....	59
Figura 21 Perfiles más utilizados y aplicaciones.....	61
Figura 22 Esquema de losa Steel deck.....	65
Figura 23 Plano de una vivienda de dos pisos.....	68
Figura 24 Diseño estructural de vivienda unifamiliar.....	68
Figura 25 Diseño de las Vigas.....	69
Figura 26 Carga muerta entre piso húmedo.....	69
Figura 27 Ecuador, Zonas Sísmicas para propósito de Diseño y Valor de Zona Z.....	71
Figura 28 Espectro Sísmico Elástico de Aceleración que presenta el Sismo del Diseño.....	74
Figura 29 Diseño según la NEC 2015.....	75
Figura 30 Dimensiones del Perfil.....	77
Figura 31 Diseño de Labios.....	79
Figura 32 Diseño del Alma.....	84
Figura 33 Diseño del Perfil.....	89
Figura 34 Diseño de Agujeros en Motantes AISI 2007.....	93
Figura 35 Estructura en Steel Framing.....	98
Figura 36 Registros de suelo de Guayaquil, Quito y Manta.....	102
Figura 37 Registros Sísmicos en Time History.....	102

Figura 38 Pares de Registros Sísmicos	103
Figura 39 Casos de Carga	103
Figura 40 Punto específico de la estructura	104
Figura 41 Análisis Dinámico no Lineal en Guayaquil.....	104
Figura 42 Desplazamiento de estructuras	105
Figura 43 Análisis Dinámico no Lineal para estructuras en Manta.....	106
Figura 44 Desplazamiento de la Estructura en Manta	106
Figura 45 Análisis Dinámico No Lineal para Santa Elena	107
Figura 46 Desplazamiento de la estructura en Santa Elena	107
Figura 47 Comparación Económica H.A y S.F.	112
Figura 48 Costo por Metro Cuadrado H.A. y S.F.	113

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Detalles de entrepiso húmedo	70
Tabla 2 Valores del Factor Z en Función Sísmica Adoptada.....	72
Tabla 3 Datos de la Zona para Investigar.....	75
Tabla 4 Datos del espectro del diseño elástico según la NEC	75
Tabla 5 Perfiles de la Estructura con Sistema ST	77
Tabla 6 Perfil de la Viga	78
Tabla 7 Refuerzo de labio simple	81
Tabla 8 Elementos Circulares	86
Tabla 9 Dimensiones del Perfil PGG 100x50x15x2.....	89
Tabla 10 Refuerzo de Labios Simples	92
Tabla 11 Periodo y Participación de Masas	99
Tabla 12 Corrección del Cortante Dinámico	99
Tabla 13 Corrección del cortante basal.....	100
Tabla 14 Comprobación de derivas inelásticas en Dirección X	100
Tabla 15 Comprobación de derivas inelásticas en Dirección Y	101
Tabla 16 Presupuesto referencial de Steel Framing	108
Tabla 17 Volumen de excavación para losa.....	109
Tabla 18 Área conformación de plataforma.....	109
Tabla 19 Volumen de Hormigón de Replanto.....	109
Tabla 20 Volumen de hormigón de Losa.....	109
Tabla 21 Número de planchas de malla electrosoldada	109
Tabla 22 Cantidad de perfiles	110
Tabla 23 Número de Placas Colaborantes	110
Tabla 24 Volumen de H.S losa aligerada 5cm.....	110
Tabla 25 Número de planchas de malla electrosoldadas	110
Tabla 26 Presupuesto referencial Estructura de Hormigón Armado	111
Tabla 27 Comparativa Económica entre Rubros de Estructura de H.A. y S.F.....	112

“DISEÑO Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DINÁMICO NO LÍNEAL DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE DOS PISOS UTILIZANDO EL MÉTODO CONSTRUCTIVO STEEL FRAMING CON UNA LOSA DE ENTREPISO STEEL DECK APLICANDO LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN Y EL CÓDIGO ACI 318-19”

Autores:

Gómez Fajardo Melanie Edith

RESUMEN

En el presente proyecto de investigación abarca un diseño por desempeño de una vivienda unifamiliar de dos pisos ubicada en la provincia de Santa Elena, utilizando el método de análisis Tiempo- Historia, el cual nos permite conocer el comportamiento de la estructura ante un evento sísmico. Para el proceso de esta tesis fue necesario trabajar con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015 y las normas de diseño AISI, utilizando también programas como AutoCAD y SAP 2000 los cuales fueron herramientas fundamentales para realizar el plano arquitectónico, diseño y análisis considerando una estructura con perfiles de acero llamada Steel Framing. Una vez se recolectó las respectivas normas y códigos a participar en este trabajo se realizó el diseño de la estructura, realizando primero un análisis dinámico lineal, para luego realizar el análisis dinámico no lineal en Tiempo-Historia donde se tomaron datos de acelerogramas de suelo de Santa Elena que fue donde se analizó la estructura, considerando también registros sísmicos de las ciudades Guayaquil, Libertad y Manta durante el sismo de Pedernales. Se pudo comprobar que el análisis dinámico no lineal presenta resultados más exactos por lo que la estructura presenta mayores daños ante un evento telúrico.

PALABRAS CLAVE: *Análisis dinámico no lineal, Steel framing, Steel deck, Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015*

“DESIGN AND NONLINEAR DYNAMIC STRUCTURAL ANALYSIS OF A TWO-STORY SINGLE-FAMILY HOUSE USING THE STEEL FRAMING CONSTRUCTION METHOD WITH A STEEL DECK MEZZANINE SLAB APPLYING THE ECUADORIAN CONSTRUCTION STANDARD AND ACI CODE 318-19”

Autores:

Gómez Fajardo Melanie Edith

ABSTRACT

This research project covers a performance design of a two-story single-family house located in the province of Santa Elena, using the Time-History analysis method, which allows us to know the behavior of the structure in a seismic event. For the process of this thesis it was necessary to work with the Ecuadorian Construction Standard NEC 2015 and the AISI design standards, also using programs such as AutoCAD and SAP 2000 which were fundamental tools to make the architectural plan, design and analysis considering a structure with steel profiles called Steel Framing. Once the respective standards and codes to participate in this work were collected, the design of the structure was carried out, first performing a linear dynamic analysis, and then performing the nonlinear dynamic analysis in Time - History where data were taken from soil accelerograms of Santa Elena, where the structure was analyzed, also considering seismic records of the cities of Guayaquil, Libertad and Manta during the earthquake of Pedernales. It was found that the non-linear dynamic analysis presents more accurate results, so the structure presents greater damage in the event of a telluric event.

KEYWORDS: Nonlinear dynamic analysis, Steel Framing, Steel Deck, Ecuadorian construction standard 15

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

El deficiente desempeño sismorresistente de estructuras modernas durante los últimos eventos sísmicos ha puesto en evidencia que la confiabilidad del diseño sísmico era menor de lo que se estimaba, puesto que presenta grandes inconsistencias entre estructuras que tienen un mismo sistema estructural, lo cual ha enfatizado la necesidad de replantear las metodologías actuales de diseño sísmico. Como parte de ese replanteamiento se ha visto la importancia de complementar la fase numérica del diseño sísmico con una fase conceptual y de implementación basadas en el control de la respuesta dinámica de las estructuras sismorresistentes.

La filosofía del diseño por desempeño se ha constituido dentro de este contexto como la alternativa más factible para el planteamiento de metodologías de diseño sísmico que den lugar a estructuras que satisfagan las necesidades de las sociedades modernas. (Núñez Palacios, 2018, pág. 7). La Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015 regula el sector de la construcción en el país. Esta normativa es una guía para los profesionales del área inmersos en el diseño y cálculos sismorresistentes requeridos en los proyectos.

La normativa establece el capítulo NEC-SE-DS 2015 correspondiente al diseño sismo resistente para estructuras de ocupación normal que según Villacís Carrera (2021) dos objetivos. El primero, prevenir daños en elementos no estructurales y estructurales, ante terremotos pequeños y frecuentes, que pueden ocurrir durante la vida útil de la estructura.

El otro objetivo es el de prevenir futuros daños estructurales graves y controlar daños no estructurales, ante terremotos moderados y poco frecuentes, que pueden ocurrir durante la vida útil de la estructura. Evitar el colapso ante terremotos severos que pueden ocurrir rara vez durante la vida útil de la estructura, procurando salvaguardar la vida de sus ocupantes. (pág. 21)

En este contexto, Ortiz Naranjo (2017) propone la tecnología constructiva Steel framing (SF), un sistema sismo resistente que emplea “estructuras livianas de acero galvanizado revestidas con paneles prefabricados de fibrocemento o similares, ideales para la reconstrucción de muros internos y externos afectados por esta clase de fenómenos naturales” (pág. 6); por lo que la mencionada tecnología es requerida en lugares con mayor riesgo sísmico.

En el Ecuador la tecnología SF está contemplada en la NEC 2015 (Norma Ecuatoriana de Construcción). Precisamente en NEC-SE-vivienda para viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5m (MIDUVI, 2014) y por la Norma para el diseño de los miembros estructurales de acero conformado en frío de la American Iron and Steel Institute (AISI, 2016) en lo que conforma la seguridad estructural de las edificaciones.

Por otro lado, la construcción de losas con placas colaborantes es un reconocido método en América latina y en el resto del mundo. Su sismo resistencia es su principal característica, aunque también se destaca por su bajo costo, resistencia, durabilidad y reducido peso en comparación con las losas de construcción tradicionales (Salazar Reyes, 2018). Por esta razón, este método constructivo está considerado en la normativa ecuatoriana de la construcción que se sujeta al estándar internacional ACI 318-19.

Salazar Reyes propone como esqueleto de la construcción una estructura de acero (SF) y una losa de acero (Steel deck) aplicados en una vivienda unifamiliar de dos pisos. Su proyecto de investigación tiene como objetivo demostrar la idoneidad y el rendimiento de estos sistemas constructivos sujetos mecánicamente cuando se someten a cargas sísmicas aplicando las respectivas normativas (2018).

En muchas ocasiones, las fuerzas producidas por un sismo no son las que causan daños severos a las edificaciones. Los daños se deben a las deformaciones no controladas que se tienen en los elementos estructurales y no estructurales. Por esta razón, se debe proporcionar a la estructura la capacidad de recuperarse y volver a funcionar

normalmente después de un evento adverso; es decir, la estructura debe ser resiliente. (Engleider & Gould, 2010)

La ductilidad es primordial en este tipo de estructuras. Al respecto, Moreno Fernández señala que los códigos exigen requisitos de ductilidad en los aceros de armar y las capacidades de redistribución, y concluye que este requisito es indispensable en construcciones en zonas sísmicas. La ductilidad también se asocia al comportamiento y a la rotura de los materiales; por ejemplo, en el acero, se relaciona la fase elástica con la fase plástica no lineal de su curva de tracción. (2008)

En el primer capítulo se expone una introducción del trabajo de titulación; se analiza la problemática que abarca la revisión y análisis de los estudios relacionados con el tema, los antecedentes investigativos, la hipótesis, los objetivos planteados; continúa con el alcance y el señalamiento de variables del tema de investigación.

El segundo capítulo describe el marco teórico, sus diferentes conceptos y un enfoque científico con respecto de los distintos enfoques que tiene el proyecto. El tercer capítulo corresponde a la metodología de investigación aplicada; se establece la modalidad básica, el nivel y el tipo de investigación; se establece el plan de recolección de datos, procesamiento y análisis de información; y se desarrolla la operacionalización de las variables.

El cuarto capítulo se refiere al análisis e interpretación de los resultados obtenidos en la recolección de información. Los resultados se obtuvieron a través de cálculos y comprobación por medio de softwares de análisis estructural como de SAP 2000, ETABS y Excel.

Finalmente, en el quinto capítulo se muestran las conclusiones y recomendaciones, éstas se determinan a través de los resultados obtenidos, mismos que se determinan mediante la recolección de datos y parámetros que se deben tomar en consideración para la realización de los respectivos cálculos y modelado para realizar el presente tema.

1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La tecnología y el desarrollo tienen una trascendencia relevante en el campo de la construcción porque “los ciclos de vida tecnológica y los sistemas que giran y se construyen en torno a ellos pueden ser descritos, en ocasiones, mediante la construcción de características, patrones, normativas, trayectorias organizacionales y comportamientos a lo largo del tiempo” (Álvarez Echeverría, 2015, pág. 15).

Ecuador se asienta en una zona de riesgo sísmico, prueba de ello fue el terremoto del 2016 en Manabí que registró 7.8 en la escala Richter. Las estructuras mal diseñadas y construidas, el poco criterio sobre la ingeniería sísmo-- resistente y la falta de aplicación de la NEC provocaron la pérdida de vidas humanas. Luego del desastre, las edificaciones hospitalarias resultaron inservibles. (Crespo Salcedo & Flores Rivera, 2018)

La aplicación de un nuevo sistema constructivo obedece a parámetros técnicos como las falencias de las construcciones de hormigón armado y de estructura metálica, y las demandas de la población creciente; por lo tanto, un análisis del déficit de vivienda en el Ecuador debe contemplar la proyección del crecimiento de habitantes y las áreas de riesgo sísmico. (Morocho Narváez, 2020)

De acuerdo con Morocho Narváez, las edificaciones construidas con las técnicas convencionales sufren daños cuando ocurren movimientos sísmicos. Por un lado, las construcciones con hormigón armado se debilitan ante los cambios de temperatura, el deficiente aislamiento térmico y el peso muerto elevado. Por otro lado, la técnica constructiva metálica es susceptible al pandeo debido a la exposición de su estructura a cargas altas y pierde ductilidad por concentración de esfuerzo. La técnica Steel framing según sus características y especificaciones técnicas tiene la capacidad de solucionar estas deficiencias ya que constituye una perfilera de menor peso con una carga de transmisión inferior capaz de soportar sismos, fácil de montar, presenta menos problemas de pandeo, etc., de ahí que los planes de expansión de las grandes metrópolis que contemplan las desventajas que presentan los demás sistemas de construcción tradicional (2020).

El Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) reporta que en Ecuador existen 4,7 millones de viviendas construidas; de las cuales más de 2,7 millones presentan déficit habitacional o carencias en las viviendas. La misma página, también publica que Banco Internacional de Desarrollo (BID) mapea 2 078 513 de viviendas que son recuperables y 665 612 necesitarían ser demolidas (MIDUVI, 2021). El MIDUVI registra 325 411 ciudadanos que están interesados en adquirir una vivienda, el 80.6 % de estos buscan las casas de más bajo costo del mercado inmobiliario. (Torres, 2021)

El presente trabajo de titulación se desarrolla para explicar la necesidad de implementar nuevos y eficaces sistemas constructivos que puedan disminuir el presupuesto total de las obras y el tiempo de ejecución del proyecto y para demostrar la notoria diferencia en comparación con aquellos construidos de forma tradicional.

Además, al momento de aplicar estos sistemas constructivos se responde a las demandas de la ciudadanía que desea obtener una vivienda propia. Por ejemplo, el método Steel framing con losa colaborante Steel deck es un sistema de construcción, con materiales renovables y amigables con el medio ambiente, que garantiza la durabilidad, resistencia y seguridad de la edificación.

Con todas estas ventajas, se debe dar oportunidad a estas nuevas soluciones constructivas. De forma especial, el sistema SF que consiste en construir una edificación a partir de perfiles de acero galvanizado sin usar cemento en su estructura a excepción de las bases, las cuales son de concreto armado, que bien puede ser una platea de cimentación o zapatas corridas dependiendo del cálculo estructural; una losa de entrepiso con placas colaborantes de acero galvanizado, maya electrosoldada y un recubrimiento de concreto. Así se obtiene la mayor ventaja que puedan brindar los materiales como lo son el acero y el concreto.

El Sistema SF es muy económico en comparación con los sistemas constructivos convencionales. También se destaca por la velocidad y precisión del trabajo, la versatilidad que tiene para ajustarse a diferentes modelos arquitectónicos, y la amigable

relación con el medio ambiente debido a que los residuos que se generan son mínimos y pueden ser reciclados fácilmente.

Para ello, se diseñará una casa unifamiliar de dos plantas utilizando estos dos métodos constructivos combinados que reduzcan costos de producción, de tiempo y tenga un significativo ahorro económico. Adicionalmente, se determinará el comportamiento de la estructura ante un evento sísmico a través de un análisis Tiempo-Historia que brinde seguridad a la estructura y puedan ser utilizados en proyectos habitacionales o para el público en general.

¿El sistema Steel framing con una losa Steel deck garantiza el buen comportamiento de la estructura ante un evento sísmico?

Se realizará un análisis dinámico no lineal para garantizar el desempeño y eficacia de la estructura ante posibles eventos telúricos. Se aplicará los dos métodos constructivos y poder estudiar la respuesta de la estructura bajo los parámetros establecidos en la Norma ecuatoriana de la construcción (NEC 2015) para viviendas de 2 pisos con luces de hasta 5m y con las normativas de American Concrete Institute (ACI) publicado en julio de 2019 (ACI 318-19). Este estudio brindará a la ciudadanía la seguridad necesaria para reemplazar los métodos constructivos tradicionales y dar paso a estos nuevos métodos.

1.2 ANTEDECENTES

Sísmica mundial

Los eventos sísmicos afectan a grandes países y poblaciones de todo el mundo y ocasionan pérdidas tanto humanas como materiales, debido en su gran mayoría por construcciones mal diseñadas; por lo que existe una creciente demanda de métodos de análisis estructural más seguros y que garanticen la adecuada respuesta de las edificaciones ante un sismo.

Por este motivo, se evidencia la necesidad de realizar diseños basados en desempeño con la finalidad única de determinar cómo se comporta una estructura ante cualquier tipo de sollicitación, además de que la estructura pueda brindar protección a sus ocupantes. (Núñez Palacios, 2018)

Sísmica nacional

A nivel nacional se conoce que Ecuador se halla localizado en una de las zonas de mayor peligrosidad sísmica del mundo, debido al proceso de subducción de la placa de Nazca, el mismo que genera una alta sismicidad en su recorrido hacia el Este.

Por dicho proceso en la Costa Ecuatoriana existe un hipocentro superficial y en la región Oriental los eventos sísmicos asociados con la subducción pueden tener profundidades focales mayores a 200 km. Además de la actividad sísmica asociada a la zona de subducción, existen sismos que se generan por la activación de fallas geológicas locales. (Núñez Palacios, 2018, pág. 1)

La sismicidad de Ecuador se reactiva cada 50 años, debido a esto ocurren varios sismos cercanos a 8 grados en magnitud Richter o mayores en cada etapa de reactivación. La reactivación sísmica que ocurre a inicios de cada siglo es 35 veces más intensa que las que ocurren a mediados de siglo. (Moncayo Theurer, Velasco, Mora, Montenegro, & Córdova, 2017, pág. 56)

Sísmica provincial

La Provincia de Santa Elena es considerada una zona de alto riesgo sísmico (Baquero Domínguez & Lema Cefla, 2013, pág. 19), debido a la convergencia de la placa oceánica de Nazca que colisiona y subduce contra el segmento continental de la placa Sudamericana. donde se determina que la mayoría de las estructuras no tiene el adecuado diseño para soportar eventos sísmicos. A esto hay que adicionar lo expresado por Villao Borbor (2014) cuando afirma que “el sector de la construcción se ha venido desarrollando a pasos lentos, empleando siempre la tecnología propia del sector y

metodologías propias, debido a la falta de información clara sobre las ventajas que pueden considerarse al emplear” (pág. 24) diferentes sistemas constructivos.

Historia del Steel framing

Martínez y Cueto explican que el SF se origina “al inicio del siglo XIX; es la evolución de un sistema que utiliza estructura de madera llamado *Balloon Frame*” (2012, pág. 3) históricamente construidas por los colonizadores en el territorio norteamericano en esa época. El mismo autor señala que “los orígenes del *Frame* se remontan a los años 1810 cuando EE.UU. comenzó la conquista del territorio, y hacia 1860, cuando la migración llegó a la costa del Océano Pacífico”. (Martínez & Cueto, 2012, pág. 3). Durante los años 90, los cambios de precio y de la calidad de la madera motivaron el uso de perfiles de acero en construcciones residenciales.

Al finalizar la década, un 25 % de las residencias construidas en Estados Unidos se basó en el sistema del SF. Esta técnica se deriva de las voces inglesas *steel* que significa acero y *framing* que equivale a estructura, esqueleto, disposición, construcción; por lo tanto, se la puede definir como un sistema de construcción compuesto por un esqueleto estructural en acero formado por elementos individuales que unidos entre sí son capaces de resistir a la estructura y a las cargas solicitadas. (Ramos Ruiz Flores, 2013)

El sistema del Steel Framing (SF), es un sistema constructivo conocido mundialmente de concepción racional, teniendo como característica principal que es una estructura constituida por perfiles formados en frío de acero galvanizado que se utilizan para la composición de paneles estructurales y no estructurales, vigas secundarias, vigas de piso, cabios del techo y otros componentes.

Al ser un sistema industrializado, posibilita una construcción en seco de gran rapidez de ejecución. Gracias a estas características, el sistema Steel Framing también es conocido como Sistema Autoportante de Construcción en Seco (Rodríguez Díaz & Vergara Pájaro, 2020, págs. 21, 22)

En la mayoría de los países industrializados, el área de la construcción civil aplica el sistema SF; en cambio, en Latinoamérica es poco conocido. Así en primera instancia para ayudar a visualizar el sistema LSF, se recurrirá al tabique en seco (Drywall), que se utiliza en los tabiques interiores en la región, que a pesar de no tener una función estructural, emplea los perfiles galvanizados para componer un esqueleto en el que se fijan las placas de cerramiento.

Historia Steel deck

Steel deck o forjado colaborante es un sistema de construcción mixta, formada por una placa de acero nervada y hormigón simple; fue patentado en el año 1926 en Estados Unidos. La placa de acero sirve como encofrado en donde se verterá el concreto y como acero de refuerzo para soportar cargas de tracción en lo cual el concreto tiene baja resistencia; a esto se le debe añadir una malla de acero en la parte superior para evitar fisuras del hormigón por las variaciones de temperatura.

Ha llegado a tener un gran auge debido a su fácil puesta en obra, al corto tiempo en que se lo realiza y a las diferentes aplicaciones que puede tener como en la construcción de estructuras de hormigón, metálicas o mixtas. (Echeverría Márquez, 2021, pág. 10)

Entre las características de esta técnica se destaca su resistencia a la compresión del hormigón y a la tracción del acero. Un entrepiso compuesto aprovechará estas dos propiedades que disminuyen el material necesario para soportar las cargas. La sección compuesta aumenta la rigidez y disminuye la flexión comparada con los elementos individuales.

El conjunto hormigón-acero tiene la capacidad de permitir disminuir el espesor del hormigón en las losas de entrepiso y disminuyen el peso de la estructura lo que genera un ahorro en costos de materiales. El diseño compuesto disminuye además el peso de las vigas metálicas de soporte.

La relación resistencia-peso es lo que causa mayor interés en este tipo de material. Esto principalmente se debe a que hereda propiedades del acero y el hormigón entregando un mejor comportamiento que los elementos por separado.

En comparación con los otros tipos de losas, una característica de gran importancia al momento de empezar a ejecutar esta construcción es la facilidad de transportar; también se reconocida por tener un rápido montaje y el ahorro de materiales en el encofrado lo que disminuye en obra los tiempos de construcción, y también mejora la seguridad dentro de las obras y genera un impacto ambiental positivo.

En cambio, las limitaciones vienen dadas en el catálogo del fabricante; datos que necesariamente deben ser conocidos por el proyectista que va a ejecutar en obra. Los conectores se pueden fijar a la viga directamente a través de la lámina.

El cálculo y diseño de las vigas que soportan este tipo de losa se hacen de la misma forma que de las losas macizas considerando que cuando las ondas (Nervios) de la lámina son perpendiculares a la viga de acero, el concreto que queda dentro de las ondas no se debe ser considerado, y cuando las ondas (nervios) de la lámina son paralelas a la viga de acero, el concreto que queda dentro de las ondas debe ser considerado para los cálculos.

1.3 HIPÓTESIS

1.3.1 Hipótesis General

Se demostrará mediante un análisis dinámico Historia-Tiempo que utilizar el método de construcción Steel Framing en conjunto con el sistema constructivo de losas llamado Steel deck para viviendas resulta altamente conveniente porque se obtienen ventajas estructurales, ahorro económico, minimiza el tiempo de construcción, reduce la mano de obra y a su vez brinda seguridad.

1.3.2 Hipótesis Específicas

H.E.1.: Se pretende realizar un análisis dinámico lineal modal espectral de una estructura Steel framing, de acuerdo al espectro de diseño y el análisis dinámico no lineal en Steel Framing de la tipología de una vivienda unifamiliar con la finalidad de estudiar la viabilidad del sistema Steel Framing frente a solicitudes de cargas sísmicas para zonas de peligro sísmico según NEC 2015.

H.E.2.: Se busca realizar un análisis de costos totales y por m² de la estructura Steel framing para una estructura de dos pisos con la finalidad de conocer la viabilidad económica del sistema constructivo.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Analizar el modelo no lineal dinámico del diseño de una vivienda unifamiliar de dos plantas mediante el método de construcción Steel framing en combinación con una losa colaborante Steel deck aplicando la Nec 2015.

1.4.2 Objetivos Específicos

O.E.1.: Realizar el análisis dinámico lineal modal espectral y análisis dinámico no lineal aplicando el sistema Steel framing en una vivienda unifamiliar.

O.E.3.: Realizar análisis de costos por m² y un análisis de precios unitarios de la estructura Steel framing.

1.5 ALCANCE

El tema del proyecto de investigación, de la rama estructural, aborda y entrega información sobre la base de un diseño digital de una estructura de vivienda de dos

pisos. Mientras más preciso y detallado sea el proyecto, mejor es el desempeño y la calidad de los resultados obtenidos. La investigación se apoya también de otros estudios relacionados directamente con el planteamiento que el tema requiere y en los conocimientos adquiridos mediante las materias impartidas durante la carrera universitaria.

A partir de un plano arquitectónico de una vivienda unifamiliar de dos pisos, se modelará la estructura Steel Framing mediante la aplicación de cargas de una losa colaborante considerando una serie de argumentos que señalan las ventajas en el uso y la aplicación de las soluciones de diseño y constructivas usando la combinación de los dos sistemas.

Mediante este trabajo de investigación se realizará el diseño y análisis dinámico no lineal de una estructura Steel Framing, mediante el método Tiempo- Historia utilizando los parámetros y especificaciones establecidos en la NEC 15 y AISI para estructuras de acero y las características que favorecerán dicha construcción.

Con lo resaltado anteriormente, se analizará el comportamiento de la estructura ante un posible evento sísmico que evalúe las características sismorresistentes de elementos estructurales. Se determinarán los desplazamientos, las vibraciones según el método tiempo-historia para conocer una respuesta óptima de la estructura, formando un sistema compuesto monolítico conocido como una construcción en húmedo, capaz de resistir cargas tanto horizontales como verticales sin afectación de la estructura.

1.6 VARIABLES

1.6.1 Variables Dependientes:

- Análisis dinámico no lineal.

1.6.2 Variables Independientes

- Diseño de una vivienda unifamiliar utilizando el método constructivo Steel Framing con losa de entrepiso Steel deck.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

1.7 SISMICIDAD

La sismicidad es el estudio de los sismos que ocurren en algún lugar en específico que puede tener alta o baja sismicidad, lo que tiene relación con la frecuencia con que ocurren sismos en ese lugar.

La sismicidad tiene ciertas leyes, una de las más usadas es la ley de Charles Francis Richter que relaciona el número de sismos con la magnitud. (Educalingo, s.f.)

1.8 RIESGO SÍSMICO

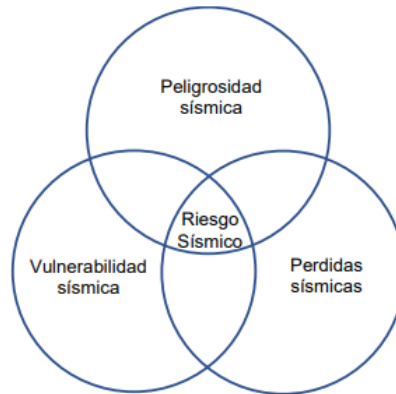
Díaz y Patete citados por Avilés Balón (2018) definen como riesgo sísmico al hecho de que a una población o a la infraestructura le ocurra algo nocivo o dañino u observarse un peligro para una población propensa a sufrir daños en un componente de su estructura social.

Por su parte Avilés Balón (2018) expresa que el riesgo es un peligro latente, cuyo nivel de riesgo está condicionado por la vulnerabilidad entre la estructura social y el medio físico y natural del entorno y las pérdidas que puede ocasionar, como se evidencia en la figura 1. En algunos casos, los riesgos son difíciles de evaluar, especialmente en zonas de intensidad sísmica.

El riesgo debido a terremotos presenta dos aspectos diferentes; uno científico y otro económico; este último, relacionado con el primero, excede las competencias del sismólogo como del ingeniero. Dentro del aspecto científico existen, también dos puntos de vista, el del sismólogo, a quien le interesa, en primer lugar, la probabilidad que una estructura se comporte de cierta forma bajo la acción de un sismo dado. **(Muñoz, 1989, pág. 199)**

Figura 1

Factores de riesgo sísmico



Nota: Adaptado de Evaluación de riesgo sísmico de viviendas unifamiliares de Vinces (pág. 4), por *Avilés Balón, 2018*

1.9 PELIGROSIDAD SÍSMICA

La amenaza es un evento que tiene probabilidad de ocurrir y capacidad de producir daños físicos, económicos y ambientales con una magnitud dada, durante un período específico y en una localidad determinada, cuyos parámetros como aceleración, velocidad, desplazamiento, magnitud o intensidad pueden ser cuantificados. (Vargas Saltos, 2016, pág. 9)

1.10 MÉTODOS DE ANÁLISIS SÍSMICOS

La selección del tipo de análisis dependerá de la herramienta de análisis escogida; de los costos en general (recursos computacionales disponibles, de los tiempos de pre y postproceso, etc.); así como también del tipo de estructura a analizar.

También, es importante la forma cómo se idealizarán las solicitaciones: sean del tipo estático, dinámico, modal espectral; sean fuerzas, desplazamientos, aceleraciones, etc. Dependiendo del fenómeno a estudiar será la forma de idealizar las solicitaciones.

Generalmente, los análisis se dividen en elásticos y en no lineales. Ningún estudio sobre el comportamiento estructural de un edificio histórico se debería basar única y exclusivamente en análisis elástico-lineales, pues debido a esto se corre el riesgo de no tener una adecuada valoración del comportamiento y respuesta estructural.

Por lo que el uso de métodos inelásticos se torna imprescindible. Sin embargo, algunas veces los parámetros necesarios para definir correctamente el modelo matemático que describe el comportamiento no-lineal del material son muy complicados de evaluar. (Peña Mondragón, 2010, pág. 55)

1.11 VULNERABILIDAD SÍSMICA

Según Rincón Ponce & Sánchez Manjarres, (2020) la vulnerabilidad sísmica se define como: “propiedad intrínseca de la estructura, una característica de su propio comportamiento ante la acción de un sismo descrito a través de una ley causa-efecto, donde la causa es el sismo y el efecto es el daño”. Entonces, la vulnerabilidad sísmica es la capacidad de resistencia de una edificación ante la eventual ocurrencia de una actividad sísmica. (págs. 5, 6)

Depende del daño que pueda generar un sismo a la estructura, se puede analizar el nivel de vulnerabilidad que presenta. Así mismo, la vulnerabilidad sísmica se evalúa de manera independiente del peligro; es decir, una edificación puede ser vulnerable pero no estar en peligro el cual depende de la ubicación de la edificación.

La vulnerabilidad sísmica de una edificación se puede presentar de dos maneras:

1.11.1 Vulnerabilidad estructural

Es el nivel de vulnerabilidad de los elementos estructurales (cimientos, columnas, muros portantes, vigas, losas macizas y aligeradas, diseñados para transmitir fuerzas verticales y horizontales), componentes que pueden resultar gravemente

dañados ante un sismo, debilitando la resistencia y estabilidad de la edificación. (Santos Quispe, 2019, pág. 35)

1.11.2 Vulnerabilidad no estructural

Es el nivel de vulnerabilidad de los elementos no estructurales; de acuerdo con su ubicación, pueden generar daños en los habitantes ante un sismo. Los elementos no estructurales pueden agruparse en categorías: arquitectónicos (tabiques, ventanas, techos, puertas, cerramientos, cielos rasos, etc.), instalaciones (plomería, calefacción, aire acondicionado, conexiones eléctricas, etc.) o equipos (equipos médicos, equipos mecánicos, muebles, etc.). (Santos Quispe, 2019, pág. 35)

1.12 CAPACIDAD

La capacidad de una estructura depende de la resistencia y deformación máxima de sus componentes individuales. Para determinar sus capacidades más allá del límite elástico, es necesario utilizar algún tipo de análisis no lineal, como, por ejemplo, el análisis estático no lineal *Pushover*. Este proceso usa una serie de análisis secuenciales elásticos, que se superponen para aproximarse a un diagrama conocido con el nombre de Curva de capacidad.

Esta curva relaciona las fuerzas en la base (cortante basal V) y los desplazamientos (D) en el nivel superior de la estructura. El modelo matemático de la estructura se modifica para tener en cuenta la reducción de resistencia de los elementos que ceden. De esta manera, se aplica una serie de fuerzas horizontales, las cuales se incrementan hasta que la estructura desarrolla su capacidad máxima. (Núñez Palacios, 2018, págs. 7, 8)

1.12.1 Cortante basal

“El cortante basal es una fuerza contraria a la fuerza estática que se desarrolla en el soporte de cada columna, cuya magnitud debe ser igual, pero en sentido contrario a la fuerza estática equivalente”. (Quizhpilema Piray, 2017, pág. 51)

1.12.2 Periodo de vibración

Se refiere al tiempo que tarda el oscilador en completar un ciclo de vibración. (Quizhpilema Piray, 2017, pág. 51)

1.12.3 Modo de Vibración

Para una mejor comprensión de los modos de vibración, es necesario atender algunos conceptos de vibración, periodo, frecuencia y amplitud. Cevallos lo explica de la siguiente manera:

Vibración: Es el movimiento repetido de un punto hacia otro que se desplaza en varios sentidos y atraviesa la posición de equilibrio.

Período: El tiempo que dura una oscilación.

Frecuencia: Número de oscilaciones por unidad de tiempo. La frecuencia es inversamente proporcional al período.

Amplitud: valor máximo de un punto durante una oscilación, que puede ser por un desplazamiento, velocidad o una aceleración. (Cevallos, 2017, pág. 32)

Aguiar Falconí (2012), en su libro *Dinámica de Estructuras con CEINCI-LAB*, enfatiza que los modos de vibración señalan, desde el primer momento, el comportamiento bueno o malo que una edificación tendrá durante un movimiento sísmico.

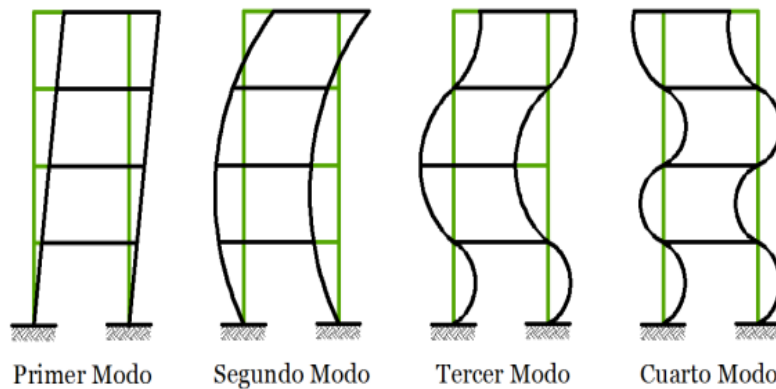
Estos argumentos justifican la importancia de analizar sus valores para determinar las diferencias de todos los modos y establecer la importancia del primer movimiento para ayudar a que la estructura responda con un buen comportamiento durante un sismo. Los modos no tienen dimensiones, aunque cada modo de vibración de una edificación tiene su respectiva frecuencia o periodo.

1.12.4 Modos de Vibración en edificación

Cevallos sostiene que una edificación vibra de forma diferente cuando ocurre un movimiento sísmico, por lo que se registran alrededor de 10 modos de vibración que pueden producirse en diferentes periodos y de acuerdo con su frecuencia provocará daños en mayor o menor medida en una construcción. En la figura 2 se observa una serie de vibraciones, como el modo 1 llamado Modo Fundamental cuya oscilación va de un lado a otro con un desplazamiento del mismo lado que coincide con la frecuencia de la edificación. El modo Fundamental y el modo segundo son los que se consideran para el análisis dinámico de la estructura. (2017)

Figura 2

Modos de vibración de una edificación



Nota: Adaptado de Análisis de la relación de la frecuencia fundamental de una estructura con la deriva inelástica de piso en una estructura irregular de 5 pisos, (pág. 33) por Cevallos, 2017.

Así cuando se habla de la vibración de una edificación, en realidad es la suma de los diferentes modos de vibración por lo que se recurre al análisis modal para identificar la forma de estos modos. Al respecto, De Monserrat Navarro (2013) señala lo siguiente:

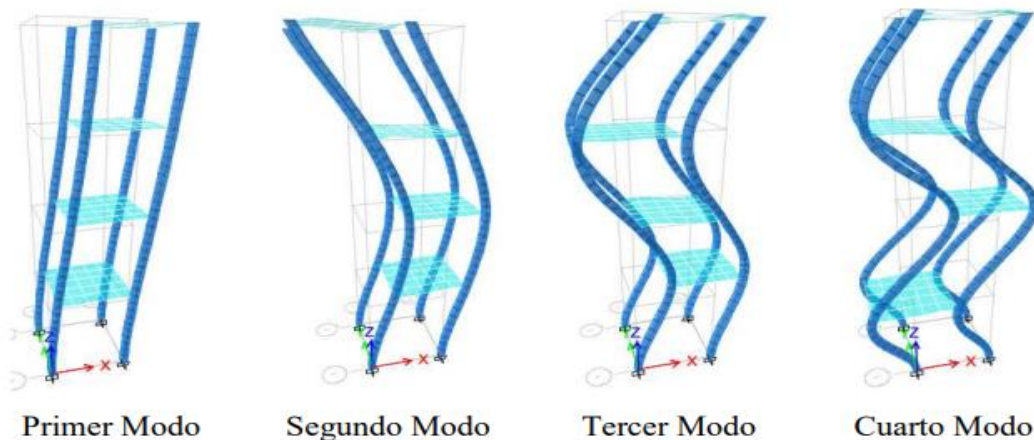
Para encontrar los modos de vibración, con sus correspondientes períodos o frecuencias, hay que resolver el problema de análisis modal de ecuaciones dinámicas de movimiento para un sistema de múltiples grados de libertad en el caso de oscilación libre. El análisis modal se reduce a un problema de autovalores (también conocidos como valores propios o eigenvalues) y auto vectores (también conocidos como vectores propios o eigenvectors). La interpretación física de los autovalores y auto vectores representan las frecuencias y modos de vibración, respectivamente. (pág. 37)

1.12.5 Número de Modos de Vibración

Cevallos (2017) explica que cada número de modos de vibración equivale al número de grados de libertad en una edificación; por ejemplo, un edificio de cuatro pisos tendrá doce modos de vibrar: “cuatro de movimiento traslacional en dirección ‘X’; cuatro modos al movimiento traslacional en dirección ‘Y’ y cuatro modos al movimiento rotacional”. (2017, pág. 34) La figura 3 muestra un ejemplo de los números de modos de una edificación.

Figura 3

Número de modos de vibración



Nota: Adaptado de Análisis de la relación de la frecuencia fundamental de una estructura con la deriva inelástica de piso en una estructura irregular de 5 pisos, (pág. 35), por Cevallos, 2017

1.12.6 Curva de capacidad

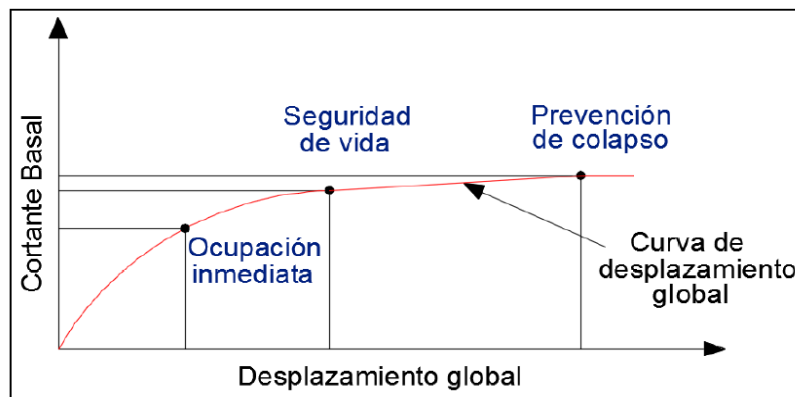
La curva de capacidad se la obtiene mediante el análisis *pushover*. Durante el análisis, se obtiene una respuesta no lineal de la estructura cuando es sometida a un desplazamiento lateral de forma constante y progresiva. Como resultado, “la curva refleja los umbrales de desplazamiento lateral asociados a tres estados límites que plantea las recomendaciones FEMA”. (Zúñiga Cuevas & Amador Terán, 2008, pág. 26)

Para un mejor entendimiento, Núñez Palacios (2018) manifiesta que:

La curva de capacidad se constituye por lo general, para representar la respuesta del primer modo de la estructura, basado en la hipótesis según la cual el modo fundamental de vibración se corresponde con la respuesta predominante. Esto es generalmente válido para estructuras con períodos propios menores que 1s. Para estructuras de mayor flexibilidad, el análisis debe considerar la influencia de los modos más altos de vibración. (pág. 8)

Figura 4

Curva de capacidad de cortante basal vs desplazamiento global según FEMA



Nota: Diseño por desempeño de un edificio de hormigón armado utilizando el método de análisis tiempo-historia (pág. 8), por Núñez Palacios, 2018

1.12.7 Factor de reducción (R)

Debido a los acontecimientos registrados del último sismo, considerado de gran magnitud en Pedernales, las investigaciones acerca del diseño estructural en el país se han incrementado de manera considerable. Fue una motivación para buscar mejoras en los diseños ya que muchas estructuras no soportaron dicho evento y colapsaron, produciendo grandes pérdidas humanas.

Luego de todos los hechos, se pudo observar algunas falencias en los diseños, así como en la norma de construcción vigente en el país titulada como Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), donde se dudaron que las especificaciones descritas dentro de la misma sean las correctas para nuestro territorio en cuanto a diseño y posterior construcción.

Tal es el caso del cortante basal aplicado a la estructura en el momento del diseño, el cual incluye algunos factores y valores tales como el espectro de aceleración, el periodo, factor de importancia, el peso de la estructura, los coeficientes de regularidad de planta y elevación y finalmente el factor de reducción de resistencia sísmica R que es un valor altamente discutido.

En el último factor mencionado, por su importancia, ha surgido la necesidad de investigar el efecto que produciría al disminuir o aumentar el valor del coeficiente dentro del diseño sismorresistente. Por ello, se está realizando varios estudios acerca de este factor con el motivo de verificar si los valores presentados en las normas son los correctos y que satisfacen los requerimientos.

El factor de reducción de resistencia sísmica R se utiliza para reducir la carga sísmica con la que se procede a diseñar las estructuras. Este parámetro fue implementado por “NEHRP Recommended Provisions for the Development of Seismic Regulations for New Buildings” escrito por Building Seismic Safety Council (BSSC) en el año de 1985 (Building Seismic Safety Council (U.S.), 1985). Este es una versión actualizada del estudio del ATC-3-06 (ATC, 1978) en el cual se proponen

ciertos valores de coeficiente de reducción denominado ϕ , utilizados para obtener fuerzas de diseño de cortante basal y cargas en los miembros estructurales (Rojahn, 1988). Pero estos estudios sobre el factor R existe cierta deficiencia ya que:

- No dependen de movimiento del suelo.
- No dependen de la frecuencia.
- No se estima el daño aceptable por la estructura.
- Es poco probable que proporcione el mismo efecto hacia toda la estructura.

Para solucionar algunos defectos, se actualizo el informe ACT-3-06 (ATC, 1978) al ATC-19 (ATC, 1995) en el cual se investigaron y se evaluaron los parámetros que afectan a la obtención de los valores del factor, además una metodología racional para aplicar los factores R en una estructura (Rojahn, 1988).

1.12.8 Análisis estático no lineal Pushover

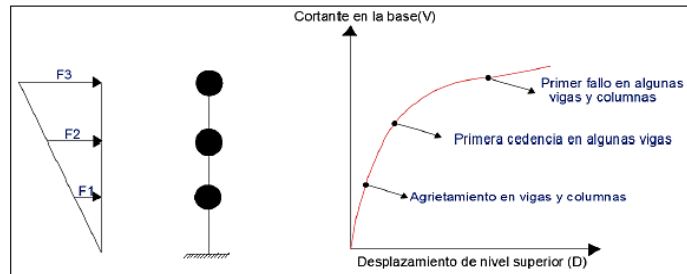
El método Pushover analiza la capacidad de una estructura expuesta a un patrón de fuerzas de inercia. La estructura se testea a un patrón de cargas que se incrementan gradualmente hasta su máxima capacidad de desplazamiento para identificar los agrietamientos, el fallo de vigas y columnas, los estados límites de servicio y las deformaciones y cortantes en la estructura que corresponde a la curva de capacidad.

Sin embargo, hay algunos aspectos que se deben considerar para la aplicación de este análisis. Así lo manifiesta Núñez Palacios (2018): La forma en que se encuentran distribuidas las fuerzas laterales, constante, lineal, parabólica, etc., aplicada a una estructura, influye en la determinación de la curva de capacidad.

Tomando en consideración que no existe un único patrón de cargas, la solución más práctica puede ser utilizar por lo menos dos distribuciones diferentes y definir la curva de capacidad como la envolvente de los resultados obtenidos con ambas distribuciones. (pág. 9)

Figura 5

Método Pushover muestran los límites de daños en la estructura



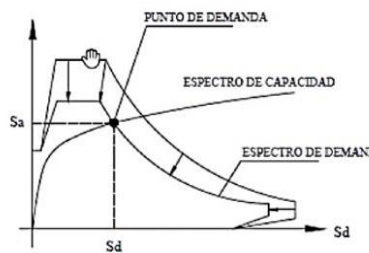
Nota: Adoptado por Diseño por desempeño de un edificio de hormigón armado utilizando el método de análisis tiempo-historia, (pág. 9) por *Núñez Palacios, 2018*

1.13 DEMANDA SÍSMICA

La demanda sísmica por lo general se representa por medio de un espectro de respuesta, el cual presenta la respuesta máxima de sistemas de un grado de libertad, como una función de sus frecuencias. Tradicionalmente, en ingeniería sísmica, se ha utilizado un espectro de respuesta de aceleraciones con el fin de analizar y diseñar estructuras basadas en las fuerzas. Sin embargo, durante los últimos años se ha identificado que los parámetros más importantes en el diseño son los desplazamientos y las deformaciones. Por lo tanto, se ha promovido el uso de espectros de respuesta para propósitos de diseño basado en desempeño sísmico. (Núñez Palacios, 2018, pág. 10)

Figura 6

Descripción de Método de Espectro de Capacidad para Determinar el Punto de Demanda



Nota: Adoptado por Diseño por desempeño de un edificio de hormigón armado utilizando el método de análisis tiempo-historia, (pág. 10) por *Núñez Palacios, 2018*

1.14 ESPECTRO

Para detallar en forma conceptual el procedimiento de construcción de un espectro de respuesta se toma en consideración una serie de estructuras de un grado de libertad u osciladores simples con periodos de vibración T diferentes, y con igual factor de amortiguamiento. Si todos estos osciladores son sometidos a la acción de un sismo (utilizando un registro de aceleraciones), cada uno de ellos generará una respuesta diferente, la cual puede ser representada a través de una historia de desplazamiento.

Una vez que se ha calculado la respuesta de los osciladores es posible determinar el máximo de cada uno de ellos y volcarlos en un gráfico en función del periodo de vibración, para obtener así un espectro de respuesta. Es decir, que la respuesta máxima de cada oscilador con período T representa un punto del espectro. La importancia de los espectros en el diseño de una estructura radica en el hecho de que estos gráficos condensan la compleja respuesta dinámica de un parámetro clave, los valores de respuesta máxima, que son por lo general los requeridos por el diseñador para el cálculo de la estructura.

El concepto de espectro ha generado una amplia aceptación como herramienta de la dinámica estructural. Por lo cual se ha clasificado en diferentes tipos de espectros, los cuales presentan diferentes características y se utilizan con distintos objetivos. (Núñez Palacios, 2018, pág. 10. 11)

1.14.1 Espectro de respuesta elástica

Se define como espectro de respuesta elástica al máximo para un terremoto determinado, usualmente varias curvas que consideran distintos factores de amortiguamiento, sometidas a una historia de aceleraciones dada. Se utiliza principalmente para estudiar las características del terremoto y su efecto en las estructuras. Las curvas de los espectros de respuesta presentan variaciones

bruscas, con numerosos picos y valles, que resultan de la complejidad de las aceleraciones. (Núñez Palacios, 2018, pág. 11)

1.14.2 Niveles de Amenaza

Núñez Palacios explica que, de acuerdo con la norma ATC-40, existen tres niveles de amenaza de sismos:

Sismo de servicio (SS); Corresponde a movimientos de intensidad moderada o baja, pero de ocurrencia frecuente, con un 50% de probabilidad de ser excedidos en 50 años, con un periodo de retorno aproximado de 72 años, de forma que pueden ocurrir varias veces durante toda la vida útil de la edificación, por lo tanto ese comportamiento o movimiento representa aproximadamente la mitad del nivel de movimiento referente al sismo de diseño mencionado en los códigos, por tratarse de sismos frecuentes y de baja severidad. (2018, págs. 12, 13)

Sismo de diseño (SD); Movimientos de intensidad severa o moderada, de ocurrencia poco frecuente, con un 10% de probabilidad de ser excedidos en 50 años, con un periodo de retorno aproximado de 475 años, se relaciona con el nivel de movimiento mencionado en los códigos para edificaciones convencionales, y está previsto que ocurra al menos por una vez durante la vida útil de la edificación. (2018, pág. 13)

Sismo máximo (SM); Movimientos severos o muy severos de muy rara ocurrencia, con un 5% de probabilidad de ser excedidos en 50 años, con un periodo de retorno aproximado de 975 años, esto se relaciona directamente con el nivel de movimiento mencionado en los códigos para edificaciones esenciales, este movimiento representa aproximadamente entre 1,25 y 1,5 veces el nivel de movimiento referente al sismo de diseño mencionado en los códigos, esto es por tratarse de sismos poco frecuentes y de alta severidad. (2018, pág. 13)

Figura 7

Niveles de sismo y su probabilidad de ocurrencia y su condición de excedencia

Nivel de sismo	sismo	Probabilidad de excedencia en 50 años	Periodo de retorno Tr (años)	Tasa anual de excedencia (1/Tr)
1	Frecuente (menor)	50%	72	0.01389
2	Ocasional (moderado)	20%	225	0.00444
3	Raro (severo)	10%	475	0.00211
4	Muy raro (extremo)	2%	2500	0.00040

Nota: Adoptado de Diseño por desempeño de un edificio de hormigón armado utilizando el método de análisis tiempo-historia, (pág. 13), por *Núñez Palacios, 2018*

1.14.3 Espectro de respuesta inelástica

Son similares a los anteriores, pero en este caso se supone que el oscilador de un grado de libertad presenta un comportamiento no-lineal, es decir que la estructura pueda experimentar deformaciones en el rango plástico debido a los eventos sísmicos. Es muy importante para el diseño sismo resistente, en la práctica la mayor parte de las construcciones se diseñan en base a hipótesis que surgen en el campo plástico.

Estos espectros representan la ductilidad requerida por un terremoto dado en función del periodo de vibración de la estructura y se grafica generalmente para distintos niveles de resistencia. Se elabora un espectro de aceleración, desplazamiento de fluencia o desplazamiento ultimo de sistema inelástico, en donde se toma en cuenta distintos niveles de ductilidad o tipos de comportamiento histórico de la estructura. (Núñez Palacios, 2018, pág. 11)

1.14.4 Espectro de diseño

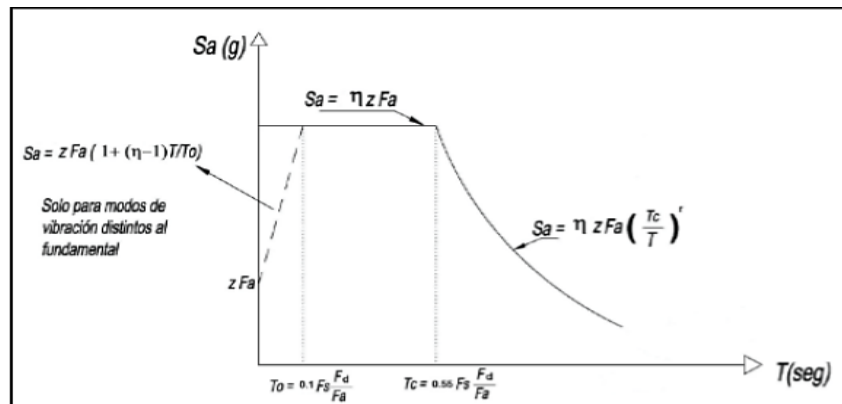
Las edificaciones no pueden ser diseñadas para resistir un sismo en particular en una zona específica, debido a que todos los sismos presentan características diferentes. Por esta razón el diseño sismo resistente se realizará con espectros

normalizados (no posee variaciones bruscas) y que consideran sismos típicos de una zona.

Es muy importante tomar en cuenta que los espectros de respuestas se obtienen para un terremoto-dado, pero el espectro del diseño es aplicado al cálculo y verificación de estructuras y representa la sismicidad probable de la zona en donde va a construirse la edificación. (Núñez Palacios, 2018, págs. 11, 12)

Figura 8

Espectro de diseño



Nota: Adoptado de la Norma Ecuatoriana de la Construcción *NEC-SE-DS-2015*, por *MIDUVI, 2015*

1.14.5 Acelerograma

Se define como un acelerograma a: Una representación temporal de la aceleración experimentada por el suelo en un determinado punto durante un terremoto. Los valores de la aceleración son obtenidos mediante acelerógrafos, los mismos que van registrando la aceleración del suelo, y se caracterizan por ser altamente irregulares y oscilatorios, con pequeñas amplitudes iniciales que van creciendo de una forma rápida hasta que alcanza los valores máximos y decrece hasta que se detienen el movimiento.

Una de las características principales es la aceleración máxima registrada, pero no es la única, debido a que la respuesta de una estructura puede ser desfavorable al someter a otro acelerogramas con aceleraciones máximas registradas. (Núñez Palacios, 2018, pág. 14)

1.15 ANÁLISIS DINÁMICO NO LINEAL (TIEMPO-HISTORIA)

El análisis dinámico tiempo historia (NDP) consiste en calcular la respuesta dinámica de una determinada edificación en diferentes intervalos de tiempo, utilizando registros de acelerogramas reales o sintéticos. En un análisis Tiempo-Historia lineal podemos darnos una idea de cuánto tendrá que resistir nuestra estructura y por cuanto tiempo en estado de fluencia siempre y cuando conozcamos el punto mencionado. (Medina & Núñez, 2018, pág. 14),

Por ser lineal este análisis las condiciones de la estructura no cambiarán conforme va pasando el tiempo, por ello, aunque conozcamos el tiempo del desplazamiento máximo, si este está después del punto de fluencia será engañoso y posiblemente el punto de fluencia encuentre antes. Con un análisis Tiempo Historia no lineal, podremos darnos una idea más clara ya que incorpora las propiedades inelásticas de los materiales.

La principal diferencia es que el sismo, sólo puede ser modelado usando una función de historias en el tiempo, el cual implica una evaluación paso a paso de la respuesta de la estructura. Es la técnica más sofisticada disponible. (Núñez Palacios, 2018, pág. 14)

1.15.1 Principios para el análisis tiempo-Historia

Los análisis no lineales Tiempo-Historia deberán cumplir con los principios establecidos por la dinámica estructural. Las capacidades y las características de los elementos estructurales no lineales deberán modelarse de manera consistente con datos experimentales o mediante análisis adecuadamente sustentados, la respuesta máxima

inelástica en desplazamientos y la estimación de fuerzas no deberán ser reducidas y cumplirán con los requisitos establecidos. (Núñez Palacios, 2018, pág. 15)

1.15.2 Procedimiento para el análisis Tiempo-Historia

Los análisis tiempo-historia se realizarán utilizando las dos componentes horizontales de registros de acelerogramas apropiadamente seleccionados y escalados a partir de los registros de no menos de 3 pares de eventos sísmicos, estos acelerogramas deben poseer las características de magnitud, distancia a la falla, mecanismos de falla y efectos del suelo, consistentes con aquellos parámetros que controlen el sismo de diseño.

Si se realizan los análisis para los 3 pares de registros, se tomarán para el diseño la respuesta máxima de los parámetros de interés, si se realizan 7 o más, se utilizará para el diseño el valor promedio de los parámetros de respuesta de interés. Cuando no se disponga de al menos 3 eventos sísmicos, se utilizarán acelerogramas artificiales para generar el número de registros y de componentes requeridos.

Para cada par de componentes horizontales de los acelerogramas, debe construirse la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los espectros característicos del sitio, para una fracción del amortiguamiento respecto al crítico de 5 %. Los acelerogramas deben ser escalados de tal forma que el valor promedio de los espectros provenientes de la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los espectros de los registros no se encuentre por debajo del espectro de aceleraciones amortiguado al 5 % del sismo de diseño para períodos entre 0.2 T y 1.5 T. (Núñez Palacios, 2018, págs. 15, 16)

1.16 DESEMPEÑO

“El concepto de desempeño se refiere al nivel de movimiento esperado con diferentes niveles de confiabilidad, en donde la estructura no debería dañarse más allá de ciertos estados límites”. (Núñez Palacios, 2018, pág. 16)

1.16.1 Diseño por desempeño

Según el Comité Visión 2000 el diseño basado en desempeño consiste en la selección de esquemas apropiados de evaluación que permitan el dimensionamiento y detallado de los componentes estructurales, no estructurales y del contenido, de forma que para un nivel de movimiento especificado y con diferentes niveles de confiabilidad, la estructura no debería ser dañada más allá de ciertos estados límites (Bertero, en SEAOC, 1995).

La definición del comportamiento esperado de una edificación durante movimientos sísmicos de diferentes intensidades debe ser establecida de forma cualitativa, en una primera fase conceptual, antes de realizar las fases sucesivas del proceso, entre las que se destacan la fase numérica, orientada a diseño propiamente dicho, y finalmente la fase de implementación, donde la calidad del diseño debe estar garantizado por un adecuado control de calidad durante la ejecución y mantenimiento de la obra. (Núñez Palacios, 2018, pág. 16)

1.16.2 Nivel de desempeño

Es la expresión de la máxima extensión del daño, donde se toma en consideración tanto la condición de los elementos estructurales como de los elementos no estructurales y su contenido, relacionado con la función de la edificación. Los niveles de desempeño generalmente suelen expresarse en términos cualitativos de significación pública (impacto en ocupantes, usuarios, etc.) y en términos técnicos ingenieriles para la evaluación o diseño de edificaciones existentes (extensión del deterioro, degradación de elementos estructurales o no estructurales, etc.). (Núñez Palacios, 2018, pág. 17)

1.17 ESTRUCTURAS DE ACERO

El acero de uso estructural es un material de fabricación industrializada, lo que asegura un adecuado control de calidad. Este material se caracteriza por una elevada resistencia,

rigidez y ductilidad, por lo cual su uso es muy recomendable para construcciones sismorresistentes (Crisafulli, 2012, pág. 5).

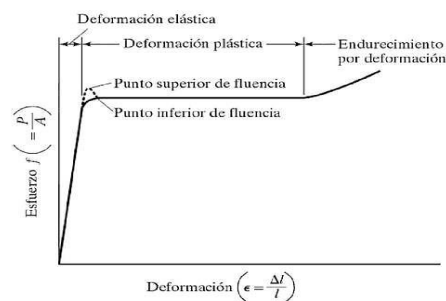
La ductilidad del material se refiere a la capacidad para soportar deformaciones sin perjuicio de su capacidad de resistencia. Un parámetro que se relaciona la deformación específica y la deformación de fluencia ($\mu = \epsilon_u/\epsilon_y$) mediante fórmula matemática.

En el diseño y verificación de componentes estructurales de acero, uno de los parámetros mecánicos más importantes es la tensión de fluencia mínima especificada, F_y . Adicionalmente, en algunos estados límites 18 vinculados con la fractura se aplica la resistencia de tracción, F_u . Ambos parámetros son propiedades nominales del acero especificado para la construcción. Los aceros convencionales presentan resistencias menores y mayor ductilidad, mientras que los aceros de alta resistencia en general presentan una ductilidad reducida. (Crisafulli, 2012, pág. 5)

1.18 DUCTILIDAD

Figura 9

Diagrama esfuerzo-deformación de acero



Nota: Adoptado de FSplines: una aplicación informática para análisis lineal de estabilidad de perfiles abiertos de pared fina (pág. 2), por Chicaiza, 2018

Ductilidad es la cualidad de una estructura para redistribuir solicitaciones de las zonas más solicitadas a otras menos solicitadas a base de aumentar su deformación (comportamiento inelástico). Si bien el concepto de ductilidad es mucho más amplio,

y la ductilidad de una sección puede verse modificada por parámetros que normalmente no se tienen en cuenta en el cálculo como pueden ser la existencia de armadura de montaje en compresión, el efecto del confinamiento producido por la armadura transversal y el aumento de la resistencia a compresión del hormigón con el tiempo. La consideración de estos parámetros no es habitual, pero puede ser determinante en los casos de recalculo de estructuras. (Moreno Fernández, 2008, pág. 116)

El comportamiento dúctil de las estructuras está condicionado por las características mecánicas del acero. La ductilidad está relacionada con la capacidad del acero de absorción de energía hasta la rotura (área total bajo la curva tensión-deformación).

Esta energía depende, de manera muy importante, aunque no única, dada la forma creciente de endurecimiento por deformación de la curva de tracción, a partir del límite elástico del grado de deformación plástica que puede experimentar un acero hasta la rotura. (Moreno Fernández, 2008, pág. 125)

1.19 DUCTILIDAD DEL ACERO

La ductilidad del acero puede definirse como “la capacidad del mismo para admitir alargamientos importantes bajo tensiones iguales o superiores a su límite de elasticidad” o bien, como “la capacidad del acero para deformarse sin romperse bajo tensiones que superan su comportamiento elástico” Desde este punto de vista, los aceros pueden tener distintos grados de ductilidad, en función de su capacidad de deformación plástica. (Moreno Fernández, 2008, pág. 125)

Utilizar acero dúctil en zonas de alta sismicidad presenta unas ventajas evidentes, cuando la capacidad de disipar energía de las estructuras sometidas a este tipo de cargas se convierte en una condición indispensable de acuerdo con los conceptos expuestos en los apartados anteriores. Sin embargo, la ventaja del acero dúctil en

zonas de baja sismicidad no es tan evidente. Una de las aplicaciones de la ductilidad en el proyecto de estructuras en zonas de baja peligrosidad sísmica es la redistribución de momentos aprovechando su hiperestatismo. (Moreno Fernández, 2008, pág. 151)

La ductilidad de una sección, definida mediante la relación entre la curvatura última (producida al agotarse uno de los materiales, normalmente el acero de tracción) y la curvatura correspondiente al inicio de la rama plástica (generalmente cuando se alcanza el límite elástico del acero de tracción) viene dada por ϕ_E / ϕ_C .

Disponer de la adecuada ductilidad es favorable para cumplir ciertos requisitos de proyecto, ya que antes de alcanzar el estado límite último permite la redistribución de esfuerzos, proporciona una gran capacidad de absorción de energía y da lugar a que bajo sobrecargas superiores a las cargas de servicio se produzcan importantes deformaciones y fisuras previas al colapso, con aviso del mismo. (Moreno Fernández, 2008, pág. 144)

1.20 STEEL FRAMING

Figura 10

Edificación con Sistema Steel Framing



Nota: Tomado del sitio web Planos y Casas, (2016)

La palabra Steel framing deriva de una muy parecida: Steel Frame. Esta última si la traducimos literalmente significa marco de acero; por lo tanto, se puede decir que Steel Framing es el proceso en el cual se generan o vinculan estos marcos de acero. (Martínez & Cueto, 2012, pág. 7)

1.20.1 Generalidades

Steel framing son estructuras constituidas por perfiles de acero galvanizado. Dichos perfiles son de bajo espesor y son obtenidos por un proceso de conformación en frío. Este sistema está formado por la unión de diversos elementos individuales los cuales resisten las cargas trabajando de manera conjunta. Una de sus principales características es la rapidez de colocación en seco y su ligereza. También es importante destacar la gran versatilidad del sistema y su capacidad de aislación térmica.

La resistencia del sistema se logra a través de la forma de la sección de las piezas de acero, dicha forma se obtiene fácilmente debido a la facilidad de conformar el acero en frío. Es importante destacar su durabilidad si lo comparamos con paneles contruidos con estructura de madera. Los perfiles de acero galvanizado se utilizan para conformar paneles estructurales y también no estructurales, vigas secundarias, vigas de piso, cabios de techo y demás componentes. (Martínez & Cueto, 2012, pág. 7)

Figura 11

Esquema de Vivienda con Sistema Steel Framing

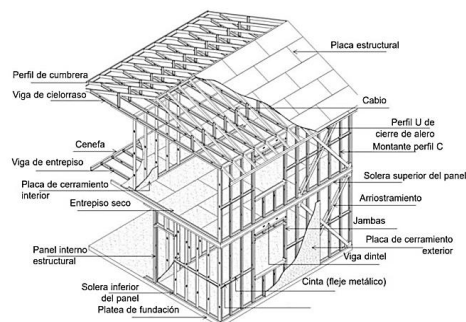


Ilustración 2: Esquema de vivienda con Steel Framing.
Fuente: Manual Alacero para arquitectura (pág. 14)

Nota: Adoptado de Steel Framing: Arquitectura, (pág. 14), por Sarmanho Freitas & Moraes De Crasto, 2007

Los espesores mínimos de la chapa, así como el tipo de unión son establecidos de acuerdo con reglamentos nacionales o internacionales (como el Instituto Americano del Hierro y el Acero, AISI). Dichos espesores se verifican para que resistan las cargas de viento y sismos. Estudios realizados en Estados Unidos comprueban que las casas de estructura de acero tienen buenos resultados frente al viento; su bajo peso hace que su comportamiento frente a sismos sea excelente.

Los espesores de la chapa de acero van desde 0.6 mm hasta 3.5 mm, su límite elástico mínimo es de 250 N/mm² y su resistencia a la tracción mínima es de 330 N/mm². Es importante destacar la propiedad anticorrosiva de estos perfiles la cual se consigue mediante un galvanizado en caliente, con un recubrimiento de zinc de 275 g/m² por ambas caras.

Acerca de esta técnica constructiva, (2019) afirma que: rápida y simple, que requiere menos tiempo y mano de obra que una construcción convencional y a la vez mejora la precisión y calidad de la construcción. La rapidez constructiva permite tener los costos claros y un mejor control del tiempo de obra. El sistema constructivo con Steel Framing se caracteriza por ser usado en zonas en donde las condiciones climáticas y sismológicas son adversas, aportando soluciones sencillas, rentables y efectivas. (pág. 1)

1.20.2 Métodos de construcción

a) Fabricación en Obra

Al aplicar este método los perfiles y paneles son cortados y montados en obra. El uso de esta técnica es común en zonas donde la prefabricación no es viable. Se considera que aumenta el costo de la mano de obra, así como los desperdicios debido a los cortes. En cuanto a los subsistemas, Cáceres Gaibor (2018) explica lo siguiente:

Los subsistemas posteriores como cerramientos, acabados e instalaciones hidrosanitarias se colocan una vez que se termina la estructura principal, este

método tiene la ventaja de ser utilizado donde no existan empresas especializadas en prefabricados con este material, adicionalmente su transporte es más sencillo, aunque implica un aumento en el tiempo de construcción. (pág. 31)

Figura 12

Vivienda construida "in situ"



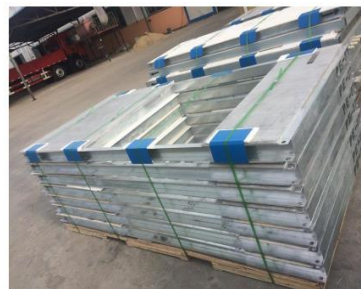
Nota: Tomado del sitio web *Cayo Palm Beach S.A. Steel Framing System*, (2012)

b) Método por paneles prefabricados

Los paneles pueden ser prefabricados en obra y montados en el sitio de la construcción. Los tabiques y subsistemas se conectan en obra mediante técnicas convencionales utilizándose tornillos autoperforantes, punta de mecha, etc. Este método tiene varias ventajas sobre el anterior: agiliza el montaje y minimiza los trabajos en obra, también logra mayor precisión en cuanto a las dimensiones (debido al montaje en la planta de fabricación). (Cáceres Gaibor, 2018, pág. 31)

Figura 13

Paneles prefabricados



Nota: Tomado del sitio web *Alquimodul* (2016)

c) Método de construcción de módulos

Según Cáceres Gaibor (2018) con este método constructivo las unidades modulares llegan listas para ser ensambladas en obra. Además, indicó que dichos módulos son prefabricados por completo ya que contienen en su interior todas las instalaciones sanitarias y eléctricas, así como revestimientos y artefactos.

Figura 14

Piso prefabricado



Nota: Adaptado de Análisis comparativo técnico-económico de un sistema tradicional aporricado y un sistema estructural liviano para la construcción de viviendas (pag. 23) por *Cáceres Gaibor, 2018*

1.20.3 Aplicaciones del sistema

a) Viviendas Residenciales

La vivienda construida con este sistema tiene la capacidad de permitir ejecutar cualquier tipo de construcción. Todo esto sin importar su diseño arquitectónico con mejor control de calidad gracias a su fabricación de conformado en frío, obteniendo un producto final notablemente superior a la construcción tradicional, optimizando tiempos y costos sin afectar la satisfacción final del propietario. (Cáceres Gaibor, 2018, pág. 25)

Figura 15

Vivienda residencial



Nota: Adaptado de Análisis comparativo técnico-económico de un sistema tradicional aporricado y un sistema estructural liviano para la construcción de viviendas (pag. 25) por *Cáceres Gaibor, 2018*

b) Viviendas de Interés Social

A más de lo mencionado anteriormente, debido a su rápida ejecución que tiene en obra, lo convierte en un método propicio para este tipo de construcciones, es importante conocer que los perfiles pueden ser fabricados en el mismo sitio de la obra conformando paneles y otros elementos rápidamente, ahorrando significativamente gran cantidad de tiempo, costos, recursos y mano de obra. (Cáceres Gaibor, 2018, pág. 26)

Figura 16

Vivienda de interés social



Nota: Tomado del Segundo Congreso de Steel Frame en San Pablo, del sitio web del *Instituto Uruguayo de la Construcción en Seco, s.f.*

c) Edificaciones

Figura 17

Edificaciones de 5 pisos



Nota: Adaptado de Análisis comparativo técnico-económico de un sistema tradicional aporticado y un sistema estructural liviano para la construcción de viviendas (pag. 26) por Cáceres Gaibor, 2018

“Con este método se puede construir edificaciones para diferentes fines ya sean residenciales, hoteles, hospitales, establecimientos educacionales, etc. Siempre y cuando estas construcciones no superen los 5 pisos de altura”. (Cáceres Gaibor, 2018, pág. 26)

d) Unidades Modulares

Figura 18

Módulo prefabricado de baño



Nota: Adaptado de Análisis comparativo técnico-económico de un sistema tradicional aporticado y un sistema estructural liviano para la construcción de viviendas (pag. 27) por Cáceres Gaibor, 2018

“Por su cualidad de componentes prefabricado pueden ser utilizados como unidades modulares, ya sea para elementos individuales como por ejemplo instalación de paredes o pisos, como también para diseños más elaborados como cuartos de baño, oficinas, tiendas, etc.”. (Cáceres Gaibor, 2018, pág. 27)

e) Ampliación y Remodelación

Si hay necesidad de ampliar y/o remodelar de una estructura ya sea por razones estéticas o funcionales, el Steel Framing es el método ideal, considerándose moldeable. Por su excelente compatibilidad con otros sistemas constructivos, por ejemplo, en el levantamiento de una planta extra, esta aporta menor peso a la estructura existente.

En el caso de remodelación de un inmueble se puede utilizar para revestimiento de fachadas, sustitución de techos, etc. La ejecución de cambios es un proceso cómodo para sus habitantes, escasos residuos y suciedad, menos ruidos y las reformas son sustancialmente rápidas. (Cáceres Gaibor, 2018, pág. 27)

Figura 19

Planta extra



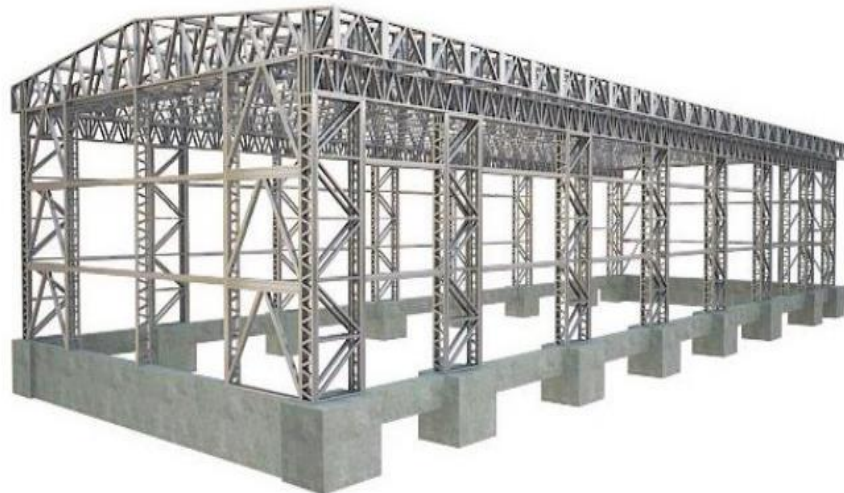
Nota: Adaptado de Análisis comparativo técnico-económico de un sistema tradicional aporricado y un sistema estructural liviano para la construcción de viviendas (pag. 28) por Cáceres Gaibor, 2018

f) Estructuras Industriales

Hoy en día este es el campo donde más se utiliza el Steel Framing en nuestro medio, se lo emplea en la construcción de bodegas, galpones y cubiertas. Propiamente dicho se emplea los perfiles de acero galvanizado como estructura secundaria: cordones, montantes y diagonales. Sin embargo, en luces no muy grandes se puede emplear los perfiles para toda la estructura. (Cáceres Gaibor, 2018, pág. 28)

Figura 20

Galpón con perfiles galvanizados



Nota: Adaptado de Análisis comparativo técnico-económico de un sistema tradicional aporricado y un sistema estructural liviano para la construcción de viviendas (pag. 28) por Cáceres Gaibor, 2018

1.20.4 Componentes del sistema Steel framing

El sistema esté integrado por cinco conceptos: La estructura, las particiones interiores, el acabado, subsistemas y las conexiones.

a) La estructura

Está compuesta por perfilería de acero galvanizado, que es su fabricación son conformados en frío o temperatura ambiente y unida mediante tornillos o soldada.

El proceso de conformación en frío permite la variedad de secciones diferentes optimizando la estructura, teniendo varias características distintas al conformado en caliente. En este sistema se utilizan muy pocas veces elementos aislados tales como vigas, columnas o pórticos.

✓ *Perfiles Utilizados en el Steel Framing*

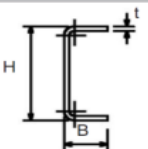
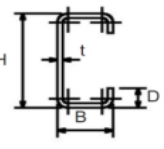
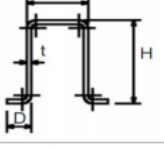
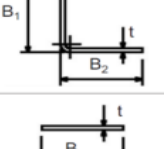
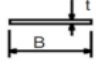
Los perfiles que normalmente se utilizan son los que se llaman “C” y “U” con los que se conforman los paneles característicos del sistema. Los perfiles “C” debido a su forma tienen una mayor área transversal y rigidez, con espesores que van de 0,8 a 3,2 mm, estos son utilizados como miembros estructurales, estos perfiles soportan cargas que solicita la estructura y las transmiten uniformemente a través de las vigas.

Columnas y por último llegar a la cimentación, en las especificaciones técnicas se indica que los espaciados deben estar uno del otro entre 40 y 60 cm, son empleados tanto en elementos horizontales como verticales conformando vigas, montantes, entrepisos, paneles, techos, etc.

Mientras que el perfil “U” no poseen función estructural, su espesor disminuye hasta los 0,4 mm como máximo, se lo emplea como canal de sujeción y enlazamiento en los extremos superior e inferior de los perfiles “C”, de esta manera están ayudando a que estos se mantengan en la posición adecuada y su unión se pueda lograr mediante pernos auto perforantes, conformando así paneles estructurales. (Cáceres Gaibor, 2018, pág. 29)

Figura 21

Perfiles más utilizados y aplicaciones

SECCIÓN TRANSVERSAL	Designación	Utilización
	Perfil U $H \times B \times t$	Solera Puntal Bloqueador Cenefa Atiesador
	Perfil C $H \times B \times D \times t$	Montante Viga Puntal Atiesador Bloqueador Correa Cambio Larguero
	Perfil Galera $H \times B \times D \times t$	Correa Larguero Puntal
	Angulo Conector $B_1 \times B_2 \times t$	Conector Atiesador Puntal
	Cinta Fleje $B \times t$	Riostras Tensores Diagonales

Designaciones: H Altura del alma (web)
B Ancho del ala (flange)
t Espesor (thickness)
D Ancho de pestaña (lip)

Nota: Adoptado por Steel Framing: Arquitectura (pág. 23) por Sarmanho Freitas & Moraes De Crasto, 2007

✓ *Perfiles conformados en frío*

Este tipo de perfil es producido a partir de láminas de acero de diferentes espesores, para obtener las diferentes formas de los perfiles las láminas de acero son dobladas en una prensa hidráulica o perfiladas en una máquina de rodillos rotatorios, el término “conformado en frío” proviene del hecho que estas operaciones ocurren con el acero a temperatura ambiente. Las conexiones entre los elementos estructurales son generalmente atornilladas.

Las soldaduras son poco frecuentes debido a que las altas temperaturas provocan deformaciones significativas en perfiles de bajo espesor, afectando también la capa

protectora de galvanizado. Por otra parte, esta capa tiene como principal objetivo prevenir la oxidación, el procedimiento más utilizado consiste en sumergir el acero en un baño de zinc a 450 °C.

Algunas de las ventajas principales de este tipo de perfil son: facilidad en la creación de secciones poco usuales, elementos mucho más livianos en comparación a perfiles conformados en caliente, facilita el proceso constructivo y aumenta la seguridad en obra. Todo esto se traduce en construir a un costo relativamente más bajo. (Cáceres Gaibor, 2018, pág. 29)

b) Las particiones interiores

“Las particiones interiores están hechas con placas de yeso, estas se colocan sobre esqueleto el metálico. Se caracteriza por su calidad en el acabado”. (Martínez & Cueto, 2012, pág. 10)

c) Cerramientos - Acabado

Los cerramientos para este sistema deberán ser modulares, de esta manera se logra mayor grado de industrialización de la construcción y mayor aprovechamiento en el uso de placas de revestimiento. Las dimensiones más comunes son 1,20 m de ancho por 2,40 m de largo. También deberán ser livianos ya que es una de las principales características del sistema. Los cerramientos deberán cumplir ciertos requisitos y criterios de habitabilidad como por ejemplo el confort termo-acústico, el confort visual, durabilidad, estanqueidad, seguridad estructural e higiene entre otras. Se han desarrollado varios materiales que cumplen con estas condiciones. (Martínez & Cueto, 2012, pág. 11)

d) Subsistemas

“Estos subsistemas incluyen: aislación termoacústica, instalaciones eléctricas e hidráulicas. Para que el sistema pueda funcionar de forma correcta y de la mejor

manera, los subsistemas deberán estar correctamente interrelacionados y los materiales siempre deberán ser los adecuados previo a su ejecución”. (Martínez & Cueto, 2012, pág. 11)

e) Las Conexiones

El Steel framing es un sistema de elementos que se conectan entre sí, por tal motivo se espera que estas conexiones sean altamente confiables. Las conexiones con tornillo son las más comunes en nuestro medio. Dichos tornillos deben dimensionarse según la exigencia de la conexión y resulta conveniente que sean de 10 mm a 12 mm más largos que el espesor total a conectar.

Las soldaduras deberán ser efectuadas por soldadores calificados ya que hacerla sobre perfiles delgados ofrece mayores dificultades. Con este método se logran conexiones de mayor fuerza en menor espacio que los tornillos. Las uniones deberán ser tratadas por galvanizado en frío para lograr mantener la protección. Las conexiones entre los perfiles también podrán hacerse utilizando clavos de acero de alta resistencia instalados con pistola neumática. También es posible realizarla con remaches comunes, tornillos con tuerca, etc. (Martínez & Cueto, 2012, págs. 11, 12)

1.20.5 Cimentación

El Steel Framing hace uso de una cimentación tradicional de hormigón armado, donde se deben tener en cuenta dos consideraciones, primero es que debido al bajo peso de su estructura y resto de subsistemas no es necesario que tenga cimentaciones voluminosas de gran espesor, y segundo es debido a que sus cargas se distribuyen a lo largo de la base de los paneles estructurales, la cimentación tiene que ser corrida y no aislada, lo que significa una mayor rigidez para la estructura evitando asentamientos diferenciales que generan sobre esfuerzos a las estructuras y un gran problema para el Steel Framing debido a que hace uso estricto de la perpendicularidad para que el sistema trabaje eficientemente.

A esto también se debe añadir los fundamentos comunes para cualquier tipo de cimentación: topografía, tipo de suelo, nivel freático, capacidad portante, etc. Esto se obtiene a partir de un estudio de suelos previo, el cual se lo debería realizar al inicio de cualquier proyecto, esto nos garantizara saber con precisión que tipo de cimentación es la adecuada para las solicitaciones de la estructura y su interacción con el suelo. (Cáceres Gaibor, 2018, pág. 34)

1.20.6 Ventajas del Steel Framing

- a) Facilidad de transporte, manejo y montaje gracias a su reducido peso. Generalmente no se necesita Grúa.
- b) La construcción en seco reduce tiempos y generación de desperdicios.
- c) Los perfiles utilizados son producidos industrialmente bajo estrictos controles de calidad, por lo que brindan mayor precisión dimensional y bajo desempeño, Además las secciones vienen marcadas con un código que facilita el montaje, cortadas a medida y perforados en fábrica según las necesidades.
- d) Los perfiles son pregalvanizados, lo que se traduce en una gran durabilidad sin requerir recubrimientos adicionales y los gastos de mantenimientos son menores.
- e) Los perfiles previamente perforados facilitan las instalaciones eléctricas e hidráulicas.
- f) Las estructuras livianas presentan un excelente comportamiento sismorresistente. Por consiguiente, no es recomendado agregar grandes masas adicionales como ladrillos, contrapisos de hormigón, etc., pero es posible realizarlo siempre y cuando presente un adecuado comportamiento estructural.

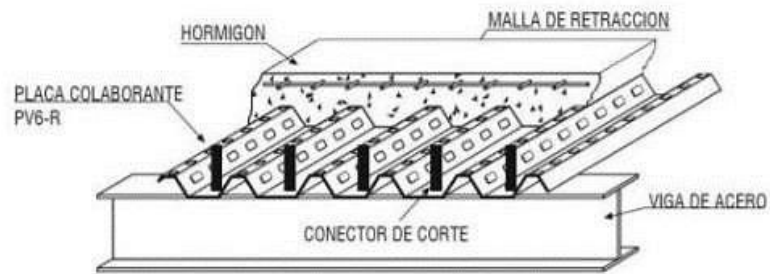
1.21 STEEL DECK (LOSA COLABORANTE)

Con referencia a la Steel deck, López Ávila et al., (2007) manifiesta que: Una losa compuesta se caracteriza por la utilización de chapas o láminas de acero como

encofrado colaborante que tiene la capacidad de soportar el hormigón vertido, la armadura metálica y las cargas de ejecución. Las láminas de acero se combinan estructuralmente con el hormigón endurecido y actúan como armadura a tracción en el forjado acabado, comportándose como un elemento estructural mixto hormigón-acero. En esta estructura mixta la parte superior de hormigón trabaja a compresión. (pág. 146)

Figura 22

Esquema de losa Steel deck



Nota: Tomado del sitio web *Arquitectura en acero, s.f.*

CAPITULO III: METODOLOGÍA

2.1 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

2.1.1 *Tipo: Aplicada*

Para Cordero (2009) la investigación aplicada recibe el nombre de “investigación práctica o empírica”, que se caracteriza porque busca principalmente la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación. El uso del conocimiento y los resultados que se obtienen a través de la investigación que da como resultado una forma rigurosa, organizada y sistemática de conocer la realidad.

2.1.2 *Enfoque: Cuantitativo*

Sampieri, Fernández et al. (2014) El enfoque cuantitativo (que representa, como dijimos, un conjunto de procesos) es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar” o eludir pasos.³ El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica.

2.1.3 *Diseño: experimental*

Campos and Mora (1999) se refiere a los estudios en que se procede con una intervención sobre los sujetos y se registra su efecto. Este diseño implica la manipulación deliberada de 1 ó + variables independientes (que representan la intervención) para analizar sus consecuencias sobre 1 ó + variables dependientes (consecuentes, efectos) dentro de una situación controlada; amerita el control

experimental para asegurar que los cambios registrados obedecen a la exposición e influencia de la variable independiente -y no a otras incidencias del entorno o a variaciones intrínsecas de los sujetos.

2.2 Diseño Steel Framing aplicando NEC 15

En el presente capítulo se tendrá en consideración los parámetros y lineamientos indicados por la NEC 15 (norma ecuatoriana de la construcción 2015 y la norma AISI (Instituto de hierro y acero) . Para diseñar la estructura se consideraron las cargas de acuerdo con la normativa del Capítulo 1 de la NEC: Cargas y Materiales para cumplir con las regulaciones nacionales.

La Norma Ecuatoriana de la Construcción indica en el inciso 10.4.3, Acero conformado en frío, que en edificaciones con acero conformado en frío se deberán diseñar los pórticos rigiéndose a las normas de diseño AISI.

En el Capítulo 5, Estructuras de Acero de la NEC 15 específicamente en el inciso 5.1.2, limitaciones, se indica que los requerimientos descritos en el capítulo no son aplicables en estructuras con acero conformado en frío por lo tanto el diseño de la estructura se regirá a la norma AISI.

2.3 DISEÑO STEEL FRAMING CON AISI

En el presente estudio se aplicarán normativas y especificaciones para el diseño de miembros estructurales de acero conformado en frío. De esta manera se tomará como guía la norma para el diseño de la vivienda unifamiliar y las características que esta presenta.

2.3.1 Generalidades

La sección A de la norma específica los requisitos para el diseño, entre ellos se observan los tipos de acero y sus recomendaciones en cada caso y las cargas a

considerar ; el diseño con el método de las tensiones admisibles (ASD); el diseño con el método de factores de carga y resistencia (LRFD); límite de fluencia después del proceso de conformado en frío; la servicialidad de las estructuras que se debe considerar para un correcto diseño y finalmente los documentos referenciales de la especificación.(Carpio Toral 2014) .

2.3.2 Generalidades de la Estructura.

La estructura de la vivienda unifamiliar se estructuró siguiendo la norma norteamericana AISI y considerando manuales de diseño Steel framing que indicaban que los perfiles de acero deben colocarse en una distancia de entre 40 y 60 cm; por tanto, se conforman los paneles estructurales a la distancia de 40 cm. Las vigas de entrepiso tipo Steel deck, debe considerarse como un entrepiso húmedo. En las siguientes imágenes se muestra la estructura SF.

Figura 23

Diseño estructural de vivienda unifamiliar

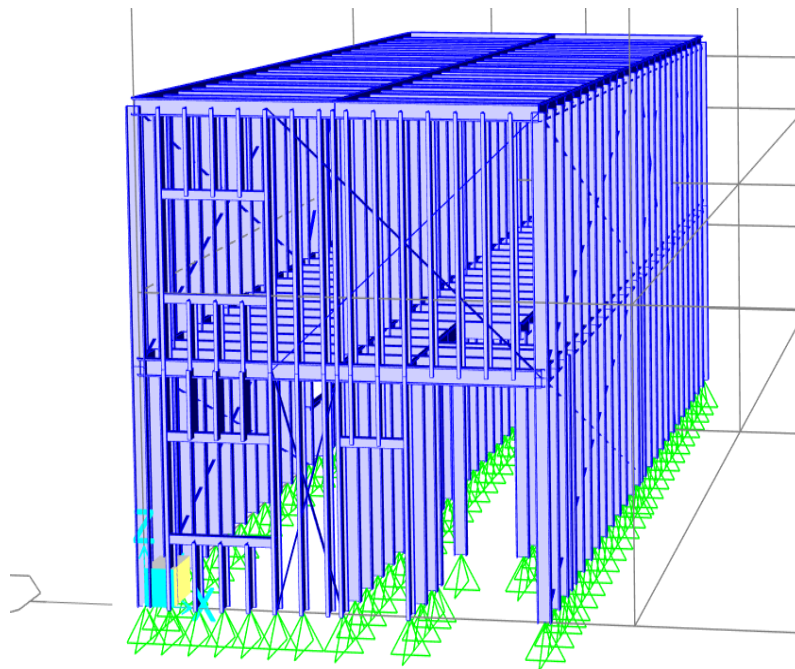
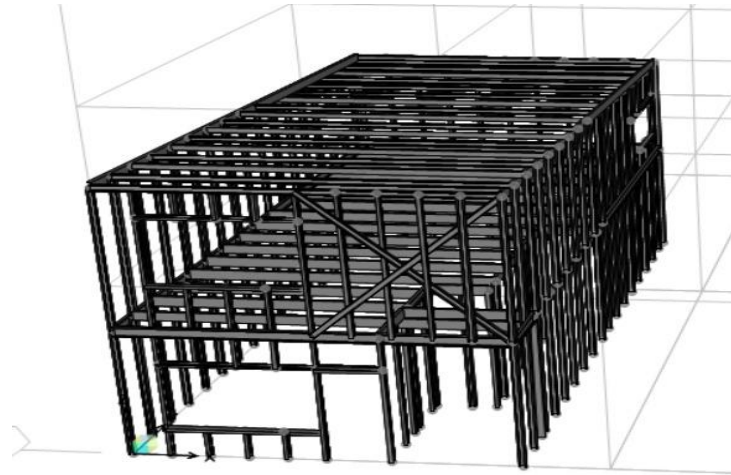


Figura 24

Diseño de las Vigas



2.4 DETERMINACIÓN DE CARGAS

2.4.1 Carga Permanente (Carga Muerta)

Las cargas permanentes están constituidas por los pesos de todos los elementos estructurales que actúan en permanencia sobre la estructura. Son elementos tales como: muros, paredes, recubrimientos, instalaciones sanitarias, eléctricas, mecánicas, máquinas y todo artefacto integrado permanentemente a la estructura. (NEC-SE-DS, 2015)

Figura 25

Carga muerta entrepiso húmedo

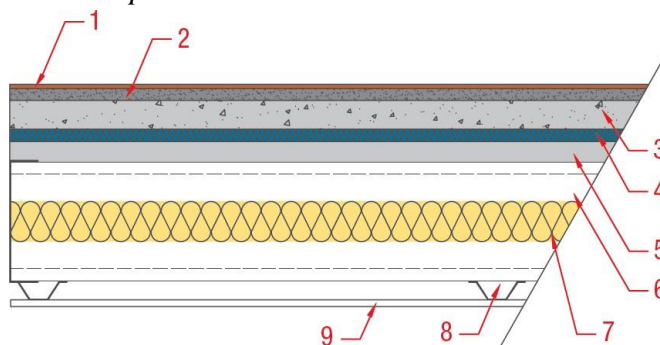


Tabla 1*Detalles de entrepiso húmedo*

Descripción	Medida
1) Baldosa cerámica	28.0 kg/m ²
2) Capa de nivelación	28.5 kg/m ²
3) Hormigón simple	120 kg/m ²
4) Malla electrosoldada	3.1 kg/m ²
5) Placa colaborante	7.0 kg/m ²
6) Perfil G	2.5 kg/m ²
7) Aislación termoacústica	1.6 kg/m ²
8) Perfil omega	0.6 kg/m ²
9) Panel de yeso 10 mm	7.0 kg/m ²
Total	198.7 kg/m ²

2.4.2 Carga Viva

La carga viva, también llamada sobrecarga de uso, que se utilizará en el cálculo depende de la ocupación a la que está destinada y están conformadas por los pesos de personas, muebles, equipos y accesorios móviles o temporales, mercadería de transición. (Once & Panchana, 2021, pág. 91)

2.5 DETERMINACIÓN DE LA FUERZA SÍSMICA

2.5.1 Zonificación Sísmica

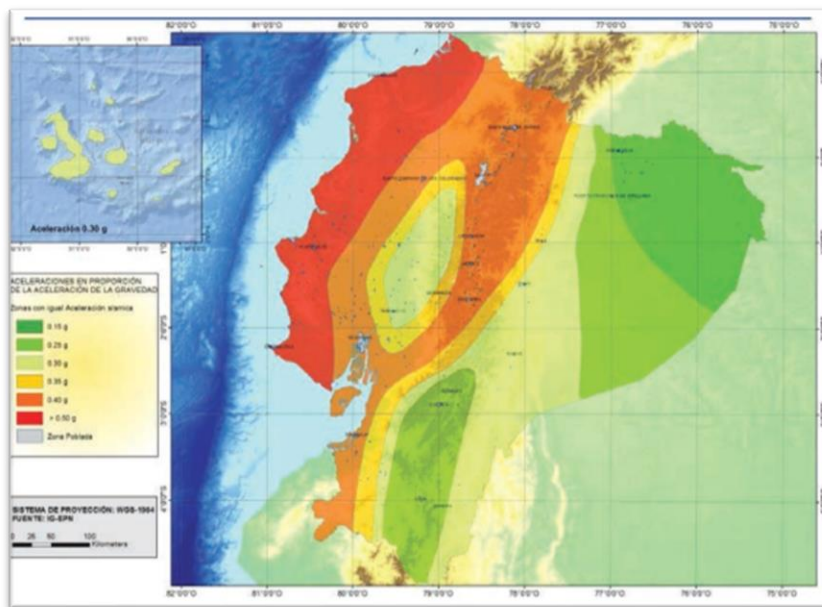
El diseño sismorresistente de una estructura depende mucho de la ubicación y el tipo de suelo en donde se va a construir, ya que de esto depende el comportamiento de la estructura por el movimiento de las ondas sísmicas en los diferentes tipos de suelo,

por ende, se debe implementar el factor de zona Z para la determinar el riesgo sísmico que estará sometido la estructura.

El Ecuador está dividido en 6 zonas sísmicas destacando la zona costera del país como la zona de mayor riesgo ya que esta se encuentra más cercana a la zona de subducción donde se encuentran la placa oceánica y la placa continental. A continuación, se presenta el mapa de riesgo sísmico del Ecuador.

Figura 26

Ecuador, Zonas Sísmicas para propósito de Diseño y Valor de Zona Z



Nota: la siguiente figura determina los niveles de peligrosidad sísmica del Ecuador.

Adoptado de (NEC-SE-DS), por MIDUVI 2015

De acuerdo con NEC-SE-DS (MIDUVI, 2015), el mapa de zonificación sísmica para diseño proviene del resultado del estudio de peligro sísmico para un 10 % de excedencia en 50 años (período de retorno 475 años), que incluye una saturación a 0.50 g de los valores de aceleración sísmica en roca en el litoral ecuatoriano que caracteriza la zona VI.

Tabla 2*Valores del Factor Z en Función Sísmica Adoptada*

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

Nota: Valores de z de peligrosidad sísmica. Adoptado de NEC-SE-DS, por MIDUVI, 2015

2.5.2 Perfil del suelo

Es uno de los parámetros fundamentales para la ubicación de la estructura, ya que el comportamiento que vaya a tener la estructura ante un sismo dependerá únicamente del tipo de suelo de fundación ya que con esto se determinará la respuesta sísmica del suelo.

a) Tipo de perfiles de suelo para diseño sísmico

En Ecuador existen seis tipos de perfil de suelo, los mismos que se indica en la NEC-SE-DS Peligro Sísmico, sección 3,2,1.

NEC-SE-DS (MIDUVI, 2015) da a conocer que los parámetros utilizados en la clasificación son los correspondientes a los 30 m superiores del perfil para los perfiles tipo A, B, C, D y E. Además, explica que aquellos perfiles que tengan estratos claramente diferenciados deben subdividirse, asignándoles un subíndice *i* que va desde 1 en la superficie, hasta *n* en la parte inferior de los 30 m superiores del perfil. Para el perfil tipo F se aplican otros criterios y la respuesta no debe limitarse a los 30 m superiores del perfil en los casos de perfiles con espesor de suelo significativo.

b) Coeficientes de perfil de suelo F_a , F_d y F_s .

Según la zona sísmica y el factor Z se determinan los parámetros F_a , F_d y F_s . para todos los suelos excepto para el suelo F que requiere un estudio especial. Estos valores están determinados en la tabla 3, 4 y 5 del capítulo de NEC-SE-DS: Peligro Sísmico, sección 3.2.2 (MIDUVI, 2015)

2.6 METODOLOGÍA DEL O.E.1: REALIZAR EL ANÁLISIS DINÁMICO LINEAL MODAL ESPECTRAL Y ANÁLISIS DINÁMICO NO LINEAL DE UNA ESTRUCTURA APLICANDO EL SISTEMA STEEL FRAMING EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE DOS PISOS

2.6.1 Componentes Horizontales De La Carga Sísmica: Espectro Elástico De Diseño.

El espectro de diseño es aquel que determina la máxima respuesta en desplazamiento así mismo como la velocidad o aceleración de los diferentes tipos de estructuras que se caracterizan por el periodo de vibración dependiendo de los diferentes tipos de suelo.

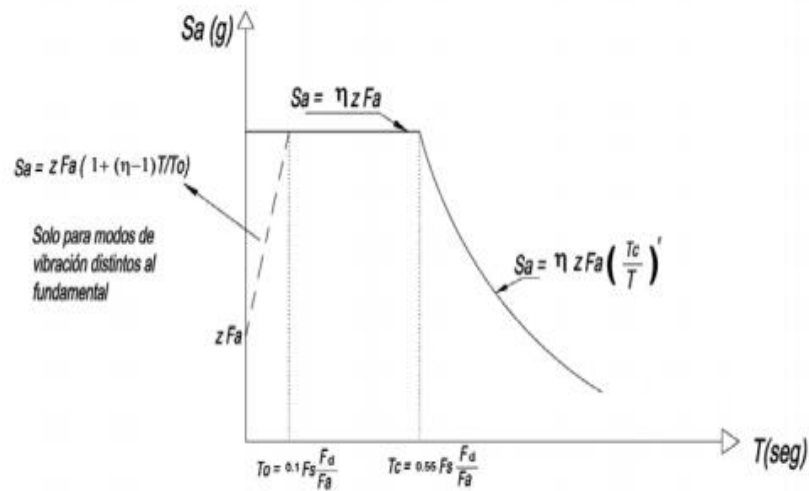
Los espectros de respuesta se realizan con las diferentes normas y con los diferentes tipos suelos A, B, C, D y E. Los espectros se construyen dentro de un rango de periodos que va desde 0 a 4s que comprende la mayor parte de construcciones comunes.

El espectro de respuesta elástico de aceleraciones S_a , expresado como fracción de la aceleración de la gravedad, para el nivel del sismo de diseño consiste con:

- ✓ El factor de zona sísmica Z .
- ✓ El tipo de suelo del sitio de emplazamiento de la estructura.
- ✓ La consideración de los valores de los coeficientes de amplificación de suelo F_a , F_d , F_s .

Figura 27

Espectro Sísmico Elástico de Aceleración que presenta el Sismo del Diseño



Nota: Grafica del espectro de diseño sísmico elástico basados con la NEC-SE-DS.
Adoptado de NEC-SE-DS, por MIDUVI, 2015

Donde:

Z: Es el factor de zona sísmica.

F_a , F_d , F_s : son los coeficientes de amplificación de suelo

η : Es la razón entre la aceleración espectral S_a ($T=0.1$ s) y el PGA

$\eta=1.80$: Provincias de la costa (Excepto Esmeraldas)

$\eta=2.48$: Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos

$\eta=2.60$: Provincias del Oriente

S_a : Espectro de Respuesta elástico de aceleraciones.

r: Factor para el espectro de diseño elástico

$r=1$ Para todos los suelos excepto el suelo E

T: Período fundamental de la estructura

T_0 : Período Límite de vibración del espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

T_c : Período Límite de vibración del espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

2.6.2 Espectro de diseño

El Ecuador es un país con una sismicidad alta por lo tanto es necesario elaborar espectros de diseño que determinen el comportamiento del suelo, considerando, el tipo de suelo, la importancia de la estructura, la redundancia y los coeficientes de amplificación del suelo.

La finalidad de realizar el espectro de diseño es la de analizar la estructura y diseñarla para soportar las cargas a las que será sometido en un evento sísmico. Se procedió el cálculo del espectro de diseño con los siguientes valores:

Tabla 3

Datos de la Zona para Investigar

Ciudad	Provincia	Zonificación sísmica	Tipo de suelo
Santa Elena	Santa Elena	0.5	C

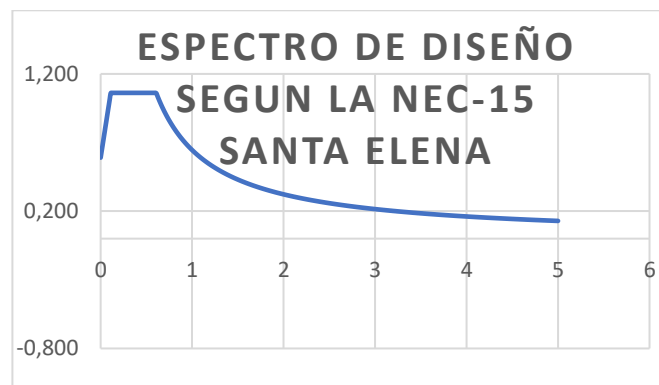
Tabla 4

Datos del espectro del diseño elástico según la NEC

z	η	r	F_a	F_d	F_s	T_0	T_c
0.5	1.8	1	1.18	1.06	1.23	0.110491525	0.60770339

Figura 28

Diseño según la NEC 2015



a) Cálculo del cortante de basal estático

Datos obtenidos del software SAP 2000.

$$V = C_s * W$$

Datos

$$I = 1$$

$$\emptyset_P = 1$$

$$\emptyset_E = 1$$

$$R = 2.5$$

$$S_a = 1.062$$

b) Peso Sísmico

	<i>PP</i>	<i>Sobrecarga Viva</i>	<i>Sobrecarga Muerta</i>	<i>Peso Sísmico</i>
PISO 1	4.24	7.325	7.325	13.396
PISO 2	7.06	4.368	6.897	15.049
				28.445

Tn

c) Coeficiente Sísmico

$$V_x = \frac{S_a * I}{\emptyset_P \emptyset_E R} * W$$

$$C_s = \frac{1 * 1.062}{2.5 * 1 * 1}$$

$$C_s = \mathbf{0.4248}$$

d) Cortante De Basal

$$V = C_s * W_i$$

$$V = 0.4248 * 28.445$$

$$V = \mathbf{12.08 Tn}$$

f) Distribución De Cargas Laterales

	h_i	ω_i	$\omega_i * (h_i)^k$	$\frac{\omega_i * (h_i)^k}{\sum \omega_i * (h_i)^k}$	$F_i = F_x$	V_x	$0.3 * F_x$ (Ton)
2	5.8	15.049	87.284896	0.69943942	8.45155571	8.45155571	2.53546671
1	2.8	13.396	37.50775	0.30056058	3.63177197	12.0833277	3.6249983
		28.444745	124.792646		12.0833277		

2.7 PERFILES IMPLEMENTADOS EN EL DISEÑO

A continuación, se muestra una tabla con los diferentes perfiles seleccionados en los elementos que conforman la estructura por el método Steel Framing.

Tabla 5

Perfiles de la Estructura con Sistema ST

Elemento	Asignación	Dimensiones			
		h (mm)	b (mm)	c (mm)	e (mm)
Montante	PGG 100x50x15x2	100	50	15	2
Solera	PGC 100x50x2	104	50	-	2
Viga	PGG 200x50x15x2	200	50	15	2
Cenefa	PGC 200x50x2	204	50	-	2

2.7.1 Diseño a flexión

Diseño de viga de entrepiso con perfil PGG 200x50x15x2.

Figura 29

Dimensiones del Perfil

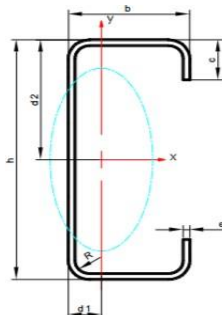


Tabla 6*Perfil de la Viga*

Dimensiones		
h	20 cm	200 mm
b	5 cm	50 mm
D,c	1.5 cm	15 mm
e,t	0.2 cm	2 mm
R	0.3 cm	3 mm
A	6.34 cm ²	634 mm ²
d1	1.21 cm	12.1 mm
d2	10 cm	100 mm
I _x	354.9 cm ⁴	
I _y	18.59 cm ⁴	
S _x	35.49 cm ³	
S _y	4.91 cm ³	

a) Cálculo de Secciones efectivas

Labios

$$w = c - (R + t) = 15 - (3 + 2) = 10 \text{ mm}$$

Relación de esbeltez, según sección B.1.1

$$\frac{w}{t} = \frac{10}{2} = 5 < 60 \text{ ok}$$

Sección efectiva de labio a compresión: El labio rigidiza el borde sujeto a gradiente de esfuerzos, por lo que es necesario aplicar sección B3.2

$$f = F_y = 3400 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{cr} = k \frac{\pi^2 E}{12(1 - \mu^2)} \left(\frac{t}{w}\right)^2$$

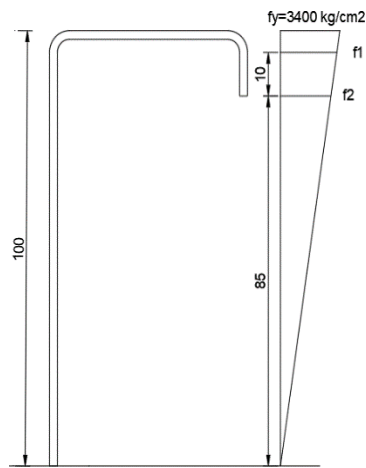
$$\mu = 0.3$$

$$k = \frac{0.578}{\psi + 0.34}$$

$$\psi = \frac{f_2}{f_1}$$

Figura 30

Diseño de Labios



SLabio

$$\frac{3400}{100} = \frac{f1}{95} = \frac{f2}{85}$$

$$f1 = 3230 \frac{kg}{cm^2}; f2 = 2890 \frac{kg}{cm^2}$$

$$\psi = \frac{f2}{f1} = \frac{2890}{3230} = 0.895$$

$$k = \frac{0.578}{\psi + 0.34} = \frac{0.578}{0.895 + 0.34} = 0.468$$

$$F_{cr} = k \frac{\pi^2 E}{12(1 - \mu^2)} \left(\frac{t}{w}\right)^2 = 0.468 \frac{\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^6}{12(1 - 0.3^2)} \left(\frac{2}{10}\right)^2 = 33838.64$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{f}{F_{cr}}} = \sqrt{\frac{3400}{33838.64}} = 0.317 \leq 0.673$$

$$c = w = 10 \text{ mm}$$

- Sección efectiva labio a tensión:

En elementos a tensión toda la sección es efectiva.

$$c = w = 10 \text{ mm}$$

Alas:

$$w = b - 2(R + t) = 50 - 2(3 + 2) = 40 \text{ mm}$$

- Relación de esbeltez:
- Según sección B1.1.

$$\frac{w}{t} = \frac{40}{2} = 20 < 60 \text{ ok}$$

- Sección efectiva de ala a compresión:
- El ala de compresión es un elemento sujeto a compresión uniforme con un atiesado de borde, el ancho efectivo b deberá determinarse acorde a la Sección B4.

$$S = 1.28 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 1.28 \sqrt{\frac{2000000}{3400}} = 31.04$$

$$0.328 (S) = 0.328 (31.04) = 10.18$$

como $\frac{w}{t} = 20 > 10.18$ entonces:

$$b_1 = (b/2)(R_1)$$

$$b_2 = b - b_1$$

$$d_s = d'_s - (R_1)$$

- El ancho efectivo b se debe calcular de acuerdo con la Sección B2.1 con el coeficiente de pandeo de la placa k ; tal como se muestra en la a continuación:

Tabla 7*Refuerzo de labio simple*

Refuerzo de labio simple ($140^\circ \geq \theta \geq 40^\circ$)	
$D/w \leq 0.25$	$0.25 < D/w \leq 0.8$
$3.57(R_1)^n + 0.43 \leq 4$	$(4.82 - 5D/w)(R_1)^n + 0.43 \leq 4$

$$\frac{D}{w} = \frac{15}{40} = 0.375 \text{ entonces:}$$

$$k = (4.82 - 5 D/w)(R_1)^n + 0.43 \leq 4$$

$$R_1 = \frac{I_s}{I_a} \leq 1$$

$$I_s = \frac{t \cdot c^3}{12} = \frac{2 \cdot 10^3}{12} = 166.67 \text{ cm}^4$$

$$I_a = 399t^4 \left[\frac{w/t}{S} - 0.328 \right]^3 \leq t^4 \left[115 \frac{w/t}{S} + 5 \right]$$

$$I_a = 399 \cdot 2^4 \left[\frac{40/2}{31.04} - 0.328 \right]^3 \leq 2^4 \left[115 \frac{40/2}{31.04} + 5 \right]$$

$$I_a = 202.08 \leq 1265.57 \text{ ok}$$

$$R_1 = \frac{I_s}{I_a} = \frac{166.67}{202.08} = 0.823 \leq 1 \text{ ok}$$

$$n = \left(0.582 - \frac{w/t}{4S} \right) \geq 0.33$$

$$n = \left(0.582 - \frac{40/2}{4(31.04)} \right) = 0.421 \geq 0.33 \text{ ok}$$

$$k = (4.82 - 5)15/40)(0.823)^{0.421} + 0.43 = 3.14 \leq 4 \text{ ok}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{f}{F_{cr}}}$$

$$f = F_y = 3400 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{cr} = k \frac{\pi^2 E}{12(1 - \mu^2)} \left(\frac{t}{w}\right)^2 = 3.14 \frac{\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^6}{12(1 - 0.3^2)} \left(\frac{2}{40}\right)^2 = 14189.82$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{f}{F_{cr}}} = \sqrt{\frac{3400}{14189.82}} = 0.489 \leq 0.673$$

$$b = w = 40 \text{ mm}$$

$$b_1 = (b/2)(R_1) = (40/2)(0.823) = 16.46 \text{ mm}$$

$$b_2 = b - b_1 = 40 - 16.46 = 23.54 \text{ mm}$$

- Labio a compresión modificado:

$$d_s = d'_s(R_1)$$

$$d'_s = c = 10 \text{ mm}$$

$$d_s = d'_s(R_1) = 10(0.823) = 8.23 \text{ mm}$$

- Sección efectiva de ala a tensión:

En elementos a tensión toda la sección es efectiva

$$b = w = 10 \text{ mm}$$

Alma:

$$w = h - 2(R + t) = 200 - (3 + 2) = 190 \text{ mm}$$

- Relación de esbeltez:

Según sección B1.1.

$$\frac{w}{t} = \frac{190}{2} = 95 < 200 \text{ ok}$$

- Alma a compresión:

El alma es un elemento rigidizado bajo gradiente de esfuerzos, el ancho efectivo b_c deberá determinarse acorde a la Sección B2.3.

$$\frac{h_o}{b_o} = \frac{200}{50} = 4 \leq 4 \text{ entonces:}$$

$$b_1 = b_c / (3 + \psi)$$

$$b_2 = b_c / 2 \text{ si } \psi > 0.236$$

$$b_2 = b_c - b_1 \text{ si } \psi \leq 0.236$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{f}{F_{cr}}}$$

$$f = F_y = 3400 \text{ kg/cm}^2$$

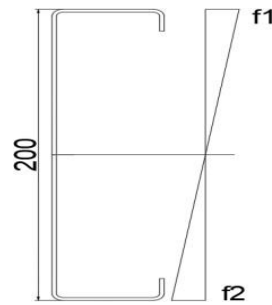
$$F_{cr} = k \frac{\pi^2 E}{12(1 - \mu^2)} \left(\frac{t}{w}\right)^2$$

$$k = 4 + 2(1 + \psi)^3 + 2(1 + \psi)$$

$$\psi = \frac{f_2}{f_1}$$

Figura 31

Diseño del Alma



$$\psi = \frac{f_2}{f_1} = 1$$

$$k = 4 + 2(1 + 1)^3 + 2(1 + 1) = 24$$

$$F_{cr} = k \frac{\pi^2 E}{12(1 - \mu^2)} \left(\frac{t}{w}\right)^2 = 24 \frac{\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^6}{12(1 - 0.3^2)} \left(\frac{2}{95}\right)^2 = 19227.87$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{f}{F_{cr}}} = \sqrt{\frac{3400}{19227.87}} = 0.421 \leq 0.673$$

$$b_c = w = 95 \text{ mm}$$

$$b_1 = b_e / (3 + \psi) = 95 / (3 + 1) = 23.75 \text{ mm}$$

$$\psi = 1 > 0.236$$

$$b_2 = b_e / 2 = 95 / 2 = 47.5 \text{ mm}$$

$$b_1 + b_2 \leq b_c$$

$$23.75 + 47.5 = 71.25 \leq 95 \text{ ok}$$

Elementos circulares:

$$r = R + \frac{t}{2} = 3 + \frac{2}{2} = 4 \text{ mm}$$
$$L = \frac{\pi \cdot r}{2} = \frac{\pi \cdot 4}{2} = 6.28 \text{ mm}$$

Cálculo de eje neutro con secciones efectivas:

Coordenadas centroidales (Y) respecto a la fibra extrema superior de las secciones efectivas:

- Elementos circulares superiores (1):

$$c = 0.637(r) = 0.637(4) = 2.548 \text{ mm}$$

$$y = (r - c) + t/2 = (4 - 2.548) + 2/2 = 2.452$$

Elementos circulares inferiores (2):

$$y = h - 2.452 = 200 - 2.452 = 197.548 \text{ mm}$$

A la superior (3):

$$y = t/2 = 2/2 = 1 \text{ mm}$$

A la superior (4):

$$y = h - \frac{t}{2} = 200 - \frac{2}{2} = 199 \text{ mm}$$

Labio superior (5):

$$y = d_s/2 + (R + t) = 8.23/2 + (3 + 2) = 9.115 \text{ mm}$$

Labio superior (6):

$$y = h - (c/2 + (R + t)) = 200 - (10/2 + (3 + 2)) = 190 \text{ mm}$$

Alma (7), (8):

$$y = b1/2 + (R + t) = 23.75/2 + (3 + 2) = 16.875 \text{ mm}$$

$$y = h - (b2 + 95)/2 - (R + t) = 200 - (47.5 + 95)/2 - (3 + 2) = 123.75 \text{ mm}$$

Tabla 8

Elementos Circulares

Elemento	Longitud efectiva L (mm)	y (mm)	Ly (mm ²)	Ly ² (mm ³)
1	12.56	2.452	30.79712	75.5145382
2	12.56	197.548	2481.20288	490156.667
3	40	1	40	40
4	40	199	7960	1584040
5	8.23	9.115	75.01645	683.774942
6	10	190	1900	361000
7	23.75	16.875	400.78125	6763.18359
8	142.5	123.75	17634.375	2182253.91
	289.6		30522.1727	4625013.05

$$y_{cg} = \frac{\Sigma Ly}{\Sigma L} = \frac{30522.17}{289.6} = 105.39 \text{ mm}$$

Momento de inercia de la sección lineal:

Se considera que $I_{xx} = 0$ para los elementos 1 y 2 ya que sus valores reales son insignificantes y su contribución a ΣI_{xx} será despreciable.

Elemento 3: $I_{xx} = \frac{40 \cdot 1^3}{12} = 3.33 \text{ mm}^4$

$$\text{Elemento 4: } I_{xx} = \frac{40 \cdot 1^3}{12} = 3.33 \text{ mm}^4$$

$$\text{Elemento 6: } I_{xx} = \frac{1 \cdot 1^3}{12} = 83.33 \text{ mm}^4$$

$$\text{Elemento 7: } I_{xx} = \frac{1 \cdot 23 \cdot 75^3}{12} = 1116.37 \text{ mm}^4$$

$$\text{Elemento 8: } I_{xx} = \frac{1 \cdot 142 \cdot 5^3}{12} = 241136.72 \text{ mm}^4$$

$$\Sigma I_{xx} = 242343.08$$

$$I'_x = \Sigma I_{xx} + \Sigma Ly^2 - y_{cg}^2 \cdot \Sigma L$$

$$I'_x = 242343.08 + 4625013.05 - 105.39^2 \cdot 289.6 = 1650753.842 \text{ mm}^3$$

Momento de inercia de la sección total

$$I_x = I'_x \cdot t = 1650753.84 \cdot 2 = 3301507.68 \text{ mm}^4$$

Módulo de sección con respecto a la fibra extrema superior

$$S_e = \frac{I_x}{y_{cg}} = \frac{3301507.68}{105.39} = 31326.57 \text{ mm}^3 = 31.33 \text{ cm}^3$$

Momento de Diseño

La resistencia a flexión se determina acorde a la Sección C3.1.1.

$$M_n = S_e \cdot F_y$$

$$M_n = 31.33 \text{ cm}^3 \cdot 3400 \text{ kg/cm}^2 = 106522 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

$$M_u = \phi_b M_n$$

Para alas de compresión atiesadas $\phi_b = 0.95$

$$M_u = 0.95 \cdot 106522 = 101195.9 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

Comprobación de resistencia.

Del software SAP 2000 obtenemos un momento máximo de 7449 kgf – cm lo que da como resultado un momento máximo de 73000.20 kg – cm

$$M_u = 0.95 \cdot 106522 = 101195.9 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

$$M_u \geq M_a$$

$$101195.9 \geq 73000.2$$

2.7.2 Diseño a Corte.

$$V_n = A_w \cdot F_v$$

$$A_w = 6.34 \text{ cm}^2$$

$$\frac{h}{t} > 1.51 \sqrt{\frac{E \cdot k_v}{f_y}}$$

$$k_v = 5.34$$

$$\frac{190}{2} > 1.51 \sqrt{\frac{2 \cdot 10^6 \cdot 5.34}{3400}}$$

Como $95 > 84.63$ entonces:

$$F_v = 0.904 \cdot E \cdot k_v / \left(\frac{h}{t}\right)^2$$

$$F_v = 0.904 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 5.34 / \left(\frac{190}{2}\right)^2$$

$$F_v = 1069.78 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_n = 6.34 \cdot 1069.78 = 6782.4 \text{ kg}$$

$$V_u = 0.95 \cdot 6782.4 = 6443.28 \text{ kg}$$

Comprobación de resistencia al corte

Del software SAP2000 se obtuvo un cortante máximo de 302.33 kgf, lo que da como resultado un cortante máximo de 2962.83 kg.

$$V_u \geq v_a$$

$$6443.28kg \geq 2962.83kg \text{ Cumple}$$

2.7.3 Diseño de elementos sometidos a compresión

El perfil “PGG 100x50x15x2” será diseñado para montantes.

Figura 32

Diseño del Perfil

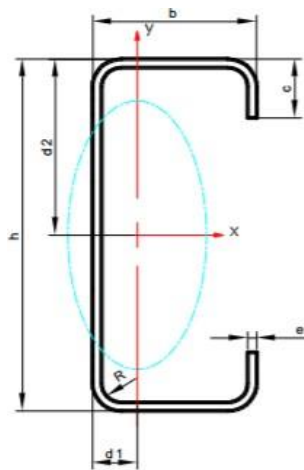


Tabla 9

Dimensiones del Perfil PGG 100x50x15x2

Dimensiones		
H	10 cm	100 mm
B	5 cm	50 mm
C	1.5 cm	15 mm
E	0.2 cm	2 mm
R	0.3 cm	3 mm
A	4.34 cm ²	434 mm ²
d1	1.73 cm	17.3 mm
d2	5 cm	50 mm
Ix	69.24 cm ⁴	
Iy	14.98 cm ⁴	
Sx	13.85 cm ³	
Sy	4.58 cm ³	

b) **Resistencia al Pandeo por Flexión con Respecto al Eje Débil**

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

$$K = 1$$

$$L = 280 \text{ cm}$$

$$r = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{14.98}{4.34}} = 1.86 \text{ cm}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 * 2 * 10^6}{\left(\frac{1 * 280}{1.86}\right)^2} = 871.04$$

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

$$\lambda_c = \sqrt{\frac{3400}{871.04}} = 1.97 > 1.5$$

$$F_n = \left[\frac{0.877}{\lambda_c^2} \right] F_y$$

$$F_n = \left[\frac{0.877}{1.97^2} \right] 3400 = 768.32$$

c) **Cálculo de secciones efectivas**

Labios:

$$w = c - (R + t) = 15 - (3 + 2) = 10 \text{ mm}$$

Relación de esbeltez, según sección B.1.1

$$\frac{w}{t} = \frac{10}{2} = 5 < 14 \text{ ok}$$

Sección efectiva de labio a compresión: El labio rigidiza el borde sujeto a gradiente de esfuerzos, por este motivo es necesario aplicar sección B3.1 para obtener el siguiente resultado.

$$\lambda = \sqrt{\frac{f}{F_{cr}}}$$

$$f = F_n = 768.32$$

$$F_{cr} = k \frac{\pi^2 E}{12(1 - \mu^2)} \left(\frac{t}{w}\right)^2$$

$$\mu = 0.3$$

$$k = 0.43$$

$$F_{cr} = k \frac{\pi^2 E}{12(1 - \mu^2)} \left(\frac{t}{w}\right)^2 = 0.43 \frac{\pi^2 2 * 10^6}{12(1 - 0.3^2)} \left(\frac{2}{10}\right)^2 = 31091.06$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{f}{F_{cr}}} = \sqrt{\frac{3400}{31091.06}} = 0.3331 \leq 0.673$$

$$c = w = 10 \text{ mm}$$

Alas:

$$w = b - 2(R + t) = 50 - 2(3 + 2) = 40 \text{ mm}$$

Relación de esbeltez, según sección B.1.1

$$\frac{w}{t} = \frac{40}{2} = 20 < 60 \text{ ok}$$

Sección efectiva de ala a la compresión:

$$s = 1.28 \sqrt{\frac{E}{f}} = 1.28 \sqrt{\frac{2000000}{768.32}} = 65.30$$

$$0.328(s) = 0.328(65.30) = 22.83$$

El ancho efectivo b , se debe calcular de acuerdo con la Sección B2.1 con el coeficiente de pandeo de la placa, k , como se muestra en la Tabla B4-1 a continuación:

Tabla 10*Refuerzo de Labios Simples*

Refuerzo de labio simple ($140^\circ \geq \theta \geq 40^\circ$)	
$D/w \leq 0.25$	$0.25 < D/w \leq 0.8$
$3.57(R_I)^n + 0.43 \leq 4$	$(4.82 - 5D/w)(R_I)^n + 0.43 \leq 4$

$$\frac{D}{W} = \frac{15}{40} = 0.375 \text{ entonces}$$

$$k = \left(4.82 - \frac{5D}{w}\right)(R_I)^n + 0.43 \leq 4$$

$$R_I = \frac{I_s}{I_a} \leq 1$$

$$I_s = \frac{t * c^3}{12} = \frac{2 * 10^3}{12} = 166.67 \text{ cm}^4$$

$$l_a = 399t^4 = \left[\frac{w/t}{S} - 0.328\right]^3 \leq t^4 \left[155 \frac{w/t}{S} + 5\right]$$

$$l_a = 3992^4 = \left[\frac{40/2}{31.04} - 0.328\right]^3 \leq 2^4 \left[155 \frac{40/2}{31.04} + 5\right]$$

$$l_a = 202.08 \leq 1265.57 \text{ ok}$$

$$R_I = \frac{166.67}{202.08} = 0.823 \leq 1 \text{ ok}$$

$$n = \left(0.582 - \frac{w/t}{4S}\right) \geq 0.33$$

$$n = \left(0.582 - \frac{40/2}{4(31.04)}\right) = 0.421 \geq 0.33 \text{ ok}$$

$$k = \left(4.82 - 5\left(\frac{15}{40}\right)\right)(0.823)^{0.421} + 0.43 = 3.14 \leq 4 \text{ ok}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{f}{F_{cr}}}$$

$$f = F_n = 768.32$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{f}{F_{cr}}} = \sqrt{\frac{3400}{31091.06}} = 0.3331 \leq 0.673$$

$$b = w = 40\text{mm}$$

$$b_1 = \left(\frac{b}{2}\right)(R_f) = \left(\frac{40}{2}\right)(0.823) = 16.4\text{mm}$$

$$b_2 = b - b_1 = 40 - 16.4 = 23.6$$

Labio modificado

$$ds = d's(R_f)$$

$$d's = c = 10\text{mm}$$

$$ds = 10(0.823) = 8.23\text{mm}$$

Alma:

$$w = h - 2(R + t) = 100 - 2(3 + 2) = 90\text{mm}$$

Relación de esbeltez.

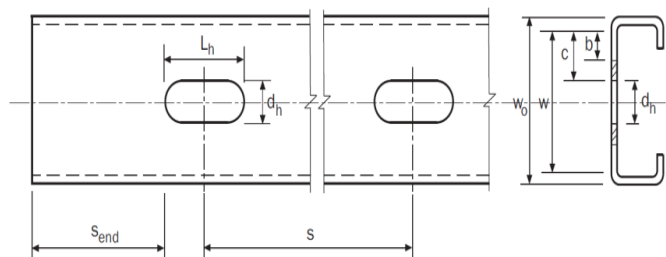
$$\frac{w}{t} = \frac{90}{2} = 45 < 50$$

Sección efectiva

En el alma de los montantes se debe diseñar los agujeros para permitir el paso de instalaciones.

Figura 33

Diseño de Agujeros en Montantes AISI 2007



$$S_{end} \geq 254 \text{ mm}$$

$$S_{end} = 300 \text{ mm} \geq 254 \text{ mm} \quad ok$$

$$L_h \leq 114 \text{ mm}$$

$$L_h = 110 \text{ mm} \leq 114 \text{ mm} \quad ok$$

$$d_h \leq 63.5 \text{ mm}$$

$$d_h = 38 \text{ mm} \leq 63.5 \text{ mm} \quad ok$$

$$\frac{d_h}{w_o} \leq 0.5$$

$$\frac{d_h}{w_o} = \frac{38}{100} = 0.38 \leq 0.5 \quad ok$$

$$S \geq 610 \text{ mm}$$

$$S = L - 2(S_{end}) - L_h = 2800 - 2(300) - 110 = 2090 \text{ mm}$$

$$2090 \text{ mm} \geq 610 \text{ mm} \quad ok$$

El alma es un elemento rigidizado sujetos a compresión uniforme con perforaciones no circulares, ancho efectivo deberá determinar acorde a la Sección B2.2.

$$\lambda = \sqrt{\frac{f}{Fcr}}$$

$$f = Fn = 768.32$$

$$Fcr = k \frac{\pi^2 E}{12(1 - \mu^2)} \left(\frac{t}{w}\right)^2$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{f}{Fcr}} = \sqrt{\frac{3400}{31091.06}} = 0.3331 \leq 0.673$$

$$b = c = 26 \text{ mm}$$

Área efectiva:

Elementos Circulares:

$$r = R + t = 3 + 2 = 5 \text{ mm}$$

$$A = \pi r^2 - \pi R^2 = \pi 5^2 - \pi 3^2 = 50.27 \text{ mm}^2$$

Alma:

$$A = c * t = 26 * 2 = 52mm^2$$

Ala:

$$A = b * t = 40 * 2 = 80mm^2$$

Labio

$$A = ds * t = 8.23 * 2 = 16.46mm^2$$

Área efectiva:

$$Ae = \Sigma A = 198.73mm^2 = 1.987 cm^2$$

La resistencia a compresión se determina acorde a la Sección C4

$$Pn = Ae * Fn$$

$$Pn = 1.987cm^2 * 768.32 \frac{kg}{cm^2} = 1912.01 kg$$

$$Pu = \phi_c * Pn$$

$$Pu = 0.85 * 1913.01 = 1626.06 Kg$$

Comprobación de Resistencia

Del software SAP2000 podemos demostrar la carga máxima que soportara la estructura en el modelo matemático, por lo tanto, se obtiene una carga máxima 1186.02 kg quedando así demostrado que la estructura y sus elementos a compresión cumplen con los requerimientos de diseño.

$$Pu \geq Pmax$$

$$1626.06 Kg \geq 1186.02 k$$

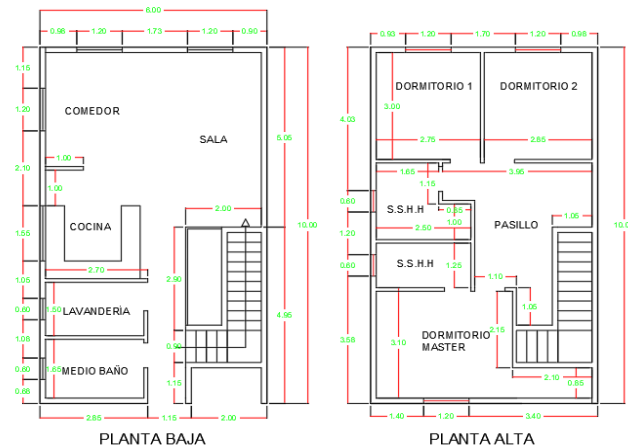
2.8 METODOLOGÍA PARA O.E.2.: REALIZAR ANÁLISIS DE COSTOS POR M2 Y UN ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE LA ESTRUCTURA STEEL FRAMING.

2.8.1 Plano Arquitectónico del Modelo y medidas para análisis de costos

A continuación, se muestra el plano arquitectónico de la estructura que va a ser diseñada para la vivienda unifamiliar de dos pisos aplicando el sistema Steel framing y para la que se va a aplicar los distintos análisis tanto lineal, como no lineal aplicando la carga de una losa de entrepiso Steel deck. Tiene dimensiones de 6x10, que son 60 metros cuadrados.

Figura 34

Plano de una vivienda de dos pisos



2.8.2 Ventajas del Sistema Steel deck

El sistema de losas colaborantes ofrece ventajas significativas con respecto a otros sistemas de entrepiso tradicionales. Las principales ventajas del sistema son:

- Funcional: Se acomoda a un gran número de aplicaciones prácticas y a muchas situaciones diferentes de entrepiso para edificaciones.

- b) Resistencia estructural con menos peso: Se utilizan las propiedades del acero con una eficiencia máxima tanto en el diseño como ' en la fabricación, obteniéndose un producto con una alta relación de resistencia a peso.
- c) Construcción en todos los climas: Eliminando los costos de retrasos que pueden presentarse con otros sistemas de entrepiso.
- d) Calidad uniforme: Debido al estricto control de calidad es posible obtener condiciones de resistencia en obra muy similares a las de diseño, y lograr así una calidad uniforme del producto en general.
- e) Durabilidad garantizada: El producto ha sido utilizado en otros países por más de medio siglo evidenciando un comportamiento satisfactorio, lo cual es la mejor garantía de durabilidad.
- f) Facilidad constructiva: Se necesita menor construcción in situ, ya que los perfiles y la chapa de acero vienen fabricados, cumpliendo con las normas de calidad requeridas. Y también hay otros factores constructivos que pueden mencionarse como su bajo peso, óptimo almacenamiento en obra, rapidez de instalación, no contamina otros materiales, se adapta a cualquier geometría y puede utilizarse tanto en estructuras metálicas como en estructuras de concreto.
- g) Función estructural: Sirve como encofrado de la losa de concreto, plataforma de trabajo y refuerzo en tensión de la losa una vez fraguado el concreto.
- h) Economía: El manejo de la lámina en la obra no requiere de personal calificado ni de un proceso de transformación para su instalación, por lo que se puede obtener grandes rendimientos en su ejecución y bajos costos.
- i) Adaptabilidad: Fácil distribución de los sistemas eléctricos y sistemas de aire acondicionado. La forma geométrica de los perfiles de acero permite la formación de duetos a través de los cuales pueden atravesar sistemas de cableados. (Mayor Santos, 2004, pág. s n)

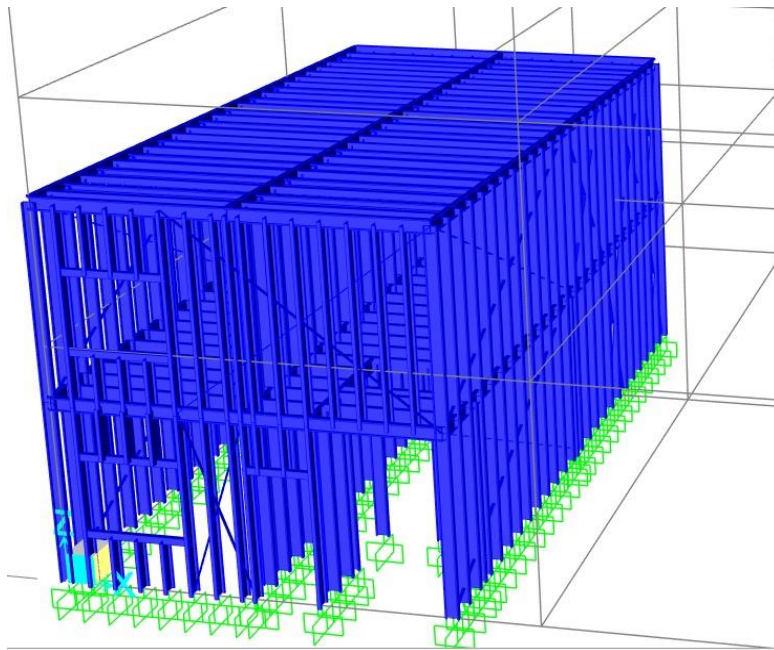
CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

RESULTADOS

3.1 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DEL O.E.1.: DISEÑO DE LA ESTRUCTURA STEEL FRAMING

Figura 35

Estructura en Steel Framing



3.2 ANÁLISIS MODAL

En el análisis modal se logró determinar el periodo fundamental de vibración igual a 0.3345 segundos. Se observa en la tabla 11 que existe masa participativa significativamente en UY en el periodo fundamental 1 en el sentido UY con una participación de masa del 98.94 %, de igual manera, se observa con el último modo de vibración que hay un 99.49 % de participación de masa en toda la estructura.

Período y Participación De Masa

Tabla 11

Periodo y Participación de Masas

ANALISIS MODAL								
Caso	Modo	Periodo	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ	SumRZ
MODAL	1	0.334584	0.00%	98.84%	0.00%	98.84%	0.01%	0.01%
MODAL	2	0.276441	97.87%	0.00%	97.87%	98.84%	0.41%	0.41%
MODAL	3	0.24234	0.90%	0.00%	98.77%	98.84%	18.05%	18.47%
MODAL	4	0.233339	0.10%	0.00%	98.87%	98.84%	80.45%	98.92%
MODAL	5	0.111294	0.00%	0.71%	98.87%	99.55%	0.00%	98.92%
MODAL	6	0.078844	0.00%	0.00%	98.87%	99.55%	0.01%	98.93%
MODAL	7	0.075654	0.00%	0.01%	98.87%	99.56%	0.01%	98.93%
MODAL	8	0.065481	0.59%	0.00%	99.46%	99.56%	0.13%	99.07%
MODAL	9	0.062175	0.02%	0.01%	99.49%	99.56%	0.10%	99.17%

Corrección Del Cortante Basal Estático y Dinámico

Según NEC-SE-DS (2015), se debe realizar un análisis dinámico espectral de manera obligatoria para todo tipo de estructuras irregulares, y la fuerza cortante dinámica en base no debe ser menor que el 85% de la fuerza cortante dinámica estática en la base, por ello se corrige la fuerza lateral al 100%. En la tabla 13, se tiene un cortante de basal estático de 12.08 Toneladas (Tn), como se puede observar en la tabla 12 el cortante dinámico del programa nos da como resultado 8, 07 Toneladas (Tn) de fuerza cortante inferior al 85% del cortante de basal estático por tal motivo se procede a realizar la corrección del cortante dinámico de la siguiente manera.

Tabla 12

Corrección del Cortante Dinámico

CORRECCIÓN DEL CORTANTE DINÁMICO/ESTÁTICO			
EX	8.0507	0.021	8.0717
EY	0.021	8.1011	8.1221
Fc SX		1.496999105	14.68062112
Fc SY		1.487709789	14.58952359

Tabla 13*Corrección del cortante basal*

CORRECCIÓN DEL CORTANTE DINÁMICO/ESTÁTICO			
ESPECTRO X	12.0471	0.0314	12.0785
ESPECTRO Y	0.0311	12.04	12.0711
CORTANTE BASAL	12.08		

Cálculo de las Derivas Inelásticas según NEC-15

Se verificaron las derivas inelásticas máximas del modelo matemático, según los requerimientos de NEC-ESTRUCTURAS-ACERO (MIDUVI, 2015), donde nos indica que el desplazamiento máximo en estructuras de acero tipo 1 no debe ser mayor al 1 %. Entonces, de acuerdo a estos parámetros se pudo comprobar que la estructura cumpliera con los requerimientos que se mencionaron anteriormente y de esta forma se observó que según el comportamiento de la estructura tenía un mayor desplazamiento en el sentido UX debido a las cargas laterales más críticas generadas por el espectro de diseño en dirección X y Y. A continuación las tablas 14 y 15 muestran el comportamiento de las estructuras.

Tabla 14*Comprobación de derivas inelásticas en Dirección X*

SENTIDO X +							
	Des. Superior (cm)	Des. Inferior (cm)	Deriva Inelástica (cm)	Altura (cm)	Deriva calculada	Deriva normativa	Observación
Entrepiso	1.34	0	2.5125	280	0.00897321 ₄	0.01	Cumple
Cubierta	2.43	1.34	2.04375	300	0.0068125	0.01	Cumple

Tabla 15*Comprobación de derivas inelásticas en Dirección Y*

SENTIDO Y +							
	Des. Superior (cm)	Des. Inferior (cm)	Deriva Inelástica (cm)	Altura (cm)	Deriva calculada	Deriva normativa	Observación
Entrepiso	0.8967	0	2.017575	244	0.008269	0.01	Cumple
Cubierta	1.6093	0.8967	1.60335	244	0.006571	0.01	Cumple

3.3 ANÁLISIS DINÁMICO NO LINEAL TIEMPO-HISTORIA

En el presente análisis se busca representar con mayor aproximación el comportamiento no-lineal de la estructura frente a fuerza sísmicas provocadas por los diferentes eventos sísmicos. El método Tiempo-Historia consiste en un modelo matemático que representa el comportamiento histórico no-lineal para determinar su respuesta por métodos de integración numérica.

A continuación, se mostrará el procedimiento para el Análisis Dinámico no lineal Tiempo Historia en el software de análisis estructural SAP2000.

3.3.1 Definición de Acelerogramas para el Análisis Tiempo-Historia

Para el presente análisis es necesario considerar como parámetro indispensable el número mínimo de registros sísmicos que indica la Norma Ecuatoriana de Construcción NEC 15 por lo tanto se consideran 3 pares de registros sísmicos cuyas magnitudes sean representativas. Para la selección de acelerogramas debemos considerar el lugar donde se pretende analizar la estructura, así como los registros con otros tipos de suelos. Por lo tanto, se selecciona al cantón Santa Elena con un perfil de suelo Tipo C así como los registros sísmicos de las estaciones de las ciudades de Guayaquil, La Libertad y Manta medidos durante el sismo de Pedernales.

Figura 36

Registros de suelo de Guayaquil, Quito y Manta

Lugar	Evento Sísmico	Mecanismo de Falla	Estación	Mag.	Tipo de Suelo	Distancia al epicentro (km)	Aceleración M _s (m/s ²)	
							N-S	E-O
Libertad	Pedernales (16/04/2016)	Subducción Placa	ALIB		C	308	0.4113	0.3895
Guayaquil (Pascuales)	Pedernales (16/04/2016)	Sudamericana y Placa de Nazca	AGYE	7.8	B	270	0.1832	0.1832
Manta	Pedernales (16/04/2016)		AMNT		D	171	3.972	5.1421

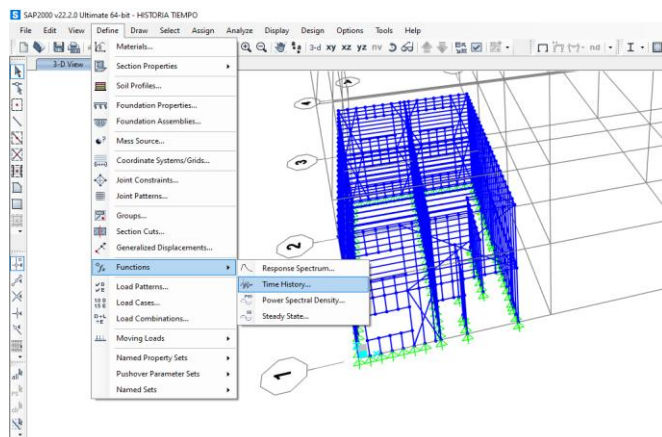
Nota: Adoptado de Estudio del desempeño de disipadores con diagonales de arriostramiento de pandeo restringido para una estructura de acero y su comparación con el desempeño de una estructura de acero sin diagonales y con diagonales, por Soriano K., (2022)

3.3.2 Procedimiento en el Software SAP2000

En el software SAP2000 en la pestaña define encontraremos la herramienta Functions que nos muestra la función Time History donde podremos ingresar y definir los diferentes pares de registros sísmicos.

Figura 37

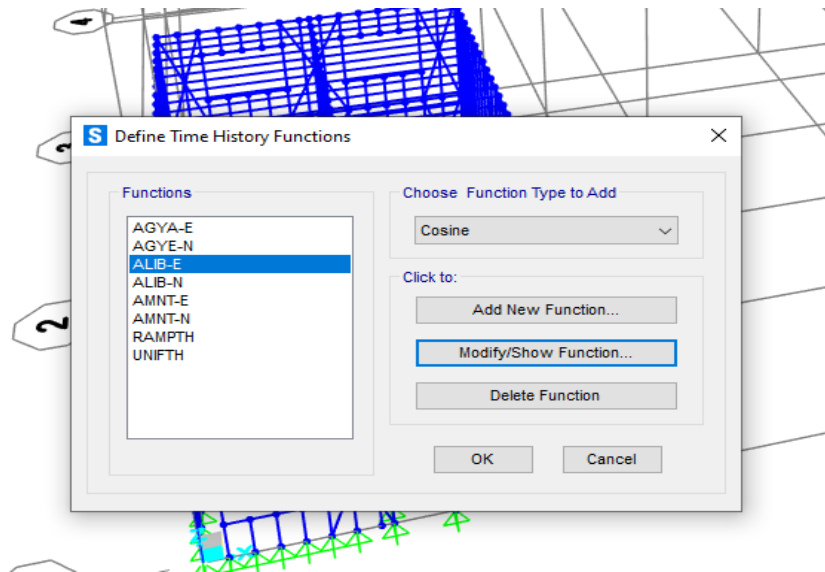
Registros Sísmicos en Time History



En la siguiente imagen se muestra los pares de registros sísmicos ingresados en el software de análisis estructural SAP 2000.

Figura 38

Pares de Registros Sísmicos

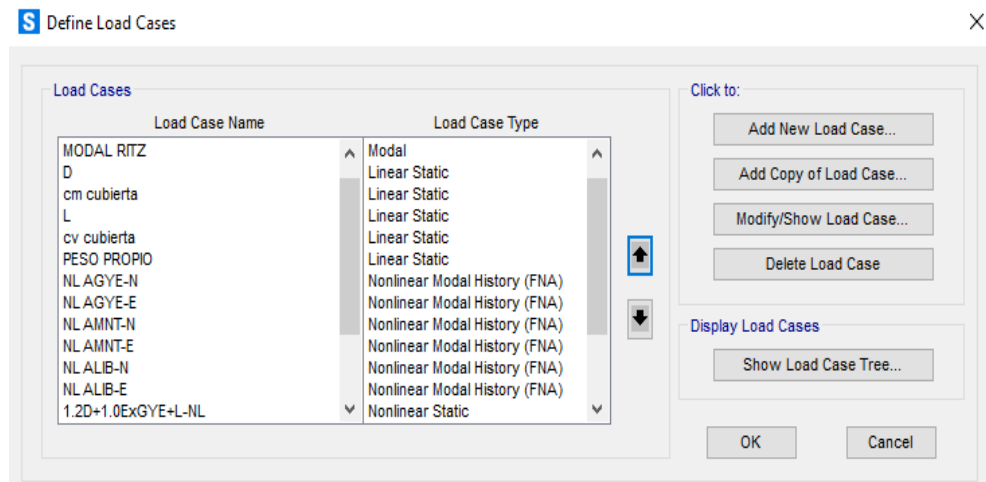


- ✓ **Definición de los casos de carga en el análisis dinámico no lineal Tiempo-Historia**

En la siguiente figura se muestran la definición de los casos de carga gravitacional para el análisis Tiempo Historia en el software SAP2000.

Figura 39

Casos de Carga

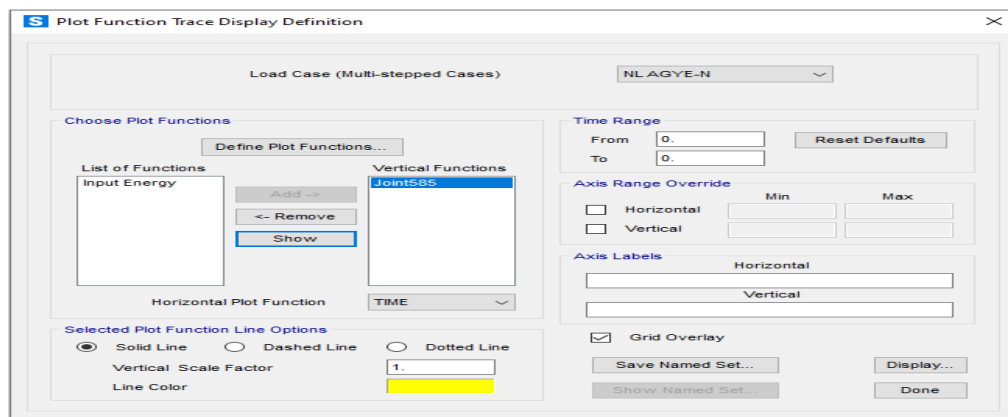


✓ Resultados del Análisis Dinámico No Lineal

Una vez corrido el programa nos dirigimos a la herramienta display en la pestaña *show plot functions* podemos desplegar la ventana que se muestra en la figura donde encontraremos las funciones para chequear un punto específico de la estructura y determinar su desplazamiento máximo en un periodo de tiempo determinado según el registro determinado en el software SAP2000.

Figura 40

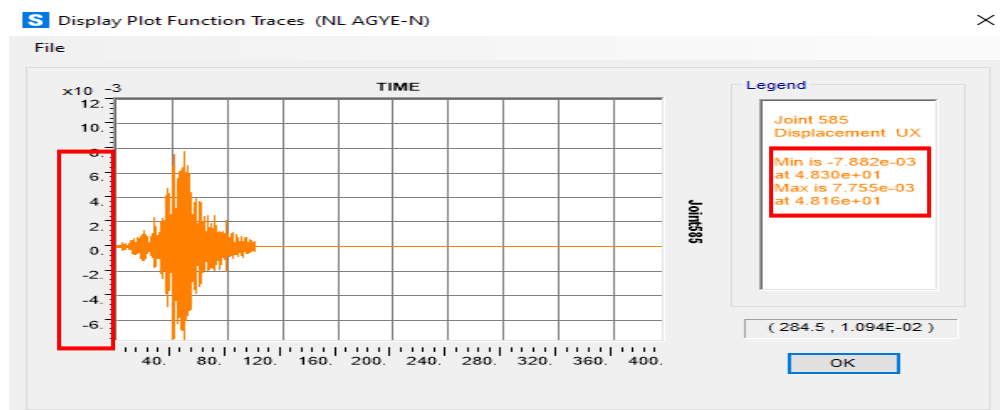
Punto específico de la estructura



✓ Resultado del Análisis Dinámico no lineal Tiempo Historia para Guayaquil.

Figura 41

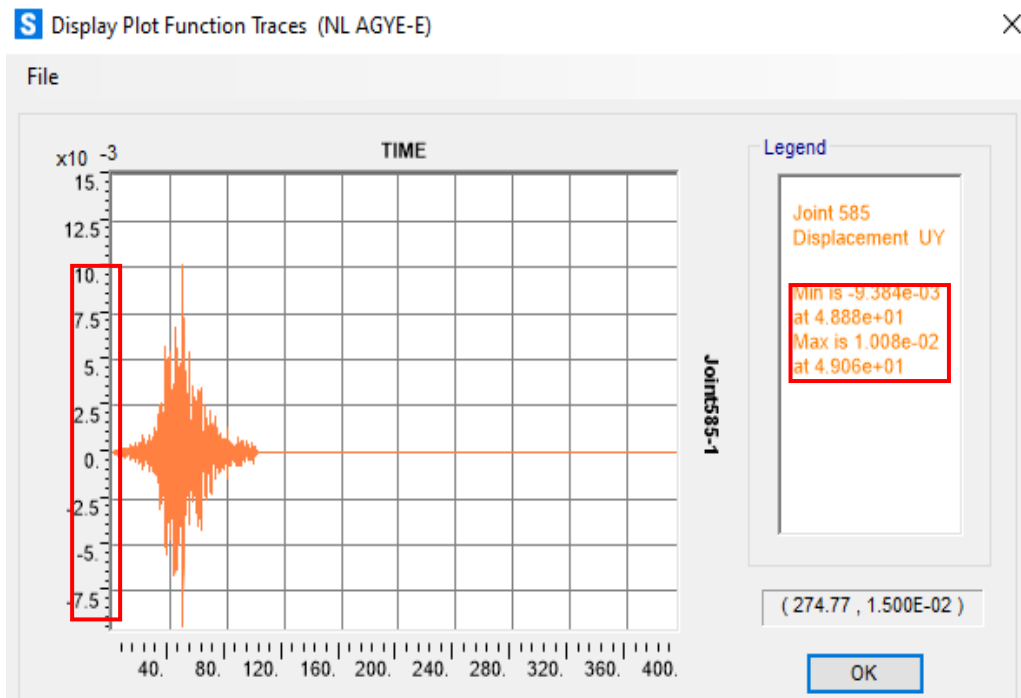
Análisis Dinámico no Lineal en Guayaquil



Para este registro podemos determinar que el desplazamiento máximo de la estructura es de 7.75 mm y que el desplazamiento se encontrara entre los 40 y 60 segundos durante el periodo de vibración de la estructura.

Figura 42

Desplazamiento de estructuras



De la misma manera podemos observar los resultados obtenidos en la dirección Este-Oeste donde nos indica que el desplazamiento máximo de la estructura es de 1 cm, este desplazamiento se encuentra dentro del mismo periodo de vibración del sentido Norte-Sur.

✓ **Resultado del Análisis Dinámico no lineal Tiempo Historia para Manta.**

En los siguientes gráficos tomados desde el software SAP2000 podemos determinar el máximo desplazamiento que tendría la estructura para este caso donde podemos indicar que el desplazamiento que sufre la estructura será mayor en el sentido Norte-Sur con un valor de 9.97 mm a diferencia del sentido Este-Oeste con un valor máximo de desplazamiento igual a 9.11 mm.

Figura 43

Análisis Dinámico no Lineal para estructuras en Manta

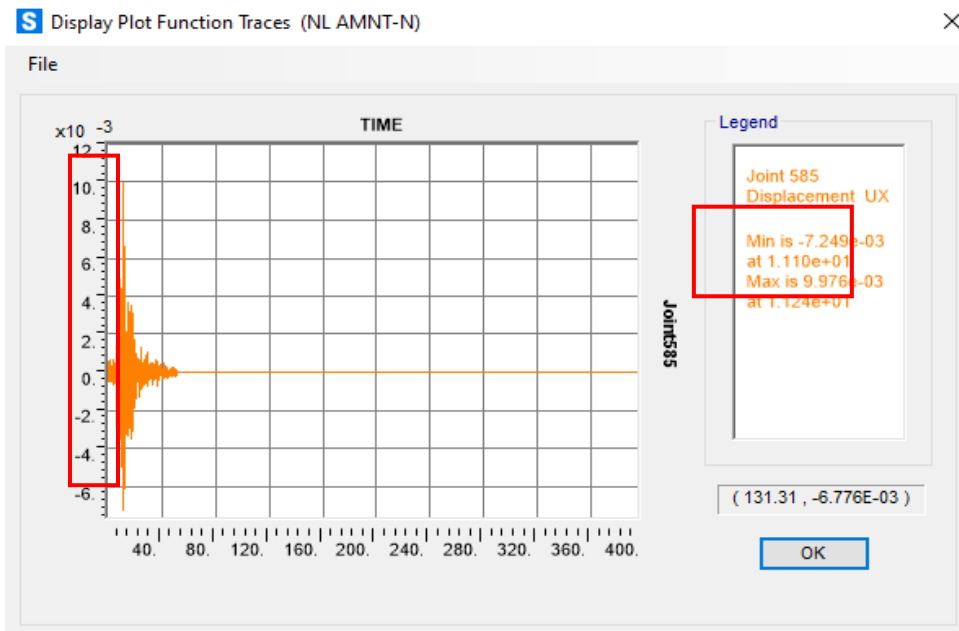
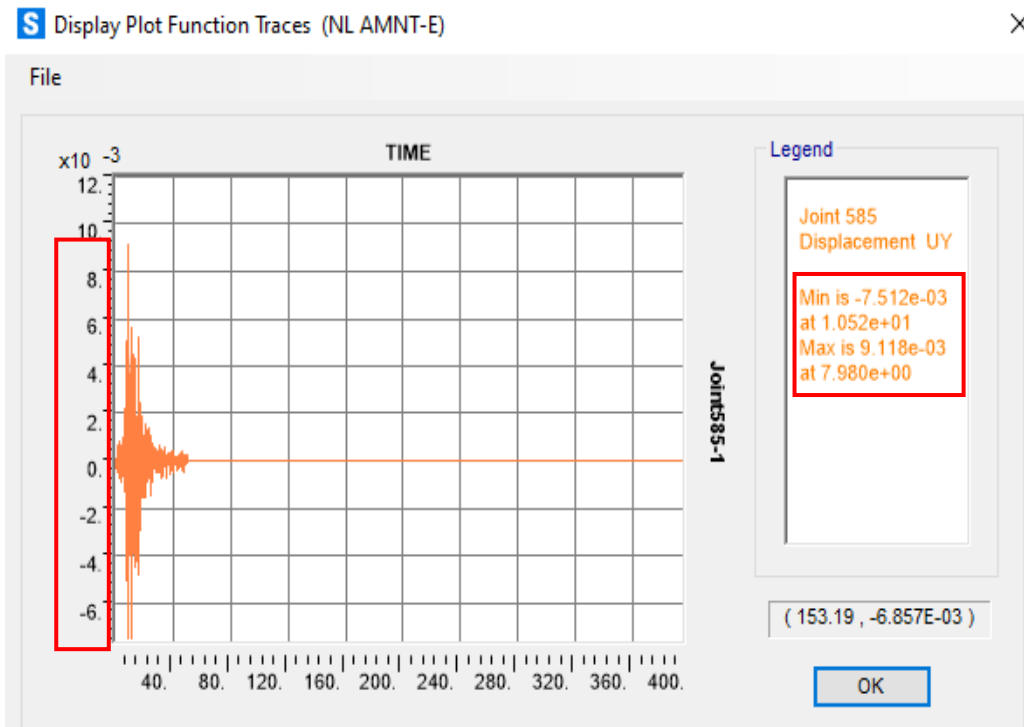


Figura 44

Desplazamiento de la Estructura en Manta



4.2.2.5 Resultado del Análisis Dinámico no lineal Tiempo Historia para Santa Elena.

En los siguientes gráficos tomados desde el software SAP2000 podemos determinar el máximo desplazamiento que tendrá la estructura para este caso. En caso del registro con dirección Norte-Sur la estructura tendrá un desplazamiento máximo igual 3.74 mm, por otra parte, el registro con dirección Este-Oeste muestra un desplazamiento máximo igual a 7.3 mm.

Figura 45

Análisis Dinámico No Lineal para Santa Elena

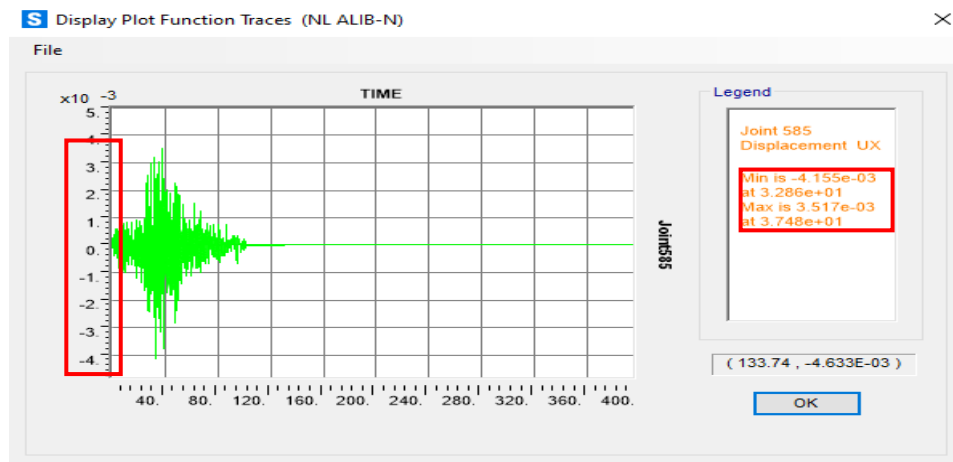
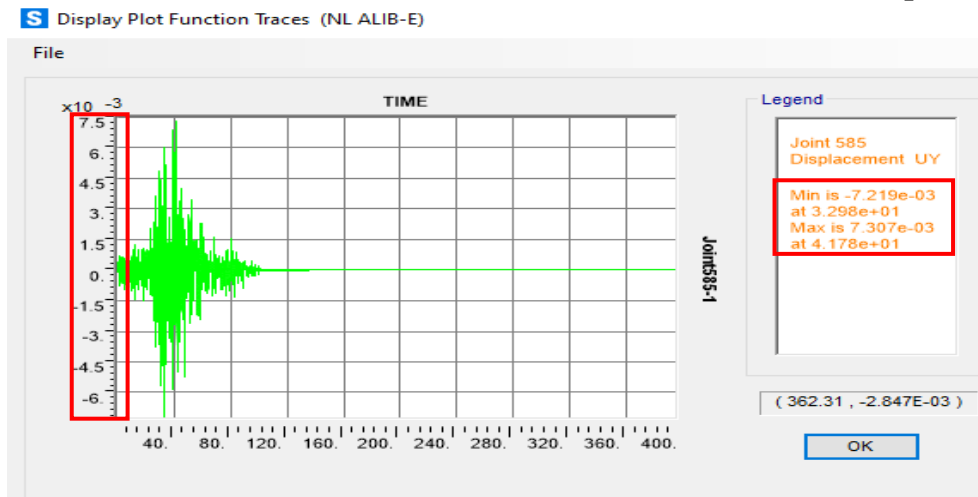


Figura 46

Desplazamiento de la estructura en Santa Elena

4.2.2.6 Análisis de Resultados del Análisis Dinámico no lineal Tiempo



Análisis.

De los resultados obtenidos podemos indicar que la estructura tendrá su mayor desplazamiento tanto en las direcciones Norte-Sur y Este-Oeste dentro de un periodo de vibración ubicado entre los 40 y 60 segundos. De igual manera podemos determinar que la mayor fuerza del evento sísmico se registra en la dirección Este – Oeste para los 3 pares de acelerogramas siendo así el desplazamiento en Y el valor máximo en obtenido en la estructura.

3.4 ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA ESTRUCTURA STEEL FRAMING

3.4.1 Presupuesto referencial

Tabla 16

Presupuesto referencial de Steel Framing

PRESUPUESTO REFERENCIAL					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U	Total
1	TRABAJOS PRELIMINARES				
1,1	Limpieza y desbroce	m ²	60	1,25	75
1,2	Trazado y replanteo	m ²	60	0,97	58,2
2	CIMENTACIÓN				
2,1	Excavación a máquina 0<h<2	m ³	30	3,22	96,6
2,2	Relleno hidratado y compactado con material importado	m ³	60	14,08	844,8
2,3	Replanteo f'c=140kg/cm ² e=0,05	m ³	3	11,74	35,22
2,4	Hormigón simple losa 210 kg/cm ²	m ³	12	138,08	1656,96
2,5	Malla electrosoldada 5,5mm@10	Unidad	4	80,95	323,8
3	ESTRUCTURA				
3,1	Malla electrosoldada 5,5mm@10	Unidad	3,67	80,95	297,0865
3,2	Acero conformado en frío	kg	3350,8	3,48	11660,85638
3,3	Placa colaborante galvanizada e=0,65mm x 6m 0,97	Unidad	9,17	80,51	738,2767
3,4	Hormigón Simple Losa 210 kg/cm ²	m ³	3,83	138,08	528,8464
3,5	Conector y varilla roscada para anclaje	Unidad	15	2,60	39
					16354,64598

3.4.2 Costo por Metro Cuadrado de Construcción

$$\frac{16354,646 \$}{115} = 142,214 \$ m^2$$

3.4.3 Cantidades de obra

Tabla 17

Volumen de excavación para losa

Volumen de excavación			
e (m)	b (m)	L (m)	Vol. (m ³)
0,5	6	10	30

Tabla 18

Área conformación de plataforma

Área Conformación de Plataforma			
b (m)	L (m)	Área (m ²)	
6	10	60	

Tabla 19

Volumen de Hormigón de Replanteo

Volumen de hormigón de Replanteo			
e (m)	b (m)	L (m)	Vol. (m ³)
0,05	6	10	3

Tabla 20

Volumen de hormigón de Losa

Volumen de hormigón de Losa			
e (m)	b (m)	L (m)	Vol. (m ³)
0,2	6	10	12

Tabla 21

Número de planchas de malla electrosoldada

N° de planchas de malla electrosoldadas		
Área total	Área de una plancha 6,24x2,40	N°
60	15	4

Tabla 22

Cantidad de perfiles

CANTIDAD DE PERFILES					
Perfil	Longitud (m)	Longitud comercial (m)	Cantidad de perfiles	Peso unitario (Kg)	Peso (Kg)
PG 100x50x15x2	357,0	6	59,50	19,78	1176,817167
PU 100x50x2	114,2	6	19,04	18,24	347,2622064
PG 200x50x15x2	301,7	6	50,29	29,85	1501,205707
PGC 200x50x2	57,1	6	9,52	27,66	263,3024295
CINTA 50x2	64,3	6	10,71	5,81	62,23328881
					3350,820799

Tabla 23

Número de Placas Colaborantes

Número de Placas Colaborantes		
Área total	Área de una plancha 1x6	N°
55,065	6	9,1775

Tabla 24

Volumen de H.S losa aligerada 5cm

Volumen de H.S losa aligerada 5cm		
Área losa	e (m)	Volumen m ³
55,065	0,0695	3,8270175

Tabla 25

Número de planchas de malla electrosoldadas

N° de planchas de malla electrosoldadas		
Área total	Área de una plancha 6,24x2,40	N°
55,065	15	3,671

3.4.4 Análisis de precios unitarios

Los análisis de precios unitarios se pueden observar en los anexos 1.1

3.5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DEL O.E.2.: ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA ESTRUCTURA STEEL FRAMING EN COMPARACIÓN CON UNA ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO POR METROS CUADRADOS

3.5.1 Presupuesto Referencial

Tabla 26

Presupuesto referencial Estructura de Hormigón Armado

PRESUPUESTO REFERENCIAL					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U	Total
1	TRABAJOS PRELIMINARES				
1,1	Limpieza Y Desbroce	M2	60	1,25	75
1,2	Trazado Y Replanteo	M2	60	0,97	58,2
2	CIMENTACIÓN				
2,1	Excavación A Maquina 0<H<1.5	M ³	90	3,22	289,8
2,2	Excavación Para Plintos	M ³	30,375	3,22	97,8075
2,3	Relleno Hidratado Y Compactado con Material Importado	M ³	90	25,00	2250
2,4	Replanteo F' C=210 Kg/Cm2 E=5cm	M ²	2,25	10,00	22,5
2,5	Hormigón Simple En Plintos Fy=4200 Kg/Cm2 F'c 210 Kg/Cm2	Unidad	9	320,00	2880
2,6	Contrapiso E=6cm F' C= Paleteado Con Malla Electrosoldada 4mm@0.15m	M ²	60	16,00	960
2,7	Cadena De Hormigón Incluye Fy=4200 Kg/Cm2 Y F'c= 210 Kg/Cm2	Unidad	12	425,00	5100
3	ESTRUCTURA				
3,1	Malla Electrosoldada 5,5mm@10	Unidad	7,671	80,95	620,96745
3,2	Columnas De Hormigón Armado 6f12mm + 4f8mm F' C=210 Kg/Cm2	Unidad	18	380,00	6840
3,3	Vigas De Hormigón Armado 2f12mm + 4f14mm Y F'c=210 Kg/Cm2	Unidad	12	280,00	3360
3,4	Escalera De Hormigón Armado F' C= 210 Kg/Cm2 Y Fy=4200kg/Cm2	Unidad	1	1.500,00	1500
3,5	Fundición De Losa Incluye Acero F' C=210 Kg/Cm2	M3	17,72676	220,00	3899,8872
3,6	Bloque De Alivianamiento	Unidad	221	3,63	802,23
					28756,39

3.5.2 Costo por Metro Cuadrado de Construcción

$$\frac{28756.39 \$}{115} = 250,06 \$ m^2$$

3.6 ANÁLISIS COMPARATIVO ECONÓMICO

Cuando se requiere elegir un sistema estructural para la ejecución de un proyecto, el factor económico es uno de los puntos con mayor relevancia a tomar en consideración, por lo que es imprescindible realizar un análisis comparativo económico entre los dos sistemas para determinar cual resulta ser el más rentable.

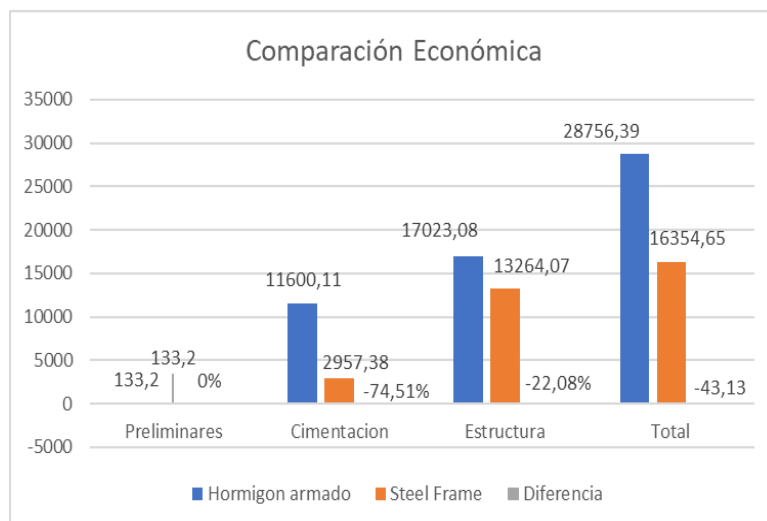
Tabla 27

Comparativa Económica entre Rubros de Estructura de H.A. y S.F.

Rubro	Hormigón armado \$	Steel Frame \$	Diferencia %
Preliminares	133,2	133,2	0
Cimentación	11600,11	2957,38	-74,51
Estructura	17023,08	13264,07	-22,08
Total	28756,39	16354,65	-43,13

Figura 47

Comparación Económica H.A y S.F.



Como se puede apreciar en la imagen, existe una diferencia de aproximadamente \$ 13,000 resultando la estructura Steel Framing más económica con

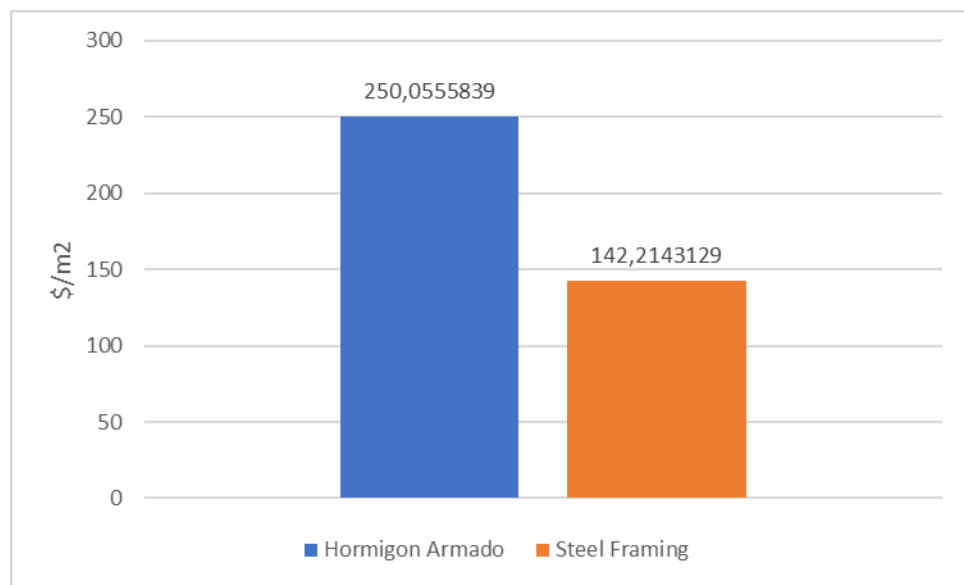
respecto a la de hormigón armado, lo que representa una reducción 43.13% en los costos totales del proyecto. Si separamos los rubros, la cimentación del Steel Framing es más económica en un 74.51% y en la estructura correspondiente del 22,08 % en comparación con estructura tradicional.

3.7 COSTO POR METRO CUADRADO

En este apartado se obtienen una diferencia de \$ 107.85 por metro cuadrado.

Figura 48

Costo por Metro Cuadrado H.A. y S.F.



CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Se realizó el análisis del modelo matemático por el método dinámico no lineal donde se determinó que la estructura propuesta en el estudio tiene un comportamiento adecuado frente a eventos sísmicos. Para el presente diseño, por el método Steel Framing, es necesario ubicar los montantes y las vigas a una distancia de 40 cm para cumplir con los requerimientos de la estructura, y con respecto al análisis dinámico modal espectral, según la norma NEC, se realizó el control de derivas en un punto de la estructura determinando así el cumplimiento de la norma obteniendo derivas de menos del 1 %.

Se realizó el análisis de presupuestos referenciales de una estructura Steel Framing y de una estructura tradicional de Hormigón Armado, describiendo la comparativa en costos por m² y costos totales dando como resultado Steel Framing 43,13% más económica concluyendo que en efecto, la estructura Steel framing es más viable según el aspecto económico.

RECOMENDACIONES

Se recomienda analizar la viabilidad de realizar este tipo de estructuras tanto con la metodología del piso húmedo y piso seco con la finalidad de obtener una comparativa entre ambos métodos.

Se recomienda en base a los resultados obtenidos en el análisis dinámico no lineal realizar este tipo de estructuras o proyectos en tipo de suelos cuya aceleración sea menor.

En base a los resultados obtenidos en esta tesis se recomienda realizar un análisis comparativo entre la viabilidad tanto estructural como económica de las estructuras Steel framing con una estructura tradicional.

Realizar un análisis detallado donde se definan tiempos y costos que se presenten al momento de ejecutar la construcción de este sistema constructivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar Falconí, R. (2012). *Dinámica de estructuras con CEINCI-LAB*. Quito: Centro de Investigaciones Científicas ESPE.
https://www.researchgate.net/profile/Roberto-Aguiar/publication/279914782_Dinamica_de_Estructuras_con_CEINCI-LAB/links/559dd0ea08ae04e36508ffda/Dinamica-de-Estructuras-con-CEINCI-LAB.pdf
- AISI. (2016). *North American Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members, 2016 Edition With Supplement 1*. CSA Group.
<https://www.udocz.com/apuntes/48233/manual-de-diseno-aisi-2016>
- Alquimodul. (11 de febrero de 2016). *Viviendas sociales prefabricadas*. Alquimodul:
<https://www.alquimodul-peru.com/noticias/viviendas-sociales-prefabricadas/>
- Álvarez Echeverría, F. (2015). *Implementación de nuevas tecnologías: valuación, variables, riesgos y escenarios tecnológicos*. San Salvador: UFG Editores.
<http://hdl.handle.net/11592/8803>
- Arquitectura en acero. (s.f.). *Uso y materiales del acero*. Arquitectura en acero:
<https://www.arquitecturaenacero.org/uso-y-aplicaciones-del-acero/materiales/steel-deck-o-losa-colaborante>
- Avilés Balón, M. J. (2018). *Evaluación de riesgo sísmico de viviendas unifamiliares de Vinces*. Tesis de Grado, Universidad de Guayaquil, Ingeniería Civil, Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/32391>
- Baque Domínguez, E., & Lema Cefla, J. (2013). *Plan de Gestión de Riesgos Geológicos y de Infraestructuras para la población de Monteverde desde el Análisis Estructural del Complejo de gas de Monteverde*. Tesis, Universidad Estatal Península de Santa Elena, Escuela de Petróleo, Santa Elena.
<https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/1567/1/PLAN%20DE%20GESTI%C3%93N%20DE%20RIESGOS%20GEOL%C3%93GICOS%20Y%20DE.pdf>
- Cáceres Gaibor, C. (2018). *Análisis comparativo técnico-económico de un sistema tradicional aporricado y un sistema estructural liviano para la construcción de viviendas*. Tesis de Pregrado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Escuela de Civil, Quito.
<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/14631/Tesis%20corregida.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- CayoPalm Beach. (2012). *Galería Casas Hilos de Plata*. Obtenido de CayoPalm Beach S.A. Steel Framing System: <http://cayopalmbeach.com.ec/#!/galeria3>
- Cevallos, C. (2017). *Análisis de la relación de la frecuencia fundamental de una estructura con la deriva inelástica de piso en una estructura irregular de 5 pisos*. Tesis de Grado, Universidad Técnica de Ambato, Ingeniería Civil, Ambato.
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26844/1/Tesis%201184%20-%20Cevallos%20Barzallo%20C%C3%A9sar%20Eduardo.pdf>
- Chicaiza, Á. (2018). *FSplines: una aplicación informática para análisis lineal de estabilidad de perfiles abiertos de pared fina*. Tesis de Maestría, Instituto

- Politécnico de Leiria, Ingeniería Civil, Leiria.
https://www.researchgate.net/publication/340087591_FSplines_una_aplicacion_informatica_para_analisis_lineal_de_estabilidad_de_perfiles_abiertos_de_pared_fina
- Crespo Salcedo, G., & Flores Rivera, J. (2018). *Análisis dinámico no lineal en 3D del Hospital Regional “Vicente Corral Moscoso” de la ciudad de Cuenca, provincia del Azuay en el estado actual que presenta la estructura*. Trabajo de Grado, Universidad del Azuay, Ingeniería Civil y Gerencia de Construcciones, Cuenca. Obtenido de <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/8408>
- Crisafulli, F. J. (2012). *Diseño sismorresistente de construcciones de acero* (Segunda ed.). Santiago de Chile: Alacero.
http://www.arquitecturaenacero.org/sites/default/files/adjuntos/disenio_sismorresistente_de_construcciones_de_acero-2da_ed.pdf
- De Monserrat Navarro, A. (2013). *Relación entre el periodo fundamental de vibración y el índice de daño de un edificio de hormigón armado*. Trabajo final de Maestría, Universidad Politecnica de Catalunya, Ingeniería Sísmica, Barcelona.
<http://hdl.handle.net/2099.1/18835>
- Echeverría Márquez, B. F. (2021). *Análisis comparativo técnico-económico de un edificio de sistema estructural de hormigón armado y disipadores sísmicos, con losas de hormigón armado tradicional, postensado y placa colaborante*. Escuela Politécnica Nacional, Ingeniería Civil y ambiental, Quito.
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21947>
- Educalingo. (s.f.). *Diccionario*. Recuperado el 07 de Julio de 2022, Educalingo:
<https://educalingo.com/es/dic-es/sismicidad>
- Engleder, T., & Gould, W. (2010). Seismic performance of sheet steel deck in shear diaphragm design. *Steel Construction*, 3(2), 112-119.
<https://doi.org/10.1002/stco.201010015>
- Instituto Uruguayo de la Construcción en Seco. (s.f.). *2do. Congreso de Steel Frame en San Pablo*. IUCOSE: <http://www.iucose.com.uy/espanol/2do-congreso-de-steel-frame-en-san-pablo-14?nid=22>
- López Ávila, M., Larrúa Quevedo, J., & Recarey Morfa, C. (2007). Un nuevo sistema de diseño de embuticiones en láminas de acero para maximizar resistencia de losas compuestas. *Ingeniería de la Construcción*, 22(3), 145-156.
<https://www.scielo.cl/pdf/ric/v22n3/art01.pdf>
- Martínez, D., & Cueto, G. (2012). *Steel Framing*. Tesis de grado, Universidad de la República (Uruguay), Facultad de Arquitectura.
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/4323/5/MAR33.pdf>
- Mayor Santos, I. M. (2004). *studio técnico económico del sistema de placa colaborante acero - Deck*. Universidad Nacional de Ingeniería.
<http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3250603?show=full>
- Medina, C., & Núñez, A. (2018). *Diseño por desempeño de un edificio de hormigón armado utilizando el método de análisis tiempo-historia*. Tesis, Universidad Técnica de Ambato, Ingeniería Civil, Ambato.
<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/27236>
- MIDUVI. (2014). *NEC-SE-VIVIENDA*. (MIDUVI, Ed.) Recuperado el 14 de julio de 2022, de Capítulos de la NEC:

- <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>
- MIDUVI. (2015). *NEC-SE-ACERO*. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/NEC-SE-AC-Estructuras-de-Acero.pdf>
- MIDUVI. (2015). *NEC-SE-DS*. Recuperado el 22 de julio de 2022, Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>
- MIDUVI. (2021). *Déficit habitacional de vivienda*. Recuperado el 10 de julio de 2022, de MIDUVI: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/deficit-habitacional-nacional/>
- Moncayo Theurer, M., Velasco, G., Mora, C., Montenegro, M., & Córdova, J. (2017). Terremotos mayores a 6.5 en escala Richter ocurridos en Ecuador desde 1900 hasta 1970. *Ingeniería*, 21(2), 55-64. <https://www.redalyc.org/journal/467/46753192005/html/>
- Moreno Fernández, E. (2008). *Corrosión de armaduras en estructuras de hormigón: Estudio experimental de la variación de la ductilidad en armaduras corroídas aplicando el criterio de acero equivalente*. Tesis doctoral, Universidad Carlos III de Madrid, Ciencia e Ingeniería de Materiales e Ingeniería Química, Leganés. <http://hdl.handle.net/10016/5095>
- Morocho Narváez, N. (2020). *Análisis Comparativo Estructural y Constructivo de una Edificación de cuatro pisos entre el Sistema Steel Framing, el hormigón armado y la estructura metálica*. Tesis de Pregrado, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ciencias de la Tierra y la Construcción, Sangolquí. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/21883/1/T-ESPE-043480.pdf>
- Muñoz, D. (1989). Conceptos básicos en Riesgo Sísmico. *Física de la Tierra*(1), 199-215. https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=conceptos+basico+s+en+riesgo+sismico&btnG=
- Núñez Palacios, A. (2018). *Diseño por desempeño de un edificio de hormigón armado utilizando el método de análisis tiempo-historia*. Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato, Ingeniería Civil, Ambato. <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/27236>
- Once, C., & Panchana, G. (2021). *Análisis estructural y verificación de propuesta de reforzamiento para construcción de el cuarto piso en el pabellón de 9 aulas de la unidad educativa teodoro wolf, del cantón Santa Elena*. Tesis de Pregrado, Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ingeniería Civil. <https://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/46000/5955/UPSE-TIC-2021-0003.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ortiz Naranjo, J. J. (2017). *Plan de negocios para la creación de una empresa dedicada a ofrecer servicios de reparación de viviendas catalogadas como recuperables en la provincia de Manabí, usando la tecnología de construcción Steel Framing*. (Tesis de Maestría), Universidad de las Américas, Facultad de Posgrado, Quito. <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/7305>
- Peña Mondragón, F. (2010). Estrategias para el modelado y el análisis sísmico de estructuras históricas. *Ingeniería sísmica*(83), 43-63.

- http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-092X2010000200003&lng=es&tlng=es
- Planos y Casas. (5 de Noviembre de 2016). *Que es el Steel Framing*. Planos y Casas: <https://deplanosycasas.com/que-es-steel-framing/>
- Quizhpilema Piray, A. (2017). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del edificio de aulas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central del Ecuador, utilizando la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-RE, 2015)*. Universidad Central del Ecuador, Ingeniería Civil. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/9608>
- Ramos Ruiz Flores, J. (2013). *Simulación numérica y experimental de estructuras de acero rolado en frío por hundimientos diferenciales asociados al fenómeno de subsidencia*. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Centro de Ciencias del Diseño y de la Construcción. <http://hdl.handle.net/11317/953>
- Rincón Ponce, O., & Sánchez Manjarres, R. (2020). *Análisis sistemático de metodologías empleadas para la medición cualitativa y cuantitativa de la vulnerabilidad sísmica de estructuras*. Trabajo de Pregrado, Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Ingenierías, Ingeniería Civil, Santa María. <http://hdl.handle.net/20.500.12494/16269>
- Rodríguez Díaz, A. E., & Vergara Pájaro, R. A. (2020). *Estudio de factibilidad para la construcción de viviendas de interés social utilizando el sistema de construcción en seco Steel Framing por medio de una comparación con el sistema de construcción tradicional de mampostería confinada*. Tesis de Grado, Universidad de Cartagena, Ingeniería Civil, Cartagena. <https://hdl.handle.net/11227/10177>
- Salazar Reyes, I. (2018). *Detección de daños en losas colaborantes*. Tesis de Pregrado, Universidad de Chile, Ingeniería Mecánica. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/159295>
- Santos Quispe, D. (2019). *Análisis de la vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas en el distrito de Chilca en el 2017*. Tesis de Grado, Universidad Continental, Ingeniería Civil. <https://core.ac.uk/download/pdf/266975184.pdf>
- Sarmanho Freitas, A., & Moraes De Crasto, R. (2007). *Steel Framing: Arquitectura*. Santiago de Chile: ALACERO. https://www.academia.edu/24209499/Steel_Framing_Arquitectura_ILAFA_a_hora_es_Alacero
- Sigcha Moya, M. (2019). *Modelo de gestión de costos con enfoque PMI, en el sistema constructivo Steel Framing de Ecoframe, en la constructora Ambar Constructores*. Tesis de Maestría, Universidad de Las Américas, Escuela de Negocios. <https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/11729/1/UDLA-EC-TMAED-2019-35.pdf>
- Soriano, K. (2022). *Estudio del desempeño de disipadores con diagonales de arriostamiento de pandeo restringido para una estructura de acero y su comparación con el desempeño de una estructura de acero sin diagonales y con diagonales*. Tesis de Pregrado, Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ingeniería Civil.

- <https://repositorio.upse.edu.ec/browse?type=author&value=Soriano+Castillo%2C+Katherine+Lisbeth>
- Soriano, S. &. (2022). *Estudio del desempeño de disipadores con diagonales de arriostramiento de pando restringido para una estructura de acero y su comparación con el desempeño de una estructura de acero sin diagonales y con diagonales*.
- Torres, W. (5 de Junio de 2021). El déficit de vivienda alcanza a 2,7 millones de unidades, según Miduvi. *Primicias*.
<https://www.primicias.ec/noticias/economia/miduvi-deficit-vivienda-ecuador/>
- Vargas Saltos, M. E. (2016). *Propuesta de vivienda unifamiliar modulada, considerando la vulnerabilidad sísmica de una zona urbano – residencial en Anconcito, Ecuador*. Tesis de Maestría, Universidad de Guayaquil, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Guayaquil.
<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/36614>
- Villacís Carrera, C. (2021). *Análisis no lineal de edificaciones de hormigón armado con muros estructurales, con y sin vigas de acople, diseñados con la NEC 2015*. Tesis (Magister en Ingeniería Civil), Universidad San Francisco de Quito, Colegio de Posgrado, Quito.
<http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/10919>
- Villao Borbor, J. (2014). *Efecto de la gestión de calidad y de seguridad ocupacional en la eficiencia de los procesos constructivos en las obras civiles. Diseño de una metodología de trabajo para el Gobierno Autónomo Descentralizado de Santa Elena*. Tesis de Maestría, Universidad de Guayaquil, Posgrado, Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/8009>
- Zúñiga Cuevas, O., & Amador Terán, G. (2008). Evaluación basada en desplazamientos de edificaciones de mampostería confinada. *Revista de Ingeniería Sísmica*(79), 25-48.
<https://www.scielo.org.mx/pdf/ris/n79/n79a2.pdf>

ANEXOS

1.1 Análisis de precios unitarios en Steel framing.

PROYECTO:	CONSTRUCCION DE CASA STEEL FRAME				
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	1,1	UNIDAD:	M2		
DETALLE:	LIMPIEZA Y DESBROCE				
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O Retroexcavadora	1,000	4,3750	4,3750	0,0500	0,0373 0,2190
SUBTOTAL M =					0,2563
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	JORNAL /HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peon	1,000	3,6300	3,6300	0,1000	0,3630
Op de Retroexcavadora	1,000	3,8200	3,8200	0,1000	0,3820
SUBTOTAL N =					0,7450
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P =					0,0000
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					1,0013
INDIRECTOS Y UTILIDAD 25,00%					0,2503
OTROS INDIRECTOS %					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					1,2516
VALOR OFERTADO					\$ 1,25

PROYECTO: CONSTRUCCION DE CASA STEEL FRAME					
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	1,2	UNIDAD:	M2		
DETALLE:	TRAZADO Y REPLANTEO				
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					0,0254
Equipo topografico	1,000	4,0000	4,0000	0,0400	0,1600
SUBTOTAL M =					0,1854
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
(CATEGORIAS)		B	C=A*B	R	D=C*R
Peon (estr.ocp. E2)	1,000	3,7000	3,7000	0,0400	0,1480
Maestro (estr.ocp. C1)	1,000	4,2000	4,2000	0,0040	0,0168
Topografo	1,000	5,0000	5,0000	0,0400	0,2000
Cadenero	1,000	3,6000	3,6000	0,0400	0,1440
SUBTOTAL N =					0,5088
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C=A*B	
Tablas de Encofrado semidura	u	0,007	4,0000	0,0267	
Cuarton semiduras	u	0,017	3,0000	0,0500	
Pintura spray	u	0,002	2,5000	0,0050	
Clavo 2"x 8	Lb	0,002	0,9000	0,0018	
Cementina (25kg)	sc	0,000	2,0000	0,0001	
SUBTOTAL O =					0,0836
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C=A*B	
SUBTOTAL P =					0,0000
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					0,7778
INDIRECTOS Y UTILIDAD				25,00%	0,1945
OTROS INDIRECTOS				%	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					0,9723
VALOR OFERTADO					\$ 0,97

PROYECTO: CONSTRUCCION DE CASA STEEL FRAME					
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	2,1	UNIDAD:	M3		
DETALLE:	Excavacion a maquina 0 < H < 2 m				
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					0,0394
Retroexcavadora	1,000	35,0000	35,0000	0,0500	1,7500
SUBTOTAL M =					1,7894
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	JORNAL /HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peon	1,000	3,6300	3,6300	0,1000	0,3630
Maestro	1,000	4,2000	4,2000	0,0100	0,0420
Op de Retroexcavadora	1,000	3,8200	3,8200	0,1000	0,3820
SUBTOTAL N =					0,7870
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL O =				0,0000	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P =				0,0000	
		TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)			2,5764
		INDIRECTOS Y UTILIDAD . 25,00%			0,6441
		OTROS INDIRECTOS %			
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			3,2205
		VALOR OFERTADO			\$ 3,22

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	2,2	UNIDAD:	M3		
DETALLE:	RELLENO HIDRATADO Y COMPACTADO CON MATERIAL IMPORTADO				
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					0,1473
Compactador manual	1,000	3,7500	3,7500	0,3636	1,3636
SUBTOTAL M =					1,5109
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
(CATEGORIAS)	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Peon (estr.ocp. E2)	2,000	3,6300	7,2600	0,3636	2,6400
Maestro (estr.ocp. C1)	1,000	4,2000	4,2000	0,0727	0,3055
SUBTOTAL N =					2,9455
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C=A*B	
Casajo mediano y fino	m3	1,200	5,5000	6,6000	
Agua	m3	0,150	1,4000	0,2100	
SUBTOTAL O =				6,8100	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C=A*B	
SUBTOTAL P =				0,0000	
			TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)		11,2664
			INDIRECTOS Y UTILIDAD 25,00%		2,8166
			OTROS INDIRECTOS %		
			COSTO TOTAL DEL RUBRO		14,0830
La Libertad 4 Agosto 2020			VALOR OFERTADO	\$	14,08

PROYECTO:	CONSTRUCCION DE CASA STEEL FRAME				
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	2,3	UNIDAD:	M2		
DETALLE:	REPLANTILLO FC=140Kg/cm2 e=0,05				
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					0,1976
Concretera de 1 Saco	1,000	4,3750	4,3750	0,1330	0,5819
SUBTOTAL M =					0,7795
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
(CATEGORIAS)	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Peon (estr.ocp. E2)	5,000	3,6300	18,1500	0,1330	2,4140
Albañil (estr.ocp. D2)	2,000	3,6800	7,3600	0,1330	0,9789
Maestro (estr.ocp. C1)	1,000	4,2000	4,2000	0,1330	0,5586
SUBTOTAL N =					3,9515
MATERIALES					
DESCRIPCION		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
			A	B	C=A*B
Cemento tipo I(50 Kg)		kg	0,310	8,7000	2,6970
Piedra 3/4"		m3	0,050	22,9900	1,1495
Arena		m3	0,040	20,0000	0,8000
Agua		m3	0,020	0,7500	0,0150
SUBTOTAL O =					4,6615
TRANSPORTE					
DESCRIPCION		UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C=A*B
SUBTOTAL P =					0,0000
		TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)			9,3925
		INDIRECTOS Y UTILIDAD .. 25,00%			2,3481
		OTROS INDIRECTOS %			
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			11,7406
		VALOR OFERTADO			\$ 11,74

PROYECTO:	CONSTRUCCION DE CASA STEEL FRAME				
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	2,4	UNIDAD:	M3		
DETALLE:	Hormigon simple en losa f'c=210kg/cm2				
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					0,4984
Vibrador de Manguera	1,000	3,5000	3,5000		
SUBTOTAL M =					0,4984
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
(CATEGORIAS)	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Peon (estr.ocp. E2)	5,000	3,6300	18,1500	0,3200	5,8080
Albañil (estr.ocp. D2)	2,000	3,6800	7,3600	0,3200	2,3552
Carpintero (estr.ocp. D2)	1,000	3,6800	3,6800	0,1250	0,4600
Maestro (estr.ocp. C1)	1,000	4,2000	4,2000	0,3200	1,3440
SUBTOTAL N =					9,9672
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C=A*B	
Hormigon premezclado f'c= 210 kg/cm2	m3	1,000	90,0000	90,0000	
Encofrado	m2	1,000	10,0000	10,0000	
SUBTOTAL O =				100,0000	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C=A*B	
SUBTOTAL P =				0,0000	
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					110,4656
INDIRECTOS Y UTILIDAD 25,00%					27,6164
OTROS INDIRECTOS %					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					138,0820
VALOR OFERTADO					\$ 138,08

PROYECTO:	CONSTRUCCION DE CASA STEEL FRAME					
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
RUBRO:	2,5	UNIDAD:	KG			
DETALLE:	Malla electrosoldada 5mm@10					
EQUIPOS						
DESCRIPCION		CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
		A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O						0,1858
SUBTOTAL M =						0,1858
MANO DE OBRA						
DESCRIPCION		CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
(CATEGORIAS)		A	B	C=A*B	R	D=C*R
Peon (estr.ocp. E2)		2,000	3,630	7,260	0,3200	2,3230
Fierrero (estr.ocp. D2)		1,000	3,680	3,680	0,0300	0,1100
Maestro (estr.ocp. C1)		1,000	4,200	4,200	0,3200	1,3440
SUBTOTAL N =						3,7770
MATERIALES						
DESCRIPCION			UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
				A	B	C=A*B
malla electrosoldada 5mm@10			kg	1,050	57,9000	60,7950
SUBTOTAL O =						60,7950
TRANSPORTE						
DESCRIPCION			UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
				A	B	C=A*B
SUBTOTAL P =						0,0000
			TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)			64,7578
			INDIRECTOS Y UTILIDAD 25,00%			16,1895
			OTROS INDIRECTOS %			
			COSTO TOTAL DEL RUBRO			80,9473
			VALOR OFERTADO			\$ 80,95

PROYECTO:	CONSTRUCCION DE CASA STEEL FRAME					
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
RUBRO:	3,1	UNIDAD:	KG			
DETALLE:	Malla electrosoldada 5mm@10					
EQUIPOS						
DESCRIPCION		CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
		A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O						0,1858
SUBTOTAL M =						0,1858
MANO DE OBRA						
DESCRIPCION		CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
(CATEGORIAS)		A	B	C=A*B	R	D=C*R
Peon (estr.ocp. E2)		2,000	3,630	7,260	0,3200	2,3230
Fierrero (estr.ocp. D2)		1,000	3,680	3,680	0,0300	0,1100
Maestro (estr.ocp. C1)		1,000	4,200	4,200	0,3200	1,3440
SUBTOTAL N =						3,7770
MATERIALES						
DESCRIPCION			UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
				A	B	C=A*B
malla electrosoldada 5mm@10			kg	1,050	57,9000	60,7950
SUBTOTAL O =						60,7950
TRANSPORTE						
DESCRIPCION			UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
				A	B	C=A*B
SUBTOTAL P =						0,0000
			TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)			64,7578
			INDIRECTOS Y UTILIDAD 25,00%			16,1895
			OTROS INDIRECTOS %			
			COSTO TOTAL DEL RUBRO			80,9473
			VALOR OFERTADO			\$ 80,95

PROYECTO:	CONSTRUCCION DE CASA STEEL FRAME						
						1	0
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
RUBRO:	3,2	UNIDAD:	KG				
DETALLE:	Acero conformado en frio						
EQUIPOS							
DESCRIPCION		CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
		A	B	C=A*B	R	D=C*R	
Herramienta menor 5 % M/O						0,1858	
SUBTOTAL M =						0,1858	
MANO DE OBRA							
DESCRIPCION		CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
(CATEGORIAS)		A	B	C=A*B	R	D=C*R	
Peon (estr.ocp. E2)		2,000	3,630	7,260	0,0150	0,1090	
Fierrero (estr.ocp. D2)		2,000	3,680	7,360	0,0150	0,1100	
Maestro (estr.ocp. C1)		1,000	4,200	4,200	0,1600	0,6720	
SUBTOTAL N =						0,8910	
MATERIALES							
DESCRIPCION			UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
				A	B	C=A*B	
Perfiles G y C			kg	1,000	0,5600	0,5600	
Tornillo T1 #8 x 1/2			u	5,000	0,020	0,100	
tornillo autorroscable			u	25,000	0,030	0,750	
cintas de acero 5x2mm			kg	1,000	0,300	0,300	
SUBTOTAL O =						1,7100	
TRANSPORTE							
DESCRIPCION			UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
				A	B	C=A*B	
SUBTOTAL P =						0,0000	
			TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)			2,7868	
			INDIRECTOS Y UTILIDAD ... 25,00%			0,6967	
			OTROS INDIRECTOS %				
			COSTO TOTAL DEL RUBRO			3,4835	
			VALOR OFERTADO			\$ 3,48	

PROYECTO:	CONSTRUCCION DE CASA STEEL FRAME					
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
RUBRO:	3,3	UNIDAD:	KG			
DETALLE:	Placa colaborante Galvanizada ,65mm 6m 0,97					
EQUIPOS						
DESCRIPCION		CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
		A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O						0,1858
SUBTOTAL M =						0,1858
MANO DE OBRA						
DESCRIPCION		CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
(CATEGORIAS)		A	B	C=A*B	R	D=C*R
Peon (estr.ocp. E2)		2,000	3,630	7,260	0,0150	0,1090
Fierrero (estr.ocp. D2)		1,000	3,680	3,680	0,0150	0,0550
Maestro (estr.ocp. C1)		1,000	4,200	4,200	0,1600	0,6720
SUBTOTAL N =						0,8360
MATERIALES						
DESCRIPCION			UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
				A	B	C=A*B
Placa colaborante Galvanizada ,65mm 6m 0,97			u	1,000	63,3900	63,3900
SUBTOTAL O =						63,3900
TRANSPORTE						
DESCRIPCION			UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
				A	B	C=A*B
SUBTOTAL P =						0,0000
			TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)			64,4118
			INDIRECTOS Y UTILIDAD 25,00%			16,1030
			OTROS INDIRECTOS %			
			COSTO TOTAL DEL RUBRO			80,5148
			VALOR OFERTADO			\$ 80,51

PROYECTO:	CONSTRUCCION DE CASA STEEL FRAME					
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
RUBRO:	3,4	UNIDAD:	M3			
DETALLE:	Hormigon simple en losa f'c=210kg/cm2					
EQUIPOS						
DESCRIPCION		CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
		A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O						0,4984
Vibrador de Manguera		1,000	3,5000	3,5000		
SUBTOTAL M =						0,4984
MANO DE OBRA						
DESCRIPCION		CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
(CATEGORIAS)		A	B	C=A*B	R	D=C*R
Peon (estr.ocp. E2)		5,000	3,6300	18,1500	0,3200	5,8080
Albañil (estr.ocp. D2)		2,000	3,6800	7,3600	0,3200	2,3552
Carpintero (estr.ocp. D2)		1,000	3,6800	3,6800	0,1250	0,4600
Maestro (estr.ocp. C1)		1,000	4,2000	4,2000	0,3200	1,3440
SUBTOTAL N =						9,9672
MATERIALES						
DESCRIPCION			UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
				A	B	C=A*B
Hormigon premezclado f'c= 210 kg/cm2			m3	1,000	90,0000	90,0000
Encofrado			m2	1,000	10,0000	10,0000
SUBTOTAL O =						100,0000
TRANSPORTE						
DESCRIPCION			UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
				A	B	C=A*B
SUBTOTAL P =						0,0000
			TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)			110,4656
			INDIRECTOS Y UTILIDAD 25,00%			27,6164
			OTROS INDIRECTOS %			
			COSTO TOTAL DEL RUBRO			138,0820
			VALOR OFERTADO			\$ 138,08

PROYECTO:	CONSTRUCCION DE CASA STEEL FRAME				
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	3,50	UNIDAD:	U		
DETALLE:	CONECTOR Y VARILLA ROSCADA PARA ANCLAJE				
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					0,1858
SUBTOTAL M =					0,1858
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
(CATEGORIAS)	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Peon (estr.ocp. E2)	2,000	3,630	7,260	0,0150	0,1090
Maestro (estr.ocp. C1)	1,000	4,200	4,200	0,0150	0,0630
SUBTOTAL N =					0,1720
MATERIALES					
DESCRIPCION		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
			A	B	C=A*B
Mensula de anclaje 365x75mm		u	1,000	0,8000	0,8000
Varilla roscada tipo J		u	1,000	0,600	0,6000
Tornillos de union		u	16,000	0,0200	0,3200
SUBTOTAL O =					1,7200
TRANSPORTE					
DESCRIPCION		UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C=A*B
SUBTOTAL P =					0,0000
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					2,0778
INDIRECTOS Y UTILIDAD				25,00%	0,5195
OTROS INDIRECTOS				%	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					2,5973
VALOR OFERTADO				\$	2,60