

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN CANTAURA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN DE LAS DIFERENTES TIPOLOGÍAS
ESTRUCTURALES EN LAS VIVIENDAS UNIFAMILIARES DE
LA GRAN MISIÓN VIVIENDA VENEZUELA (GMVV) EN EL
ESTADO ANZOÁTEGUI, USANDO EL MÉTODO DE ANÁLISIS
DE CICLO DE VIDA (ACV)**

Autor(es):

Br. Lara, Andrés Alfredo

Br. Díaz Padrón, Arturo Alejandro

Trabajo de Grado presentado ante la Universidad de Oriente como
Requisito para optar al Título de:

INGENIERO CIVIL

Cantaura, marzo de 2023

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN CANTAURA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN DE LAS DIFERENTES TIPOLOGÍAS
ESTRUCTURALES EN LAS VIVIENDAS UNIFAMILIARES DE
LA GRAN MISIÓN VIVIENDA VENEZUELA (GMVV) EN EL
ESTADO ANZOÁTEGUI, USANDO EL MÉTODO DE ANÁLISIS
DE CICLO DE VIDA (ACV)**

Tutor Académico

Prof. Laurimar Rojas

Trabajo de Grado presentado ante la Universidad de Oriente como
Requisito para optar al Título de:

INGENIERO CIVIL

Cantaura, marzo de 2023

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN CANTAURA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN DE LAS DIFERENTES TIPOLOGÍAS
ESTRUCTURALES EN LAS VIVIENDAS UNIFAMILIARES DE
LA GRAN MISIÓN VIVIENDA VENEZUELA (GMVV) EN EL
ESTADO ANZOÁTEGUI, USANDO EL MÉTODO DE ANÁLISIS
DE CICLO DE VIDA (ACV)**

El Jurado hace constar que asignó a esta a Tesis la Calificación de:

APROBADO

Prof. González, Anabel
Jurado Principal

Prof. Rondón, Elys
Jurado Principal

Trabajo de Grado presentado ante la Universidad de Oriente como
Requisito para optar al Título de:

INGENIERO CIVIL

Cantaura, marzo de 2023

RESOLUCIÓN

De acuerdo al artículo 41 del Reglamento de Trabajos de Grado:

“Los trabajos de grado son de exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizados a otros fines, con el consentimiento del Consejo de Núcleo quien lo participara al Consejo Universitario”



DEDICATORIA

A Dios, por ser nuestro respaldo en cada meta y objetivo planteado. Por colocar a nuestro lado familiares y amigos que nos impulsen a cumplir nuestros sueños y ser un mejor ser humano cada día.

A mis padres, por el amor, la crianza, la humildad y el esfuerzo brindado para hacerme un buen hijo, hermano, amigo. Un ciudadano respetuoso y presto a ayudar.

A la Universidad de Oriente – Extensión Cantaura, por las experiencias vividas, por ser más que una casa de estudio, por forjarnos más que como profesionales, como seres humanos capaces de enfrentar distintas situaciones que puedan presentarse en la vida.

En especial a mi mamá, por ser el empuje, cariño, amor, carácter, fortaleza, humildad, sacrificio y dedicación para lograr que su hijo sea un profesional.

Arturo A. Díaz P.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo especialmente a mi madre Arysay Lara, quien contra todo tipo de adversidades me dio todo lo que estuvo a su alcance para hacerme un hombre con valores y principios. Y el solo hecho de estar aquí hoy cumpliendo con esta meta es fruto de todo su esfuerzo y dedicación. Te amo madre.

A la Universidad De Oriente – Extensión Cantaura, por ofrecernos las herramientas y los conocimientos a través de su personal docente para hacernos los profesionales que somos hoy.

Andrés A. Lara.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradezco a Dios, por bendecirnos con salud, amor, sabiduría, alegría y firmeza para vivir el día a día, disfrutar, aprender y agradecer cada experiencia.

Agradezco a mis padres, Ana Padrón y Wilfredo Díaz por ser valores y principios para hacerme la persona que soy hoy. Igualmente agradezco a Mercedes de Díaz por ser una madre y amiga, al Ing. Leonel García por ser un padre y ejemplo. A demás familiares y amigos por el amor y el apoyo en cada momento.

Agradezco en especial a la familia Farrera Jiménez, por el apoyo y empuje inigualable dado para que este trabajo de grado haya sido realizado. A la Sra. Lenis de Farrera por ser ejemplo de amor, fe, fortaleza y superación. A Yeniser Farrera le estoy y estaré agradecido toda la vida, simplemente gracias malvada te amo mucho!

Gracias a esos a amigos y familia Udista: Jhosglerkis, Royce, Paul, José, Orianni, Laila, Chiquinquirá, Pedro y Asmirian. Por otra parte agradezco a la Familia Darthenay Ron, Karen, Rosa, y muchos otros que han sido parte de esto. A mi compañero, amigo y hermano Andrés Lara, siempre cuentas conmigo, te amo hermano!

Gracias a nuestra tutora Laurimar Rojas y al profesor Jhonatan Martínez por la paciencia y conocimientos brindados. Demás profesores que durante toda la carrera nos proporcionaron conocimientos para ser los buenos profesionales que podemos ser hoy.

Arturo A. Díaz P.

AGRADECIMIENTOS

A mi Madre Arysay Lara por el apoyo incondicional, por enseñarme que soy capaz de cualquier cosa, por cuidarme siempre, no me alcanzara la vida para agradecerte todo lo que has hecho por mí y mis hermanos.

Agradezco a Edgar Navas quien fue un padre, un amigo, gracias por los consejos y todo por el apoyo.

A mi tío José Lara, has sido un ejemplo a seguir, recuerdo y valoro cada consejo que me has dado a lo largo de mi vida.

A mi hermano Eduardo Correa, a pesar de nuestras diferencias, hemos recorrido muchos caminos apoyándonos el uno al otro. Gracias por todo. También agradezco a su esposa Enelvis Guillen quien me acogió y apoyo en todo momento hasta convertirse en una madre para mí.

Un muy especial agradecimiento a toda la familia Farrera Jiménez, por tomarnos como sus hijos y apoyarnos e impulsarnos a realizar nuestras metas.

A Yeniser Farrera, una persona inigualable, no existen palabras para agradecer todo tu apoyo, toda la paciencia y sobre todo paciencia, has sido el mejor ejemplo de amistad que he conocido y más recientemente, el mejor ejemplo de novia, Te amo muchísimo.

A los amigos que hicieron parte de este camino: Duly, Paul, Roy, Laila, Orianny, Asmiriam, José, Pedro, Chiqui, Karen, Rosa, Vivi.

A mi compañero de Tesis y hermano de vida Arturo, hemos recorrido muchos caminos juntos y los que faltan, Te amo mijo.

Andrés A. Lara.

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN CANTAURA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN DE LAS DIFERENTES TIPOLOGÍAS ESTRUCTURALES EN
LAS VIVIENDAS UNIFAMILIARES DE LA GRAN MISIÓN VIVIENDA
VENEZUELA (GMVV) EN EL ESTADO ANZOÁTEGUI, USANDO EL
MÉTODO DE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA (ACV).**

Tutor:
Prof. Rojas, Laurimar

Autor (es):
Br. Lara, Andrés.
Br. Díaz, Arturo.
Cantaura marzo de 2023

RESUMEN

La investigación evaluó el Impacto Ambiental en Viviendas Unifamiliares de la Gran Misión Vivienda Venezuela en el Estado Anzoátegui, estudiando Cuatro Modelos: Decovensa, Construfácil, Kariña y Cuyuni; rigiéndose por la Metodología del Análisis de Ciclo de Vida (ACV), bajo los requisitos de la Norma ISO 14040, mediante el uso del Programa ATHENA Impact Estimator for Building 5.1.01 (2015). Se identificaron las Tipologías según la Norma COVENIN 1756-1-2001 Edificaciones Sismorresistente. Se aplicó un Análisis Estático No Lineal (AENL), utilizando el Software ETABS (2015). Obteniendo del ACV el Modelo que más impacta al Ambiente es Construfácil, seguido por Decovensa, Kariña y Cuyuni. El AENL, arrojó que todos los modelos presentan el Mecanismo de Falla de Columna Débil - Viga Fuerte, siendo este el incorrecto. Lo adecuado es Columna Fuerte - Viga Débil.

Palabras Claves: Vivienda, Ambiente, Análisis de Ciclo de Vida (ACV), "Pushover", Análisis Estático No Lineal (AENL).

INDICE GENERAL

RESOLUCIÓN	iv
DEDICATORIA	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS.....	vii
AGRADECIMIENTOS.....	viii
RESUMEN.....	x
INDICE GENERAL.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xvii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xx
ÍNDICE DE GRAFICOS	xxiii
INTRODUCCIÓN	xxv
CAPITULO I.....	27
EL PROBLEMA.....	27
1.1.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:	27
1.2. OBJETIVOS:.....	30
1.2.1. Objetivo General:	30
1.2.2. Objetivos Específicos:	30
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN:	31
1.4. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN:	32
CAPÍTULO II	34
MARCO TEÓRICO	34
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN:	34
2.2. BASES TEÓRICAS:	36
2.2.1. Sismología en Venezuela:.....	36
2.2.2. Análisis Estructural:.....	39
2.2.3. Diseño Sismorresistente:.....	41

2.2.4. Zonificación Sísmica de Venezuela:.....	41
2.2.5. Movimientos de Diseño:	45
2.2.6. Formas Espectrales Tipificadas de los Terrenos de Fundación:.....	46
2.2.7. Clasificación de Edificaciones según el Uso:	47
2.2.8. Factor de Importancia:.....	49
2.2.9. Clasificación según el Nivel de Diseño:.....	50
2.2.10. Niveles de Diseño Requeridos:	50
2.2.11. Tipologías:.....	51
2.2.12. Factor de Reducción de Respuesta:	54
2.2.13. Clasificación según la Regularidad de la Estructura:	55
2.2.13.1. Edificación de Estructura Regular:.....	55
2.2.13.2 Edificación de Estructura Irregular:	55
2.2.14. Tipos de Espectros:.....	59
2.2.14.1. Espectros de Respuesta Elástica:	59
2.2.14.2. Espectros de Respuesta Inelástica:.....	59
2.2.15. Factor de Modificación de Respuesta R:.....	63
2.2.16. Deriva:	64
2.2.17. Efecto P- Δ :	64
2.2.18. Materiales Elásticos y No Linealmente Elásticos:	66
2.2.19. Propiedades Mecánicas de los Materiales:	66
2.2.20. Comportamiento del Acero:.....	69
2.2.21. Histéresis:.....	71
2.2.22. Propiedades del Concreto:	71
2.2.23. Metodología de Análisis Estático No Lineal (AENL):.....	72
2.2.23.1. Análisis Estático No Lineal (AENL) o Pushover:.....	73
2.2.23.2. Análisis “Pushover” Convencional:	73
2.2.23.3. Análisis “Pushover” Adaptativo:	74
2.2.24. Patrones de Carga Lateral:	74

2.2.25. Métodos de Análisis Estático No Lineal (AENL):	76
2.2.25.1. Método de Capacidad Espectral (MCE) de ATC-40: ..	76
2.2.25.2. Método N2 (MN2) del EC8 o EN 1998:.....	79
2.2.25.3. Método del Coeficiente de Desplazamiento (MCD) de ASCE-41 y Fema 273:	83
2.2.26. Rotulas Plásticas:	86
2.2.26.1. Longitud de las Rótulas:	87
2.2.26.2. Criterios de Aceptación de las Rótulas:	88
2.2.27. Curva de Capacidad:.....	89
2.2.28. Desempeño Sísmico:	90
2.2.29. Modo de Falla de los Pórticos:	91
2.2.29.1. Mecanismo de Entrepiso:	91
2.2.29.2. Mecanismo de Vanos:	92
2.2.29.3. Mecanismo de Desplazamiento:	92
2.2.30. Análisis de Ciclo de Vida (ACV):	92
2.2.30.1. Etapas del ACV de un Producto:	94
2.2.30.2. Metodología del ACV:	95
2.2.30.3. Definición de Objetivos y Alcance del Estudio:	95
2.2.30.4. Unidad Funcional:	95
2.2.30.5. Análisis del Inventario del Ciclo de Vida (ICV):.....	95
2.2.30.6. Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (ICV):.....	96
2.2.30.7. Oportunidades de la aplicación del Método del ACV en la Construcción:	97
2.2.31. Estimador de Impactos: Software ATHENA Impact Estimator for Buildings 5.1.01.	98
2.2.31.1. Funcionamiento del Software ATHENA Impact Estimator for Buildings 5.1.01.	99
2.2.31.2. Visualización de Resultados y Generación de Informes:	101

2.2.31.3. Alcance y Límite del Software ATHENA impact Estimator for Building:	105
2.2.32. Requerimientos de los Programas LEED V4 y “Green Globes” 2013:	108
2.2.32.1. Liderazgo en Energía y Diseño Medioambiental (LEED):	109
2.2.32.2. Comparación de Resultados:.....	110
CAPÍTULO III	112
MARCO METODOLÓGICO	112
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN:	112
3.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN:	112
3.3. TÉCNICAS DE LA INVESTIGACIÓN:	113
3.3.1. Revisión Bibliográficas:	113
3.3.2. Análisis de Capacidad Estructural:.....	113
3.3.3. Análisis Ciclo de Vida (ACV):	114
3.3.4. Análisis de los Resultados:.....	114
3.3.5. Herramientas y Equipos:	114
3.4. ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN:	114
3.4.1. Revisión Bibliográfica y búsqueda de información en los Entes relacionados con la GMVV.	115
3.4.2. Identificación de los diferentes Tipologías Estructurales de las Viviendas Unifamiliares de la Gran Misión Vivienda Venezuela (MGVV) en el Estado Anzoátegui:	115
3.4.3. Categorizar las diferentes Viviendas Unifamiliares de la Gran Misión Vivienda Venezuela (GMVV) en el Estado Anzoátegui, en función a su Capacidad Estructural aplicando un Análisis Estático No Lineal (AENL) utilizando el Software ETABS 2015:	116
3.4.4. Establecer la relación y variación de los Potenciales Impactos Ambientales y la Capacidad Estructural en las Viviendas	

Unifamiliares de la Gran Misión Vivienda Venezuela (GMVV) en el Estado Anzoátegui.....	116
3.4.5. Organización, Redacción, Transcripción y Encuadernación del Trabajo Especial de Grado.	116
3.4.6 Diagrama Gantt seguimiento Actividades.....	117
CAPÍTULO IV.....	118
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	118
4.1 Identificación de las Tipologías de Viviendas Unifamiliares de la Gran Misión Vivienda Venezuela (GMVV) en el Estado Anzoátegui:.....	118
4.2. Categorizar las diferentes Viviendas Unifamiliares de la Gran Misión Vivienda Venezuela (GMVV) en el Estado Anzoátegui, en función a su Capacidad Estructural aplicando un Análisis Estático No Lineal (AENL) utilizando el Software ETABS 2015.....	123
4.2.1. Modelación Tridimensional y Definición de Materiales en el Software ETABS 2015.....	123
4.2.2. Análisis de Carga de Techo:	126
4.2.3. Clasificación Sísmica:.....	128
4.2.4 Aplicación del Análisis Estático No Lineal en el Software Etabs 2015:.....	129
4.2.4.1. Modelo de Vivienda Unifamiliar Decovensa:.....	129
4.2.4.2. Modelo de Vivienda Unifamiliar Construfácil:.....	137
4.2.4.3. Modelo de Vivienda Unifamiliar Kariña:	146
4.2.4.4. Modelo de Vivienda Unifamiliar Cuyuni:	153
4.3 Comparar cada una de las Tipologías de Viviendas Unifamiliares de la Gran Misión Vivienda Venezuela (GMVV) en el Estado Anzoátegui, a través del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) con la Norma ISO 14040 y el Software ATHENA Impact Estimator for Buildings 5.1.01 (2015).	160
4.3.1 Componentes de las Viviendas Unifamiliares.	161
4.3.1.1. Fundaciones:	161

4.3.1.2. Paredes:	166
4.3.1.3. Columnas:.....	168
4.3.1.4. Vigas:.....	169
4.3.1.5. Correas:	169
4.3.1.6. Techo:.....	170
4.3.2 Estimación de los Impactos generados en Cada ciclo de Vida de las Viviendas Unifamiliares de la GMVV, mediante el Software ATHENA Impact Estimator for Buildings 5.1.01.....	171
4.4 Establecer la Relación y Variación de los Potenciales Impactos Ambientales y la Capacidad Estructural en las Viviendas Unifamiliares de La Gran Misión Vivienda Venezuela (GMVV) en el Estado Anzoátegui. .	175
4.4.1 Variación de la Capacidad Estructural de los Modelos de Viviendas Unifamiliares:.....	175
4.4.2 Comparación de los Impactos del Análisis de Ciclo de Vida para los Modelos de Vivienda Unifamiliar de la GMVV:.....	177
CAPÍTULO V.....	185
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	185
5.1. Conclusiones	185
5.2. Recomendaciones:	188
REFERENCIA BIBLIOGRAFICA	190
HOJA DE METADATOS	192

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Zonificación Sísmica de Venezuela.	42
Tabla 2: Valores de Aceleración Horizontal (A_0)	45
Tabla 3: Forma Espectral y Factor de Corrección (ϕ).....	46
Tabla 4: Factor de Importancia.	50
Tabla 5: Niveles de Diseño ND.....	51
Tabla 6: Áreas y/o Componentes en los cuales debe extenderse el cumplimiento de los requerimientos de Diseño ND3.	51
Tabla 7: Factores de Reducción (R).	54
Tabla 8: Valores de T^* , β y ρ	62
Tabla 9: Valores de T^+	62
Tabla 10: Módulos de Información de los Procesos del ACV del IE4B.....	106
Tabla 11: Módulos de Información Incluidos y Excluidos.....	107
Tabla 12: Requerimientos de Cumplimiento de Programas LEED V4 y Green Globes 2013.....	108
Tabla 13: Datos del Modelo de Vivienda Unifamiliar Decovensa.....	118
Tabla 14: Datos del Modelo de Vivienda Unifamiliar Construfácil.....	119
Tabla 15: Datos del Modelo de Vivienda Unifamiliar Kariña.	119
Tabla 16: Datos del Modelo de Vivienda Unifamiliar Cuyuni.	120
Tabla 17: Datos Generales suministrados al Software ETABS 2015.....	124
Tabla 18: Análisis de Carga de Techo para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Decovensa.....	127
Tabla 19: Análisis de Carga de Techo para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Construfácil.	127
Tabla 20: Análisis de Carga de Techo para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Kariña.	128

Tabla 21: Análisis de Carga de Techo para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Cuyuni.....	128
Tabla 22: Clasificación Sísmica para Viviendas Unifamiliares Decovensa, Construfácil, Kariña y Cuyuni.....	129
Tabla 23: Resumen de Valores del Punto de Desempeño del Modelo de Vivienda Unifamiliar Decovensa:	136
Tabla 24: Resumen de Valores del Punto de Desempeño del Modelo de Vivienda Unifamiliar Construfácil:	145
Tabla 25: Resumen de Valores del Punto de Desempeño del Modelo de Vivienda Unifamiliar Kariña:	152
Tabla 26: Resumen de Valores del Punto de Desempeño del Modelo de Vivienda Unifamiliar Cuyuni:	158
Tabla 27: Datos de Entrada para Evaluación del Impacto Ambiental.	160
Tabla 28: Fundaciones de Modelos de Vivienda Unifamiliar GMVV.	161
Tabla 29: Datos para el Sistema de Fundación del Modelo de Vivienda Unifamiliar Decovensa.	163
Tabla 30: Datos para el Sistema de Fundación del Modelo de Vivienda Unifamiliar Construfácil.	164
Tabla 31: Datos para el Sistema de Fundación del Modelo de Vivienda Unifamiliar Kariña.....	164
Tabla 32: Datos para el Sistema de Fundación del Modelo de Vivienda Unifamiliar Cuyuni.....	165
Tabla 33: Lista de Materiales suministrada al Software de Paredes, Ventanas y Puertas de los Modelos de Vivienda Unifamiliar de la GMVV.	167
Tabla 34: Sistema de Columnas para los Modelos de Vivienda Unifamiliar de la GMVV.	168
Tabla 35: Sistema de Vigas de Carga para los Modelos de Vivienda Unifamiliar de la GMVV.....	169

Tabla 36: Sistema de Correas para los Modelos de Vivienda Unifamiliar de la GMVV.	170
Tabla 37: Sistema de Techos para los Modelos de Vivienda Unifamiliar de la GMVV.	171
Tabla 38: LEED (A a C) para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Decovensa.	172
Tabla 39: LEED (A a C) para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Construfácil.	173
Tabla 40: LEED (A a C) para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Kariña.	173
Tabla 41: LEED (A a C) para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Cuyuni. ...	174
Tabla 42: Incursión en Rango Inelástico de cada Modelo de Vivienda Unifamiliar de la GMVV.....	176
Tabla 43: Medidas Resumidas de Ensamblajes LEED (Fases A,B,C) para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Decovensa.....	178
Tabla 44: Medidas Resumidas de Ensamblajes LEED (Fases A,B,C) para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Construfácil.....	178
Tabla 45: Medidas Resumidas de Ensamblajes LEED (Fases A,B,C) para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Kariña.	179
Tabla 46: Medidas Resumidas de Ensamblajes LEED (Fases A,B,C) para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Cuyuni.	179
Tabla 47: Comparación Total de Medidas/m ² de Construcción para los Modelos de Viviendas Unifamiliares GMVV.....	184

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de Venezuela, Sistema de Fallas Principales y Dirección entre Placas.....	37
Figura 2: Tipos de Análisis Estructural.....	39
Figura 3: Curva Esfuerzo Vs Deformación.....	40
Figura 4: Tipos de No Linealidad.	41
Figura 5: Mapa de Zonificación Sísmica de Venezuela.	42
Figura 6: Tipologías de Sistemas Estructurales Resistentes a Sismos.	53
Figura 7: Efecto P- Δ	65
Figura 8: Diagrama Esfuerzo – Deformación del Acero.....	69
Figura 9: Diagrama Esfuerzo – Deformación del Concreto.....	72
Figura 10: Estimación Inicial del Punto de Desempeño.....	78
Figura 11: Modelo Elastoplástico de la Curva “Pushover” del Método N2. ...	80
Figura 12: Obtención gráfica del Punto de Desempeño para $T^* < T_c$ y $T^* > T_c$	82
Figura 13: Modelo Bilineal de la Curva de Capacidad para el Método del Coeficiente de Desplazamiento.	86
Figura 14: Curva de Capacidad.	90
Figura 15: Desempeño Sísmico.....	91
Figura 16: Pilares del Desarrollo Sustentable.....	93
Figura 17: Etapas de un Análisis de un Ciclo de Vida.	96
Figura 18: Funcionamiento del Estimador para Viviendas.....	101
Figura 19: Tipología del Modelo de Vivienda Unifamiliar Decovensa.	121
Figura 20: Tipología del Modelo de Vivienda Unifamiliar Construfácil.	121
Figura 21: Tipología del Modelo de Vivienda Unifamiliar Kariña.....	122
Figura 22: Tipología del Modelo de Vivienda Unifamiliar Cuyuni:	122
Figura 23: Geometría del Modelo de la Vivienda Unifamiliar Decovensa: ..	125

Figura 24: Geometría del Modelo de la Vivienda Unifamiliar Construfácil: .	125
Figura 25: Geometría del Modelo de la Vivienda Unifamiliar Kariña:	126
Figura 26: Geometría del Modelo de la Vivienda Unifamiliar Cuyuni:	126
Figura 27: Modelo Decovensa con $\Delta = 7.84$ cm (Δ restringido de 4%), Sentido "X".	130
Figura 28: Decovensa (Δ Restringido de 4%) – Pórtico "1", Sentido "X".....	130
Figura 29: Decovensa con $\Delta = 11.19$ cm (Δ Restringido de 4%), Sentido "X".	131
Figura 30: Decovensa con $\Delta = 7.49$ cm (Δ Restringido de 4%), Sentido "Y".	131
Figura 31: Decovensa (Δ Restringido de 4%) – Pórtico "2", Sentido "Y".....	132
Figura 32: Decovensa con $\Delta = 11.20$ cm (Δ Restringido de 4%), Sentido "Y".	132
Figura 33: Decovensa (Δ Mayor de 4%), Sentido "X".	133
Figura 34: Decovensa (Δ Mayor de 4%) – Pórtico "1", sentido "X".....	133
Figura 35: Decovensa - con $\Delta = 19,11$ cm (Δ Mayor de 4%), Sentido "X"....	134
Figura 36: Decovensa con $\Delta = 19,11$ cm (Δ Mayor de 4%) - Pórtico "1", Sentido "X".	134
Figura 37: Decovensa con $\Delta = 19.74$ cm (Δ Mayor de 4%), Sentido "Y".....	135
Figura 38: Decovensa con $\Delta = 19,74$ cm (Δ Mayor de 4%), sentido "Y".	135
Figura 39: Modelo Construfácil con $\Delta = 7.27$ cm (Δ Restringido de 4%), Sentido "X".	138
Figura 40: Construfácil (Δ Restringido de 4%) – Pórtico "5", Sentido "X"....	138
Figura 41: Construfácil con $\Delta = 11.64$ cm (Δ Restringido de 4%), Sentido "X".	139
Figura 42: Construfácil $\Delta = 6.63$ cm (Δ Restringido de 4%), Sentido "Y".	139
Figura 43: Construfácil (Δ Restringido de 4%) – Pórtico "C", Sentido "Y".	140
Figura 44: Construfácil con $\Delta = 11.59$ cm (Δ Restringido de 4%), Sentido "Y".	140

Figura 45: Construfácil (Δ Mayor de 4%), Sentido “X”	141
Figura 46: Construfácil (Δ Mayor de 4%) – Pórtico “5”, Sentido “X”	141
Figura 47: Construfácil - con $\Delta= 15,43$ cm (Δ Mayor de 4%), Sentido “X”	143
Figura 48: Construfácil - con $\Delta= 16.60$ cm (Δ Mayor de 4%), Sentido “Y”	143
Figura 49: Construfácil - con $\Delta= 16,60$ cm (Δ Mayor de 4%) - Pórtico “C”, Sentido “Y”	144
Figura 50: Construfácil - con $\Delta= 23,20$ cm (Δ Mayor de 4%), Sentido “Y”	144
Figura 51: Kariña con $\Delta= 9.04$ cm (Δ Restringido de 4%), Sentido “X”	147
Figura 52: Kariña (Δ Restringido de 4%) – Pórtico “E”, Sentido “X”	147
Figura 53: Kariña con $\Delta= 11.00$ cm (Δ Restringido de 4%), Sentido “X”	148
Figura 54: Kariña con $\Delta= 9.44$ cm (Δ Restringido de 4%), Sentido “Y”	148
Figura 55: Kariña (Δ Restringido de 4%) – Pórtico “3”, Sentido “Y”	149
Figura 56: Kariña con $\Delta= 11.03$ cm (Δ Restringido de 4%), Sentido “Y”	149
Figura 57: Kariña (Δ Mayor de 4%), Sentido “X”	150
Figura 58: Kariña (Δ Mayor de 4%) – Pórtico “E”, Sentido “X”	150
Figura 59: Kariña - con $\Delta= 17,16$ cm (Δ Mayor de 4%), Sentido “X”	151
Figura 60: Kariña - con $\Delta= 22,07$ cm (Δ Mayor de 4%), Sentido “Y”	151
Figura 61: Cuyuni con $\Delta= 7.18$ cm (Δ Restringido de 4%), Sentido “X”	153
Figura 62: Cuyuni (Δ Restringido de 4%) – Pórtico “A”, Sentido “X”	154
Figura 63: Cuyuni con $\Delta= 10.99$ cm (Δ Restringido de 4%), Sentido “X”	154
Figura 64: Cuyuni con $\Delta= 5.74$ cm (Δ Restringido de 4%), Sentido “Y”	155
Figura 65: Cuyuni con $\Delta= 11.00$ cm (Δ Restringido de 4%), Sentido “Y”	155
Figura 66: Cuyuni (Δ Mayor de 4%), Sentido “X”	156
Figura 67: Cuyuni (Δ Mayor de 4%) – Pórtico “A”, Sentido “X”	156
Figura 68: Cuyuni - con $\Delta= 14.20$ cm (Δ Mayor de 4%), Sentido “Y”	157
Figura 69: Cuyuni (Δ Mayor de 4%) – Pórtico “4”, Sentido “Y”	157
Figura 70: Cuyuni - con $\Delta= 13.88$ cm (Δ Mayor de 4%), Sentido “Y”	158

ÍNDICE DE GRAFICOS

Gráfica 1: Espectro de Respuesta Elástico (R=1).....	63
Gráfica 2: Relación $R_u - U - T$	83
Gráfica 2: “Pushover” según FEMA 440 del Modelo de Vivienda Unifamiliar Decovensa con Desplazamiento Mayor de 4% de la Altura de la Vivienda – Sentido “X” en ETABS 2015.	136
Gráfica 3: “Pushover” según FEMA 440 del Modelo de Vivienda Unifamiliar Decovensa con Desplazamiento Mayor de 4% de la Altura de la Vivienda – Sentido “Y” en ETABS 2015.	137
Gráfica 4: “Pushover” según FEMA 440 del Modelo de Vivienda Unifamiliar Construfácil con Desplazamiento Mayor de 4% de la Altura de la Vivienda – Sentido “X” en ETABS 2015.	145
Gráfica 5: “Pushover” según FEMA 440 del Modelo de Vivienda Unifamiliar Construfácil con Desplazamiento Mayor de 4% de la altura de la Vivienda – Sentido “Y” en ETABS 2015.	146
Gráfica 6: “Pushover” según FEMA 440 del Modelo de Vivienda Unifamiliar Kariña con Desplazamiento mayor de 4% de la altura de la Vivienda – Sentido “X” en ETABS 2015.	152
Gráfica 7: “Pushover” según FEMA 440 del Modelo de Vivienda Unifamiliar Cuyuni con Desplazamiento mayor de 4% de la altura de la Vivienda – Sentido “X” en ETABS 2015.	159
Gráfica 8: “Pushover” según FEMA 440 del Modelo de Vivienda Unifamiliar Cuyuni con Desplazamiento mayor de 4% de la altura de la Vivienda – Sentido “Y” en ETABS 2015.	159
Gráfica 9: Comparación de los Desplazamientos en Sentido X y Y de los Modelos de Viviendas Unifamiliar de la GMVV.....	177

Gráfica 10: Análisis de Contribución de cada Ensamble del Modelo de Vivienda Unifamiliar Decovensa.	180
Gráfica 11: Análisis de Contribución de cada Ensamble del Modelo de Vivienda Unifamiliar Construfácil.	181
Gráfica 12: Análisis de Contribución de cada Ensamble del Modelo de Vivienda Unifamiliar Kariña.	182
Gráfica 13: Análisis de Contribución de cada Ensamble del Modelo de Vivienda Unifamiliar Cuyuni.	183
Gráfica 14: Comparación Total de Medidas/m2 de Construcción para los Modelos de Viviendas Unifamiliares GMVV.	184

INTRODUCCIÓN

Los seres humanos se han mantenido en constante evolución, desarrollando conocimientos y tecnologías que les garanticen seguridad y comodidad. Esta evolución en gran medida ha sido posible a partir del uso de los recursos que se encuentran en el ambiente de forma natural. Por su parte, la construcción posee gran influencia en el consumo de recursos naturales, partiendo de la fabricación de los materiales de construcción, métodos constructivos, el uso de energía, entre otros que emiten considerables volúmenes de contaminantes al ambiente. Ante este hecho, en los últimos años se ha impulsado diferentes estudios y desarrollos de edificaciones sustentables, que consisten en el diseño y construcción con materiales de bajo impacto ambiental, que se pueden obtener en la misma zona de construcción. Otros países toman en cuenta estudios innovadores, pero en Venezuela son pocos los que se conocen al respecto.

En Venezuela se incrementó la construcción de viviendas de interés social debido al crecimiento de la población y gran parte de ésta, carece de una vivienda digna. Ante esta situación, el Gobierno como Política Pública, implementa la Gran Misión Vivienda Venezuela (GMVV), con la finalidad de construir Viviendas de Interés Social (Unifamiliares, Bifamiliares y Multifamiliares) para reducir la necesidad y brindar bienestar a sus ocupantes. Sin embargo, Venezuela no cuenta con los estudios ambientales necesarios para este tipo de desarrollo habitacional, en sus fases de diseño y planificación, que garanticen la sustentabilidad de estos proyectos. A nivel estatal existen diferentes entes encargados de la planificación y construcción de la GMVV, entre las cuales se encuentran: la Secretaria de la Vivienda del Gobierno del Estado Anzoátegui (SEVIGEA), el Instituto

Municipal de la Vivienda (IMUVI), las diferentes Oficinas del Desarrollo Social de la Empresa Petróleos De Venezuela S.A. (PDVSA) y las Alcaldías desplegadas en el Estado Anzoátegui.

Por tal motivo, la presente investigación evaluó el Impacto Ambiental generado por las Viviendas Unifamiliares de la GMVV en el Estado Anzoátegui, mediante un Análisis de Ciclo de Vida (ACV), para aportar al buen desarrollo de las futuras construcciones sustentables; así como también, constató por medio de la realización de un Análisis Estático No Lineal (AENL), el comportamiento de las viviendas seleccionadas hasta determinar su Mecanismo de Falla.

La investigación, se conformó en Cinco Capítulos, dando inicio con el Primer Capítulo (I) integrado por el Planteamiento del Problema, el Objetivo General y los Objetivos Específicos; siguiendo con el Segundo Capítulo (II) con el Marco Teórico referencial, donde se establecen los Antecedentes, las Bases Teóricas que apoyan el Desarrollo de la Investigación. El Tercer Capítulo (III) define la Metodología aplicada en el estudio; así como el Tipo de Investigación, Diseño, Nivel y Técnicas empleadas; de tal manera que en el Cuarto Capítulo (IV) se muestran los Resultados obtenidos y posteriormente en el Quinto Capítulo (V) se plantean las Conclusiones y las Recomendaciones de la Investigación.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1.Planteamiento del Problema:

Con el transcurrir de los años el ser humano en su intento por mejorar su calidad de vida y el entorno que lo rodea, ha utilizado su inteligencia y creatividad en el desarrollo constante de nuevos sistemas, procesos y tecnologías, para ello, se ha visto en la necesidad de intervenir y hacer uso de los recursos naturales sin tomar en cuenta el criterio de sustentabilidad. En este sentido, su falta de visión al no incorporar la variable ambiental en cada uno de los proyectos de desarrollo, viene causando un deterioro progresivo de los recursos naturales.

En consecuencia, la construcción, años atrás, no había sido contemplada como un fenómeno de impacto ambiental importante. A pesar de que esta es una de las principales actividades consumidoras de recursos naturales, energía y productora de residuos en estado sólido, líquido y gaseoso dañinos para el ambiente. Tal señalamiento se basa, en que toda obra de construcción es una causa directa de impacto ambiental, desde la obtención y procesamiento de la materia prima, hasta su disposición o destino final. Por esto, debe tomarse en cuenta el impacto ambiental en las etapas de proyección, planificación y ejecución de todo proyecto de construcción.

Los proyectos habitacionales en el mundo no son la excepción de lo antes planteado, ya que presentan gran demanda e importancia. De igual manera ocurre en Venezuela, donde gran parte de la población carece de

una vivienda digna que cuente con los servicios básicos para satisfacer sus necesidades, por esta razón, la construcción de Viviendas Unifamiliares de interés social en el país ha tenido un gran crecimiento y avance en los últimos años a través de los planes de desarrollo nacional de la Gran Misión Vivienda Venezuela (GMVV), siendo éste un programa desarrollado por el gobierno nacional para responder a la urgente demanda de viviendas en la mayoría de los Estados del País. Tal es el caso en el Estado Anzoátegui, donde los paquetes tecnológicos asociados a la construcción, no están acorde con los avances del Siglo XXI, que fomentan el uso de energías alternativas, materiales e insumos, con menor pérdida por unidad de vivienda y sistemas de control ambiental.

De allí surge el interés de difundir Normativas y Procedimientos que permitan tener Indicadores y Controladores Ambientales aplicables a todo Tipo de Proyectos de Construcción, como el caso del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) establecida en la Norma ISO 14040 de fecha 2007, aspecto de interés en esta investigación.

La investigación bordó los materiales de construcción empleados por la GMVV para las distintas Tipologías Estructurales de Viviendas Unifamiliares desarrolladas en el Estado Anzoátegui, aplicando el método del ACV.

Dentro de este marco, la investigación se estructuró en cuatro etapas, siendo la primera, la búsqueda de información existente en los distintos Organismos Nacionales y Municipales, así como en los proyectos en desarrollo. La segunda consistió en realizar un Análisis de Capacidad Estructural a cada Tipología de Vivienda con el fin de verificar su comportamiento ante una eventualidad sísmica, aplicando para ello un Análisis Estático No Lineal (AENL) utilizando como herramienta el Software

ETABS 2015 desarrollado por Computers & Structures, Inc (CSI). La tercera etapa se fundamentó en realizar el ACV a cada una de las Tipologías de Vivienda de acuerdo a su arquitectura, materiales, procesos constructivos y maquinarias utilizadas en la construcción. El cual se realizó utilizando el Software ATHENA Impact Estimator for Buildings 5.1.01 (2015). En la cuarta y última etapa se estableció una variación de los potenciales Impactos Ambientales y la Capacidad Estructural para cada Tipología de Vivienda, a fin de establecer en qué medida fueron proporcionales entre ellos.

La investigación proporciona al Estado y al Ente encargado de la Construcciones, la Tipología de Vivienda Unifamiliar construida por la GMVV en el Estado Anzoátegui, que es más contaminante, con el fin de impulsar la creación de estrategias y alternativas conceptuales que se apliquen a los procesos de diseño y edificación, basados en la sustentabilidad, por el empleo de materiales constructivos más eficientes que reduzcan el consumo energético durante su ciclo de vida; con un impacto ambiental mínimo que se enfoque en conocer las condiciones sismológicas locales, en evitar los residuos tóxicos vertidos al ambiente y en el aprovechamiento de los recursos naturales energéticos.

Es necesario resaltar, que el desarrollo de este tipo de investigación no se ha aplicado antes en el Diseño y Construcción de Proyectos Habitacionales de Viviendas Unifamiliares de interés social en el País, por ende, resulta de gran importancia para la GMVV a nivel nacional y para la Universidad de Oriente por el aporte de soluciones, a través del uso de herramientas tecnológicas actuales para el Análisis del Impacto Ambiental usadas a Nivel Mundial.

1.2. Objetivos:

1.2.1. Objetivo General:

Evaluación de las diferentes Tipologías Estructurales en las Viviendas Unifamiliares de la Gran Misión Vivienda Venezuela (GMVV) en el Estado Anzoátegui, usando el método de Análisis de Ciclo de Vida (ACV).

1.2.2. Objetivos Específicos:

- Identificar las diferentes Tipologías Estructurales de las Viviendas Unifamiliares de la Gran Misión Vivienda Venezuela (GMVV) en el Estado Anzoátegui.
- Categorizar las diferentes Viviendas Unifamiliares de la Gran Misión Vivienda Venezuela (GMVV) en el Estado Anzoátegui, en función a su Capacidad Estructural aplicando un Análisis Estático No Lineal (AENL) utilizando el Software ETABS 2015.
- Comparar cada una de las Tipologías de Viviendas Unifamiliares de la Gran Misión Vivienda Venezuela (GMVV) en el Estado Anzoátegui, a través del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) con la Norma ISO 14040 y el Software Athena Impact Estimator for Buildings 5.1.01 (2015).
- Establecer la relación y variación de los Potenciales Impactos Ambientales y la Capacidad Estructural en las Viviendas Unifamiliares de la Gran Misión Vivienda Venezuela (GMVV) en el Estado Anzoátegui.

1.3. Justificación de la Investigación:

Las cargas contaminantes que genera el sector de la construcción al ambiente es el motivo por el cual, profesionales desarrollan estudios dirigidos a la sustentabilidad de los proyectos de construcción. Estableciendo métodos sustentables desde la explotación de la materia prima hasta la fabricación, transporte y ensamblaje de los distintos materiales, tomando en cuenta también el uso de energía. Actualmente, en la sociedad se ha manifestado la nueva tendencia este tipo de construcciones, concientizando a la población en distintos países del mundo, que se preocupen por cumplir las Normativas necesarias para edificaciones más amigables con el ambiente.

Resulta relevante y de gran preocupación para los profesionales que abordan este tema, la reincidencia de eventos naturales, como sismos y terremotos, por el desafío de los movimientos telúricos que se desencadenan y que ocasionan grandes daños en las estructuras y cuantiosas pérdidas humanas.

A nivel internacional existen aportes relacionados con este tema, como el estudio realizado en México por Posadas (2011), y en España por Sanz (2012), donde llevan a cabo un Análisis del Ciclo de Vida (ACV) a ciertos tipos de materiales y estructuras de viviendas. En Venezuela por Sando (2016) respecto al desarrollo sostenible, realizando una comparación de la situación de desarrollo sostenible en España y Venezuela a fin de seleccionar elementos que permitan proponer lineamientos estratégicos de arquitectura, construcción y diseño urbano que impulsen el desarrollo sostenible de las ciudades venezolanas, tomando en cuenta el Análisis del Ciclo de Vida (ACV).

Al investigar en los distintos Entes a nivel Estatal enraizados a la Gran Misión Vivienda Venezuela (GMVV), no se encontraron Estudios de Análisis del Ciclo de Vida (ACV) dirigido a las diferentes Tipologías de Viviendas construidas ni los impactos generados al ambiente por efecto de la construcción y cualquier otro evento de significancia.

Por lo antes mencionado, se realizó el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) de las Viviendas Unifamiliares de la Gran Misión Vivienda Venezuela (GMVV) en el Estado Anzoátegui, con el fin de conocer la etapa del ciclo de vida que genera mayor impacto y el Análisis Estático No Lineal utilizando el Software ETABS 2015; con el cual se incrementó el patrón de cargas lateral en cada iteración, llevando a la estructura más allá del rango elástico, a una deformación máxima o al colapso.

Ambos temas fueron prioridad para la Universidad de Oriente porque sirven de referencia para el diseño y la planificación de futuros desarrollos sostenibles en el país, que sean poco perjudiciales con el ambiente y en estudios de Análisis Estático No Lineal (AENL) a las Edificaciones, para garantizar la seguridad y confort a sus habitantes.

1.4. Delimitación de la Investigación:

Se realizó una investigación de las Viviendas Unifamiliares construidas por la GMVV en el Estado Anzoátegui y se seleccionaron Cuatro Modelos, porque realizar el estudio para toda la diversidad de viviendas de la GMVV que existen, genera un trabajo sumamente extenso en tiempo y costos.

Los Modelos escogidos de Viviendas Unifamiliares son los siguientes: Decovensa (Municipio Juan Antonio Sotillo - Puerto la Cruz), Construfacil

(Municipio Anaco – Anaco), Kariña (Municipio Simón Rodríguez – El Tigre) y Cuyuni (Municipio San José de Guanipa – El Tigrito).

El ACV se realizó comparando los metros cuadrados de construcción de cada vivienda, debido a que los modelos poseen dimensiones diferentes, esto con el fin de realizar una comparación justa. Se obtuvo como resultado, los impactos que cuantifica el estimador para cada fase del ciclo de vida de cada modelo (construcción, operación y demolición).

El Estudio se enfocó en cuatro etapas, comenzando por la definición de las Tipologías de Viviendas Unifamiliares, según lo establece la Norma COVENIN 2001: Edificaciones Sismorresistentes; seguidamente clasificó las viviendas en función a su capacidad, mediante la aplicación de un Análisis Estático No Lineal (AENL), utilizando el Software ETABS 2015.

En la tercera etapa se llevó a cabo el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) a las Tipologías de Viviendas Unifamiliares establecidas, con la ayuda del Athena Impact Estimator for Buildings 5.1.01; y finalmente se comparó la variación entre los Impactos Potenciales y la Capacidad Estructural de las Viviendas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación:

Farrera y Teixeira (2018), evaluaron a través de la Metodología del Análisis de Ciclo de Vida (ACV), el Impacto Ambiental de las Edificaciones Multifamiliares en el Estado Anzoátegui, construidas por la Gran Misión Vivienda Venezuela (GMVV). Por otra parte, establecieron variaciones del comportamiento estructural de las Edificaciones, mediante el Análisis Estático No lineal (AENL). Promoviendo de esta manera, la importancia de un desarrollo sustentable en los futuros proyectos de construcción en el país.

Vitalis (2015), señala la falta de institucionalidad y gobernabilidad ambiental en Venezuela, así como también una deficiente gestión urbana y la falta de estudios de impacto ambiental en el desarrollo de proyectos habitacionales, estableciendo las distintas maneras de afrontar y corregir estas fallas, encaminando así el desarrollo del país en un contexto basado en la sustentabilidad acompañado de políticas ambientales y una gestión urbana que se tomen en cuenta y cumplan en la planificación y desarrollo de las ciudades del país. Este aporte es de gran interés ya que orientó las bases para la investigación, donde se debe tener en cuenta la variable ambiental en los desarrollos urbanos.

Sanz (2012), reportó que los flujos de energías entrantes y salientes en una vivienda media en Murcia, España, a lo largo de su Ciclo de Vida se ajustan a valores normales establecidos por Instituciones Internacionales o si existen diferencias significativas en los mismos. También el poder

seleccionar materiales y sistemas constructivos alternativos para minimizar el consumo global de este tipo de viviendas. Razón por la cual este resultado permitió comparar e interpretar los resultados del ACV de esta investigación.

Posadas (2011), comparó los distintos materiales convencionales que se utilizan en la construcción de Viviendas de interés social en México y el empleo de materia prima de desecho doméstico como alternativa de bajo costo económico y sobre todo bajo impacto ambiental para sustituir los materiales convencionales. El estudio estuvo orientado a promover el desarrollo sustentable de la construcción, empleando la metodología del ACV para determinar las cargas ambientales generadas por materiales convencionales y materiales alternativos procedentes del uso doméstico.

Sando (2011), analizó el desarrollo sostenible de la edificación en Venezuela, en lo que engloba el ahorro energético, materiales utilizados y diseño bioclimático. De igual manera realizó un análisis similar al desarrollo sostenible en España, a fin de hacer una comparación de la situación de desarrollo sostenible en los dos países y seleccionar elementos que permitan proponer lineamientos estratégicos de arquitectura, construcción y diseño urbano que impulsen el desarrollo sostenible de las ciudades venezolanas. Esta investigación apoyo la discusión del análisis comparativo de los resultados obtenidos.

La Sociedad Pública de Gestión Ambiental del Gobierno Vasco IHOBE (2010), presentó una publicación en la cual hacen referencia a la necesidad de incorporar la variable ambiental en la edificación debido al incremento en la actividad constructora en los últimos tiempos. Estableció y describió los distintos métodos de evaluación, herramientas, software de evaluación

(ambiental y energética), estándares y certificaciones empleados a nivel mundial para evaluar la sostenibilidad de las edificaciones.

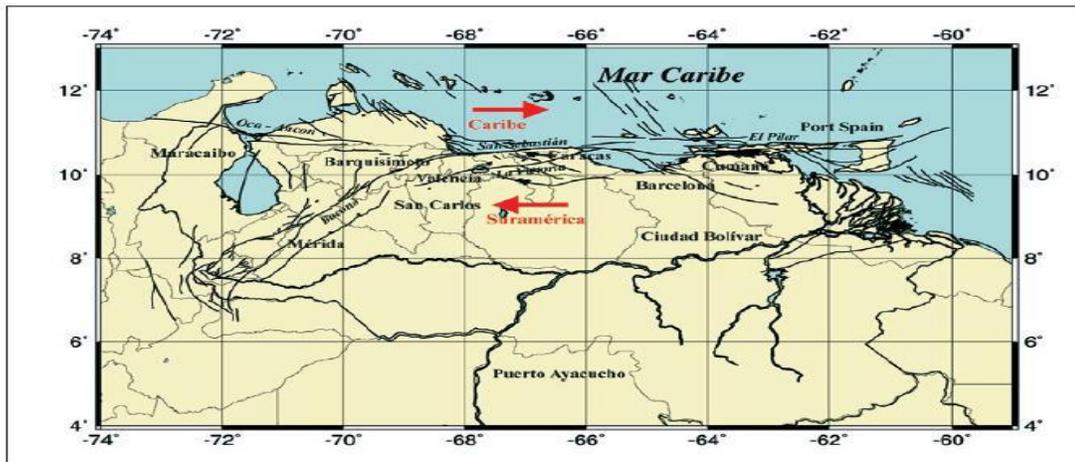
El conocer la existencia de estos sistemas y metodologías, permitió a los proyectistas, promotores y otros agentes de la construcción identificar aquellos que resulten más adecuados para la edificación, exigir y ofrecer los requisitos que garanticen una mayor sostenibilidad. Este instituto fortalece la propuesta del uso de un Software para la Evaluación y Análisis de las distintas Tipologías Estructurales de las Viviendas Unifamiliares de la Gran Misión Vivienda Venezuela (GMVV) en el Estado Anzoátegui.

2.2. Bases Teóricas:

2.2.1. Sismología en Venezuela:

En base a lo establecido por la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (Funvisis 2002), Venezuela forma parte de un contexto geodinámico complejo, como resultado de la interacción entre la Placa Sudamericana y la Placa del Caribe las cuales presentan constante actividad sísmica (Figura 1).

Figura 1: Mapa de Venezuela, Sistema de Fallas Principales y Dirección entre Placas.



Fuente: FUNVISIS (2002).

La Zona de Contacto entre las Placas del Caribe y Sudamericana, está conformada por tres Sistemas de Fallas, cuyo ancho promedio oscila alrededor de los 100 km. Estas Fallas son la de Boconó (Los Andes), San Sebastián (Cordillera de la Costa) y El Pilar (Serranía del Interior), y son las causantes de los eventos más severos que han ocurrido en el territorio nacional. Además, existen otros accidentes activos menores (Oca-Ancón, Valera, La Victoria, entre otros), capaces de producir sismos importantes como los ocurridos en Churuguara Estado Falcón, durante los años 1964, 1966, 1970, 1976, 1980, 1986 y 1990.

La historia sísmica de Venezuela revela que a lo largo del período 1530-2002 han ocurrido más de 137 eventos sísmicos que han causado algún tipo de daño en poblaciones venezolanas. De todos ellos el más devastador fue el de 1812, el cual tuvo tres epicentros, y afectó a ciudades tan distantes como Mérida, Barquisimeto, San Felipe y Caracas, causando más de 20 mil víctimas, es decir, el 5% de la población estimada para la

época. En relación a este terremoto, en 1812 hubo dos eventos: uno en Caracas y otro en Mérida. Afirma que en Caracas se presentó a las 4:07 de la tarde y en Mérida una hora después, aproximadamente.

Otro Movimiento Sísmico ocurrió en Caracas para el año 1967 y conllevó la creación el 27 de Julio de 1972 de la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS).

En el Año 1997 ocurrió el Terremoto de Cariaco, en el cual hubo pérdidas humanas considerables en Unidades Educativas de la Población por lo cual FUNVISIS formalizó la creación del Programa Aula Sísmica “Madeleilis Guzmán” con el objetivo de reforzar la acción preventiva hacia la comunidad estudiantil.

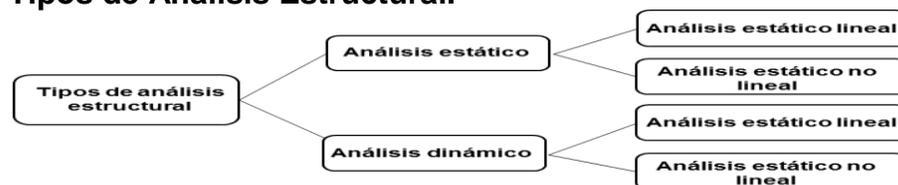
En la actualidad, se cuentan con el Registro del Sismo ocurrido el 21 de Agosto del 2018 cuya Magnitud fue de 6.9 Grado en la Escala de Richter registrado en la población de Yaguaraparo, Estado Sucre, siendo uno de los sismos más relevante por su Movimiento Telúrico que causo pánico en la Población Venezolana. FUNVISIS registró 61 Eventos Sísmicos a lo largo del Mes de Agosto del 2018, de magnitudes menores, que los hace poco notorios pero igual de preocupantes para la Población Venezolana.

Siempre existirá en Venezuela altas probabilidades de que ocurran Movimientos Sísmicos de diversas Magnitudes, por esta razón se deben tomar medidas que contribuyan a preservar la vida de la Población Venezolana, los Bienes y la Infraestructura Nacional, por ello es necesario mantener actualización en Métodos de Diseño y Construcción, que permitan la ejecución de proyectos estructuralmente seguros, económicos, eficientes que garanticen la confiabilidad y el confort de los usuarios.

2.2.2. Análisis Estructural:

Bondarenko (2018), es el procedimiento a través del cual se puede obtener la respuesta de un Sistema Estructural ante un estado específico de cargas, divididas según a las que esté sometido. El Análisis de un Sistema Estructural puede ser Estático o Dinámico, y a su vez pueden ser Lineal o No Lineal (Figura 2).

Figura 2: Tipos de Análisis Estructural.



Fuente: Bondarenko (2018).

El Análisis Estático y Dinámico se determina cuando una Estructura se somete a movimientos del terreno debido a demandas sísmicas, ésta experimenta desplazamientos laterales y deformaciones en sus elementos. De allí resulta necesario realizar una estimación de la linealidad en todo Sistema Estructural, siendo la relación entre dos variables (Esfuerzo vs Deformación). Por otra parte, la Ley de Hooke establece que el alargamiento unitario de un material elástico es directamente proporcional a la fuerza aplicada, pero esto no es del todo cierto, ya que los materiales hasta cierto punto mantienen la linealidad y pasado del punto, incursiona en el rango inelástico (Figura 3).

Figura 3: Curva Esfuerzo Vs Deformación.

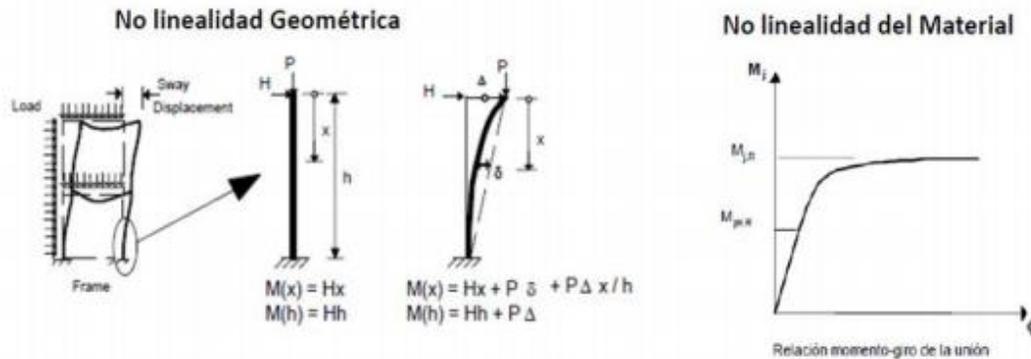


Fuente: Bondarenko (2018).

El Análisis Lineal consiste en obtener las respuestas estructurales considerando que las propiedades de los materiales cumplen con la Ley de Hooke, es decir que los esfuerzos son proporcionales a las deformaciones y por lo tanto existe una relación entre los mismos, además, también considera que los desplazamientos son pequeños y pueden ser despreciadas las fuerzas inducidas producto de estas. Las hipótesis del Análisis Lineal son válidas, siempre que se logre limitar los esfuerzos y deformaciones a un nivel que no supere el límite de proporcionalidad del material o estructura.

El Análisis Estático No Lineal (AENL) considera la situación más cercana a la realidad tomando en cuenta el comportamiento más real posible de los materiales y de la estructura en general. Existen dos tipos de No Linealidad: la del Material y la Geométrica. La primera se establece luego que sobrepasa un rango de Esfuerzo vs Deformación. La segunda se establece cuando existe Desplazamiento de cierta magnitud (Figura 4). Con la unión de estas dos No Linealidades, se obtiene la Curva de Desempeño real de la Edificación.

Figura 4: Tipos de No Linealidad.



Fuente: Bondarenko (2018).

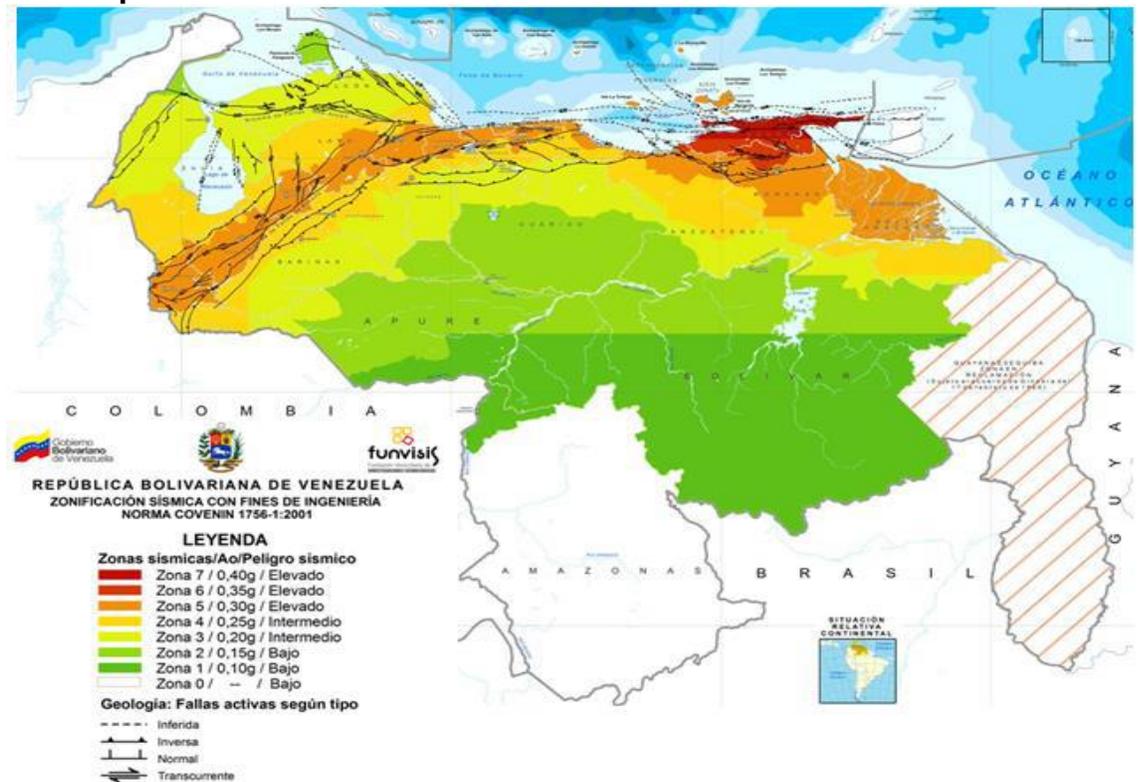
2.2.3. Diseño Sismorresistente:

El objetivo de una Estructura no es sólo resistir y distribuir las fuerzas verticales que actúan sobre ella, también debe resistir las fuerzas horizontales. Para esto se debe proveer un sistema capaz de transferir y transmitir estas fuerzas sin producir fallas y además proporcionar un correcto comportamiento. Los eventos sísmicos afectan a las edificaciones produciendo movimientos en su base generando fuerzas inerciales horizontales en el sistema estructural. La definición y cálculo de las acciones que el movimiento sísmico aporta a una estructura es una de las variables más importante en la ingeniería estructural.

2.2.4. Zonificación Sísmica de Venezuela:

La Norma COVENIN - MINDUR 1756-1-2001 Edificaciones Sismorresistentes, divide a Venezuela en (8) Ocho Zonas Sísmicas (Figura 5 - Tabla 1).

Figura 5: Mapa de Zonificación Sísmica de Venezuela.



Fuente: FUNVISIS (2014).

Tabla 1: Zonificación Sísmica de Venezuela.

ESTADOS	ZONAS SÍSMICAS
AMAZONAS	Zona 1: Municipio Atures. Zona 0: Municipios: Autana, Manapiare, Atabapo, Alto Orinoco, Guainia, Río Negro.
ANZOÁTEGUI	Zona 6: Municipios: Guanta, Juan Antonio Sotillo, Turístico Diego Bautista Urbaneja. Zona 5: Municipios: Píritu, Libertad, Fernando de Peñalver, San Juan de Capistrano, Simón Bolívar y Área del Municipio Pedro María Freites al Norte de la Carretera La Encrucijada-La Ceiba-El Tejero. Zona 4: Municipios: San José de Guanipa, Simón Rodríguez, Aragua, Santa Ana, Anaco, Juan Manuel Cajigal, Francisco del Carmen Carvajal, Manuel Ezequiel Bruzual, Área del Municipio Pedro María Freites, al Sur de la Carretera La Encrucijada-La Ceiba-El Tejero. Zona 3: Municipios: Sir Arthur Mc Gregor, Francisco de Miranda, Independencia. Zona 2: Municipio José Gregorio Monagas.
APURE	Zona 4: Área del Municipio Páez, al Oeste del meridiano 71°W. Zona 3: Municipio Páez, excluida el área al Oeste del meridiano 71° W.

	<p>Zona 2: Municipios: Rómulo Gallegos, Muñoz, Achaguas, Biruaca, San Fernando, y Área del Municipio Pedro Camejo ubicada al Norte del paralelo 7° N.</p> <p>Zona 1: Área del Municipio Pedro Camejo ubicada al Sur del paralelo 7° N.</p>
ARAGUA	<p>Zona 5: Municipios: Tovar, Santiago Mariño, Mario Briceño Iragorry, Girardot, Francisco Linares Alcántara.</p> <p>Zona 4: Municipios: Santos Michelena, Bolívar, Sucre, Rivas, Zamora, San Sebastián, San Casimiro, Libertador, José Angel Lamas, José Rafael Revenga.</p> <p>Zona 3: Municipios: Camatagua, Urdaneta.</p>
BARINAS	<p>Zona 4: Municipios: Alberto Arvelo Torrealba, Municipio Cruz Paredes, Bolívar, y Áreas al Noroeste de los Municipios Ezequiel Zamora, Antonio José de Sucre, Peraza, Barinas y Obispos, limitadas por una línea paralela a la carretera Santa Bárbara-Boconoito, unos 10 km. al sureste de ésta.</p> <p>Zona 3: Resto del Estado, excluidas las áreas en Zona 4 y el Municipio Arismendi.</p> <p>Zona 2: Municipio Arismendi.</p>
BOLÍVAR	<p>Zona 3: Municipios: Caroní, Padre Pedro Chien, y Área del Municipio Piar al Norte del paralelo 8° N.</p> <p>Zona 2: Municipio Heres, Áreas de los Municipios Cedeño, Sucre, Raúl Leoni, Sifontes, Roscio y El Callao, ubicadas al Norte del paralelo 7° N, y Área del Municipio Piar al Norte de paralelo 7° N y al Sur del paralelo 8° N.</p> <p>Zona 1: Municipio Gran Sabana, y Áreas de los Municipios Cedeño, Sucre, Raúl Leoni, Sifontes, José Tadeo Monagas, Piar y El Callao ubicadas al Sur del paralelo 7° N.</p> <p>Zona 0: Resto del Estado.</p>
CARABOBO	<p>Zona 5: Municipios: Guacara, San Diego, Naguanagua, Montalbán, Miranda, Los Guayos, Juan José Mora, Puerto Cabello, Bejuma, San Joaquín, Diego Ibarra, Lago de Valencia, y Áreas de los Municipios Valencia y Libertador al Norte del paralelo 10° N.</p> <p>Zona 4: Municipio Carlos Arvelo, y Áreas de los Municipios, Valencia y Libertador al Sur del paralelo 10° N.</p>
COJEDES	<p>Zona 4: Municipios: Anzoátegui, San Carlos, Lima Blanco, Falcón.</p> <p>Zona 3: Municipios: Girardot, Ricaurte, Rómulo Gallegos, Tinaco, Pao de San Juan Bautista.</p>
DELTA AMACURO	<p>Zona 5: Municipios: Pedernales, Tucupita, y Áreas del Municipio Antonio Díaz ubicadas en el Delta al Norte del Río Orinoco.</p> <p>Zona 4: Municipio Casacoima, y Áreas del Municipio Antonio Díaz ubicadas Sur del Río Orinoco.</p> <p>Zona 3: Áreas del Municipio Antonio Díaz ubicadas Sur del paralelo 8° N.</p>
DTO. FEDERAL	<p>Zona 5: Todo el Distrito.</p>
FALCÓN	<p>Zona 4: Municipios: Monseñor Iturriza, Silva.</p> <p>Zona 3: Resto del Estado.</p> <p>Zona 2: Municipios: Falcón, Carirubana, Los Taques.</p>
GUÀRICO	<p>Zona 3: Municipios: Ortíz, Juan Germán Roscio, Julián Mellado, Chaguaramas, José Tadeo Monagas, San José de Guaribe, José</p>

	Félix Ribas, Pedro Zaraza, y Área del Municipio Leonardo Infante al Norte del paralelo 9° N. Zona 2: Municipios: Camaguan, San Gerónimo de Guayabal, Francisco de Miranda, El Socorro, Santa María de Ipire, Las Mercedes, y Área del Municipio Leonardo Infante al Sur del paralelo 9° N.
LARA	Zona 5: Municipios: Morán, Andrés Eloy Blanco, Jiménez, Iribarren, Palavecino, Simón Planas, Crespo. Zona 4: Municipios: Torres y Urdaneta.
MÉRIDA	Zona 5: Municipios: Tovar, Antonio Pinto Salinas, Guaraque, Sucre, Andrés Bello, Caracciolo Parra Olmedo, Justo Briceño, Miranda, Rangel, Libertador, Campo Elías, Arzobispo Chacón, Aricagua, Zea, Rivas Dávila, Julio Cesar Salas, Pueblo Llano, Cardenal Quintero, Santos Marquina y Padre Noguera. Zona 4: Municipios: Alberto Adriani, Obispo Ramos de Lora, Tulio Febres Cordero y Julio César Salas.
MIRANDA	Zona 5: Municipios: Andrés Bello, Buroz, Brión, Zamora, Plaza, Sucre, Chacao, Guaicaipuro, El Hatillo, Baruta, Los Salias, Carrizal, y Áreas de los Municipios Páez y Pedro Gual al Norte de la Autopista de Oriente. Zona 4: Municipios: Urdaneta, Paz Castillo, Lander, Acevedo, Cristóbal Rojas, Simón Bolívar, Independencia, y Áreas de los Municipios Páez y Pedro Gual al Sur de la Autopista de Oriente.
MONÁGAS	Zona 6: Municipios: Acosta, Piar, Caripe, Bolívar, Púnceres. Zona 5: Municipios: Cedeño, Ezequiel Zamora, Santa Bárbara, y Área del Municipio Maturín al Norte del paralelo 9° N. Zona 4: Municipios: Aguasay, Libertador, Uracoa, Sotillo, y Área del Municipio Maturín al Sur del paralelo 9°.
NUEVA ESPARTA	Zona 5: Todo el Estado.
PORTUGUESA	Zona 4: Municipios: San Jenaro de Boconoito, Sucre, Guanare, Monseñor José Vicente de Unda, Ospino, Esteller, Araure, Páez, Agua Blanca, San Rafael de Onoto. Zona 3: Municipios: Guanarito, Papelón, Santa Rosalía, Turén.
SUCRE	Zona 7: Municipios y Áreas situados al Norte del paralelo que pasa por la costa Norte del Golfo de Santa Fe (aproximadamente a 10° 20' N). Zona 6: Resto del Estado.
TÁCHIRA	Zona 5: Municipios: Simón Rodríguez, Antonio Rómulo Costa, Seboruco, José María Vargas, Michelena, Andrés Bello, Guasimos, Independencia, Lobatera, Pedro María Ureña, Libertad, Bolívar, Rafael Urdaneta, Junín, Torbes, San Cristóbal, Cadenas, Sucre, Francisco de Miranda, Córdoba, Fernández Feo, Libertador, Ayacucho, Jauregui, Uribante y Samuel Darío Maldonado. Zona 4: Municipios: García de Hevia, Panamericano.
TRUJILLO	Zona 5: Municipios: Valera, Urdaneta, Boconó, Carache, Trujillo, Pampan, Candelaria, Pampanito, San Rafael de Carvajal, Juan Vicente Campo Elías. Zona 4: Municipios: La Ceiba, Monte Carmelo, Bolívar, Sucre, Miranda, Andrés Bello, José Felipe Marquez Cañizales, Motatán,

	Rafael Rangel, Escuque.
YARACUY	Zona 4: Municipios: Bolívar, Manuel Monge. Zona 5: Municipios: Veroes, San Felipe, Bruzual, Peña, Nirgua, Independencia, Cocorote, Sucre, Aristides Bastidas, La Trinidad, Urachiche, José Antonio Páez.
VARGAS	Zona 5: Todo el Estado.
ZULIA	Zona 4: Municipios: Jesús María Semprún, Catatumbo, Colón, Francisco Javier Pulgar, Sucre. Zona 3: Municipios: Mara, Jesús Enrique Lossada, Maracaibo, San Francisco, La Cañada de Urdaneta, Rosario de Perijá, Machiques de Perijá, Baralt, Valmore Rodríguez, Lagunillas, Cabimas, Santa Rita, Miranda, Simón Bolívar. Zona 2: Municipios: Páez, Almirante Padilla.
ISLAS DEL CARIBE	Zona 5: Todas las Islas de la Región del Caribe.

Fuente: COVENIN, Edificaciones Sismorresistentes (2001).

2.2.5. Movimientos de Diseño:

Los parámetros que caracterizan los movimientos de diseño dependen de las condiciones geotécnicas locales definidas en la Norma COVENIN-MINDUR 1756-1-2001. Partiendo de la Zona Sísmica correspondiente al sitio de la Edificación, la Norma establece el Peligro Sísmico y su Coeficiente de Aceleración Horizontal (A_0) y el Coeficiente de Aceleración Vertical correspondiente a 0.7 veces los Valores de la Aceleración Horizontal (Tabla 2).

Tabla 2: Valores de Aceleración Horizontal (A_0)

ZONAS SÍSMICAS	PELIGRO SISMICO	A_0
7	Elevado	0.40
6		0.35
5		0.30
4	Intermedio	0.25
3		0.20
2	Bajo	0.15
1		0.10
0		--

Fuente: COVENIN, Edificaciones Sismorresistentes (2001).

2.2.6. Formas Espectrales Tipificadas de los Terrenos de Fundación:

La Norma COVENIN considera cuatro Formas Espectrales Tipificadas (S1 a S4) y un Factor de Corrección para el Coeficiente de Aceleración Horizontal (A_0), los cuales dependen de las características del Perfil Geotécnico del Terreno de Fundación.

Tabla 3: Forma Espectral y Factor de Corrección (ϕ).

Material	V_{sp} (m/s)	H(m)	Zonas Sísmicas 1 a 4		Zonas Sísmicas 5 a 7	
			Forma Espectral	ϕ	Forma Espectral	ϕ
Roca Sana/Fracturada	>500	-	S1	0.85	S1	1.00
Roca Blanda o Meteorizada y Suelos muy Duros o muy Densos	>400	<30	S1	0.85	S1	1.00
		30-50	S2	0.80	S2	0.90
		>50	S3	0.70	S2	0.90
Suelos Duros o Densos	250-400	<15	S1	0.80	S1	1.00
		15-50	S2	0.80	S2	0.90
		>50	S3	0.75	S2	0.90
Suelos Firmes/medio Densos	170-250	≤ 50	S3	0.70	S2	0.95
		>50	S3 ^(a)	0.70	S3	0.75
Suelos Blandos/Sueltos	<170	≤ 15	S3	0.70	S2	0.90
		>15	S3 ^(a)	0.70	S3	0.80
Suelos Blandos o Densos ^(b) intercalados con Suelos más Rígidos	-	H_i	S3 ^(c)	0.65	S2	0.70

Fuente: COVENIN, Edificaciones Sismorresistentes (2001).

a) Si $A_0 \leq 0.15$ úsese S4

b) El Espesor de los Estratos Blandos o Sueltos ($V_s < 170$ m/s) debe ser mayor que $0.1 H$.

c) Si $H_1 \geq 0.25 H$ y $A_0 \leq 0.20$ úsese S4.

Dónde:

V_{sp} = Velocidad Promedio de las Ondas de Corte en el Perfil Geotécnico.

H = Profundidad a la cual se consigue material cuya Velocidad de las Ondas de Corte, V_s , es mayor que 500 m/s.

ϕ = Factor de corrección del Coeficiente de Aceleración Horizontal.

H_1 = Profundidad desde la superficie hasta el tope del Estrato Blando.

2.2.7. Clasificación de Edificaciones según el Uso:

Para los efectos de la aplicación de la Norma COVENIN, las edificaciones quedaran clasificadas según su Uso, Nivel de Diseño, Tipo y Regularidad Estructural.

Grupo A:

Edificaciones que albergan instalaciones esenciales, de funcionamiento vital en condiciones de emergencia o cuya falla pueda dar lugar a cuantiosas pérdidas humanas o económicas, tales como, aunque no limitadas a:

- Hospitales: Tipo IV, Tipo III, Tipo II.
- Edificios Gubernamentales o Municipales de importancia, Monumentos y Templos de valor excepcional.

- Edificios que contienen objetos de valor excepcional, como ciertos Museos y Bibliotecas.
- Estaciones de Bomberos, Policía o Cuarteles.
- Centrales Eléctricas, Subestaciones de Alto Voltaje y de Telecomunicaciones, Plantas de Bombeo.
- Depósitos de Materias Tóxicas o Explosivas y Centros que utilicen Materiales Radioactivos.
- Torres de Control, Hangares, Centros de Tráfico Aéreo.
- Edificaciones Educativas.
- Edificaciones que puedan poner en peligro algunas de las de este grupo.

Grupo B1:

Edificaciones de uso público o privado, densamente ocupadas, permanente o temporalmente, tales como:

- Edificios con capacidad de ocupación de más de 3.000 personas o área techada de más de 20.000 m².
- Centros de Salud no incluidos en el Grupo A.
- Edificaciones clasificadas en los grupos B2 o C que puedan poner en peligro las de este grupo.

Grupo B2:

Edificaciones de uso público o privado, de baja ocupación, que no excedan los límites indicados en el Grupo B1, tales como:

- Viviendas.

- Edificios de Apartamentos, de Oficinas u Hoteles.
- Bancos, Restaurantes, Cines y Teatros.
- Almacenes y Depósitos.
- Toda Edificación clasificada en el Grupo C, cuyo derrumbe pueda poner en peligro las de este grupo.

Grupo C:

Construcciones no clasificadas en los grupos anteriores, ni destinadas a la habitación o al uso público y cuyo derrumbe no pueda causar daños a edificaciones de los tres primeros grupos. En las edificaciones del Grupo C, se podrá obviar la aplicación de esta Norma, siempre y cuando se adopten disposiciones constructivas que aseguren su estabilidad ante las acciones sísmicas previstas en el Capítulo 4 de la misma. Las edificaciones que contengan áreas que pertenezcan a más de un grupo, serán clasificadas en el grupo más exigente.

2.2.8. Factor de Importancia:

Partiendo de la clasificación según el uso, la Norma COVENIN define un Factor de Importancia (α) (Tabla 4).

Tabla 4: Factor de Importancia.

GRUPO	α
A	1.30
B1	1.15
B2	1.00

Fuente: COVENIN, Edificaciones Sismorresistentes (2001).

2.2.9. Clasificación según el Nivel de Diseño:

La Norma COVENIN establece tres niveles de diseño:

Nivel de Diseño 1:

El Nivel de Diseño en Zonas Sísmicas no requiere la aplicación de requisitos adicionales a los establecidos para acciones gravitacionales.

Nivel de Diseño 2:

Requiere la aplicación de los requisitos adicionales para este Nivel de Diseño, establecidos en las Normas COVENIN-MINDUR.

Nivel de Diseño 3:

Requiere la aplicación de todos los requisitos adicionales para el diseño en zonas sísmicas establecidos en las Normas COVENIN-MINDUR.

2.2.10. Niveles de Diseño Requeridos:

Se usará uno de los Niveles de Diseño (ND) indicados en la Tabla 5. En el detallado de elementos que formen parte de estructuras irregulares,

independientemente de la Zona Sísmica, se aplicará el ND3 en los siguientes casos: (i) donde excepcionalmente se presenten las irregularidades anotadas en la Tabla 6 y (ii) en los sistemas Tipo I de redundancia limitada, tales como: edificios con menos de tres líneas resistentes en una de sus direcciones y edificios con columnas discontinuas.

Tabla 5: Niveles de Diseño ND.

GRUPO	ZONA SÍSMICA		
	1 y 2	3 y 4	5,6 y 7
A: B1	ND2 ND3	ND3	ND3
B2	ND1 (*) ND2 ND3	ND2 (*) ND3	ND3 ND2 (**)

(*) Valido para Edificaciones de hasta de 10 pisos o 30 m de altura

(**) Valido para Edificaciones de hasta de 2 pisos y 8 m de altura

Fuente: COVENIN, Edificaciones Sismorresistentes (2001).

Tabla 6: Áreas y/o Componentes en los cuales debe extenderse el cumplimiento de los requerimientos de Diseño ND3.

TIPO DE IRREGULARIDAD SEGÚN LA SECCIÓN 6.5.2		ÁREAS O COMPONENTES
VERTICAL	a.1 Entrepiso blando.	Todos los componentes del entrepiso y de los dos entrepisos adyacentes.
	a.2: Entrepiso débil.	
	a.7: Discontinuidad en el plano del sistema resistente a cargas laterales.	Los componentes donde ocurre la discontinuidad y todos los componentes adyacentes.
	a.9 Columnas cortas.	
EN PLANTA	b.2: Riesgo torsional elevado.	Toda la estructura.
	b.4: Diafragma flexible.	Todos los componentes que se vinculan al diafragma en referencia.

Fuente: COVENIN, Edificaciones Sismorresistentes (2001).

2.2.11. Tipologías:

Los Tipos de Sistemas Estructurales Resistentes a Sismos son los siguientes:

Tipo I: Estructuras capaces de resistir la totalidad de las acciones sísmicas mediante sus vigas y columnas, tales como los sistemas estructurales construidos por pórticos. Los ejes de columnas deben mantenerse continuos hasta su fundación.

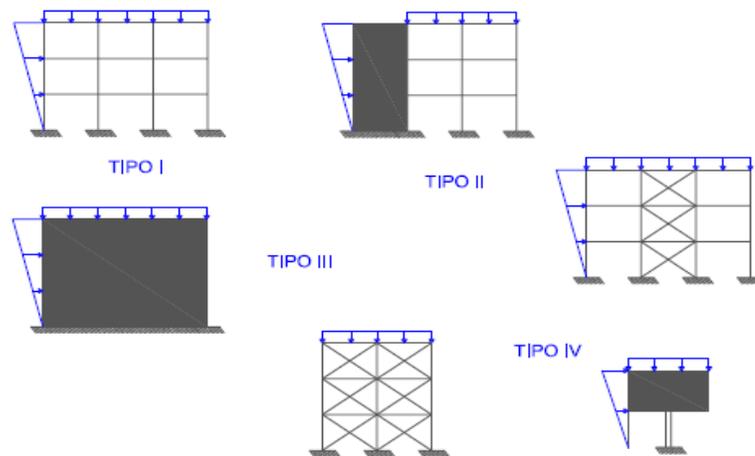
Tipo II: Estructuras construidas por combinaciones de los tipos I y III, teniendo ambos el mismo Nivel de Diseño. Su acción conjunta debe ser capaz de resistir la totalidad de las fuerzas sísmicas. Los pórticos por sí solos deberán estar en capacidad de resistir por lo menos veinticinco por ciento (25%) de esas fuerzas.

Tipo III: Estructuras capaces de resistir la totalidad de las acciones sísmicas mediante pórticos diagonalizados o muros estructurales de concreto armado o de sección mixta acero-concreto, que soportan la totalidad de las cargas permanentes y variables. Los últimos son los sistemas comúnmente llamados de muros. Se consideran igualmente dentro de este grupo las combinaciones de los Tipos I y III, cuyos pórticos no sean capaces de resistir por sí solos por lo menos veinticinco por ciento (25%), de las fuerzas sísmicas totales, respetando en su diseño, el nivel de diseño adoptado para toda la estructura. Se distinguen como tipo III, a los sistemas conformados por muros de concreto armado acoplados con dinteles o vigas dúctiles, así como los pórticos de acero con diagonales excéntricas acopladas con eslabones dúctiles.

Tipo IV: Estructuras que no posean diafragmas con la rigidez y resistencia necesarias para distribuir eficazmente las fuerzas sísmicas entre

54 los diversos miembros verticales. Estructuras sustentadas por una sola columna. Edificaciones con losas sin vigas, los cuales se pueden observar a continuación (Figura 6).

Figura 6: Tipologías de Sistemas Estructurales Resistentes a Sismos.



Fuente: FRATELLI (2001).

La Norma COVENIN también establece que en caso de que en alguna dirección de análisis, se utilice más de un sistema estructural, en dicha dirección se empleará el menor valor de R de los correspondientes valores dados en la Tabla 7. Cuando en la combinación vertical de dos sistemas, uno de los componentes soporte un peso igual o menor que el diez por ciento (10%), del peso total de la edificación, no es necesario satisfacer este requisito.

Tabla 7: Factores de Reducción (R).

NIVEL DE DISEÑO	ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO				
	TIPO DE ESTRUCTURA (SECCION 6.3.1)				
	I	II	III	IIIa	IV
ND3	6.0	5.0	4.5	5.0	2.0
ND2	4.0	3.5	3.0	3.5	1.5
ND1	2.0	1.75	1.5	2.0	1.25
NIVEL DE DISEÑO	ESTRUCTURAS DE ACERO				
	TIPO DE ESTRUCTURA (SECCION 6.3.1)				
	I ⁽⁰⁾	II	III	IIIa	IV
ND3	6.0 ⁽²⁾	5.0	4.0	6.0 ⁽³⁾	2.0
ND2	4.5	4.0	-	-	1.5
ND1	2.5	2.25	2.0	-	1.25
NIVEL DE DISEÑO	ESTRUCTURAS DE ACERO-CONCRETO				
	TIPO DE ESTRUCTURA (SECCION 6.3.1)				
	I	II	III	IIIa	IV
ND3	6.0	5.0	4.0	6.0 ⁽¹⁾	2.0
ND2	4.0	4.0	-	-	1.5
ND1	2.25	2.50	2.25	-	1.0

(1) Para sistemas con columnas articuladas en su base el valor R será multiplicado por 0.75

(2) En pórticos con vigas de celosía se usara 5.0 limitado a edificio de no más de 30 metros de altura.

(3) En aquellos casos donde la conexión viga colectora-columna sea del tipo PR, según la Norma COVENIN 1618-98, úsese 5.0.

Para muros estructurales reforzados con planchas de acero y miembros de borde de sección mixta acero-concreto, úsese 5.0.

Fuente: COVENIN, Edificaciones Sismorresistentes (2001).

2.2.12. Factor de Reducción de Respuesta:

Los máximos valores del Factor de Reducción (R), para los distintos tipos de estructuras y niveles de diseño, están dados en la Tabla 7, la cual debe ser aplicada en concordancia con los niveles de diseño requeridos.

En caso de estructuras irregulares tipificadas como a.4, b.1 y b.2, así como en los sistemas estructurales Tipo I con columnas articuladas en su

base, los valores de R serán minorados multiplicando los valores de 7 por 0.75, sin que sean menores que 1.0. En el caso de las irregularidades a.1, a.2, a.7, a.8 y a.9 las solicitaciones obtenidas del análisis serán multiplicadas por 1.3, en todos los elementos del entrepiso donde se localice la irregularidad, y los de los entrepisos inferiores.

2.2.13. Clasificación según la Regularidad de la Estructura:

Toda Edificación será clasificada como Regular o Irregular de acuerdo a las definiciones siguientes:

2.2.13.1. Edificación de Estructura Regular:

La Norma COVENIN considera Regular a la Edificación que no cumpla con ninguno de los apartados de las estructuras irregulares, descritas posteriormente.

2.2.13.2 Edificación de Estructura Irregular:

Se considera Irregular la Edificación que en alguna de sus direcciones principales presente alguna de las características siguientes:

a) Irregularidades Verticales:

a.1) **Entrepiso Blando:** La rigidez lateral de algún entrepiso, es menor que 0.7 veces la del entrepiso superior, o 0.8 veces el promedio de las rigideces de los tres entrepisos superiores. En el cálculo de las rigideces se incluirá la contribución de la tabaquería; en el caso de que su contribución sea mayor para el piso inferior que para los superiores, esta se podrá omitir.

a.2) **Entrepiso Débil:** La resistencia lateral de algún entrepiso, es menor que 0.7 veces la correspondiente resistencia del entrepiso superior, o 0.80 veces el promedio de las resistencias de los tres entrepisos superiores. En la evaluación de la resistencia de los entrepisos se incluirá la contribución de la tabaquería; en el caso de que su contribución sea mayor para el piso inferior que para los superiores, esta se podrá omitir.

a.3) **Distribución Irregular de Masas de uno de los Pisos Contiguos:** Cuando la masa de algún piso exceda 1.3 veces la masa de uno de los pisos contiguos. Se exceptúa la comparación con el último nivel de techo de la edificación. Para esta verificación la masa de los apéndices se añadirá al peso del nivel que los soporte.

a.4) **Aumento de las Masas con la Elevación:** La distribución de masas de la edificación crece sistemáticamente con la altura. Para esta verificación la masa de los apéndices se añadirá al peso del nivel que los soporte.

a.5) **Variaciones en la Geometría del Sistema Estructural:** La dimensión horizontal del sistema estructural en algún piso excede 1.30 la del piso adyacente. Se excluye el caso del último nivel.

a.6) **Esbeltez Excesiva:** El cociente entre la altura de la edificación y la menor dimensión en planta de la estructura a nivel de base exceda a 4. Igualmente cuando esta situación se presente en alguna porción significativa de la estructura.

a.7) **Discontinuidad en el plano del sistema resistente a cargas laterales:** De acuerdo con alguno de los siguientes casos:

i) Columnas o muros que no continúan al llegar a un nivel inferior distinto al nivel de base.

ii) El ancho de la columna o muro en un entrepiso presenta una reducción que excede el veinte por ciento (20%) del ancho de la columna o muro en el entrepiso inmediatamente superior en la misma dirección horizontal.

iii) El desalineamiento horizontal del eje de un miembro vertical, muro o columna, entre dos pisos consecutivos, supera $1/3$ de la dimensión horizontal del miembro inferior en la dirección del desalineamiento.

a.8) **Falta de conexión entre miembros verticales:** Alguno de los miembros verticales. Columnas o muros, no está conectado al diafragma de algún nivel.

a.9) **Efectos de Columna Corta:** Marcada reducción en la longitud libre de columnas, por efecto de restricciones laterales tales como paredes, u otros elementos no estructurales.

b) Irregularidades en Planta:

b.1) **Gran Excentricidad:** En algún nivel la excentricidad entre la línea de acción del cortante en alguna dirección, y el centro de rigidez supera el veinte por ciento (20%) del radio de giro inercial de la planta.

b.2) **Riesgo Torsional Elevado:** Si en algún piso se presenta cualquiera de las siguientes situaciones:

i) El radio de giro torsional r_t en alguna dirección es inferior al cincuenta por ciento (50%) del radio de giro inercial r .

ii) La excentricidad entre la línea de acción del cortante y el centro de rigidez de la planta supera el treinta por ciento (30%) del valor del radio de giro torsional r_t en alguna dirección.

b.3) **Sistema No Ortogonal:** Cuando una porción importante de los planos del Sistema Sismorresistentes, no sean paralelos a los ejes principales de dicho sistema.

b.4) **Diafragma flexible:**

i) Cuando la rigidez en su plano sea menor a la de una losa equivalente de concreto armado de 4 cm de espesor y la relación largo/ancho no sea mayor que 4.5.

ii) Cuando un número significativo de plantas tenga entrantes cuya menor longitud exceda el cuarenta por ciento (40%) de la dimensión del menor rectángulo que inscribe a la planta, medida paralelamente a la dirección del entrante; o cuando el área de dichos entrantes supere el treinta por ciento (30%) del área del citado rectángulo circunscrito.

iii) Cuando las plantas presenten un área total de aberturas internas que rebasen el veinte por ciento (20%) del área bruta de las plantas.

iv) Cuando existan aberturas prominentes adyacentes a planos sismorresistentes importantes o, en general, cuando se carezca de conexiones adecuadas con ellos.

- v) Cuando en alguna planta el cociente largo/ancho del menor rectángulo que inscriba a dicha planta sea mayor que 5.

2.2.14. Tipos de Espectros:

Según Crisafulli y Villafañe (2002), el concepto de espectro ha ganado una amplia aceptación como herramienta de la dinámica estructural. Es por ello que se han desarrollado varios tipos de espectros, los cuales presentan características diferentes y se utilizan con distintos objetivos. En particular se reconoce tres de los espectros más comunes:

2.2.14.1. Espectros de Respuesta Elástica:

Representan parámetros de respuesta máxima para un terremoto determinado y usualmente incluyen varias curvas que consideran distintos factores de amortiguamiento. Se utilizan fundamentalmente para estudiar las características del terremoto y su efecto sobre las estructuras. Las curvas de los espectros de respuesta presentan variaciones bruscas, con numerosos picos y valles, que resultan de la complejidad del registro de aceleraciones del terremoto.

2.2.14.2. Espectros de Respuesta Inelástica:

Son similares a los anteriores pero en este caso se supone que el oscilador de un grado de libertad exhibe comportamiento no-lineal, es decir que la estructura puede experimentar deformaciones en rango plástico por acción del terremoto. Este tipo de espectros son muy importantes en el diseño sismorresistentes, dado que por razones prácticas y económicas la mayoría de las construcciones se diseñan bajo la hipótesis que incursionarán

en campo plástico. Como ejemplo, se puede mencionar los espectros de ductilidad (ductilidad de desplazamientos es la relación entre el desplazamiento máximo que experimenta la estructura y el desplazamiento de fluencia). Estos espectros representan la ductilidad requerida por un terremoto dado en función del periodo de vibración de la estructura y se Gráficán usualmente para distintos niveles de resistencia. También, se construyen espectros de aceleración, desplazamiento de fluencia o desplazamiento último de sistemas inelásticos, en donde se consideran distintos niveles de ductilidad o distintos tipos de comportamiento histerético.

Las construcciones no pueden diseñarse para resistir un terremoto en particular en una zona dada, puesto que el próximo terremoto probablemente presentará características diferentes. Por lo tanto, los espectros de respuesta elástica o inelástica, descriptos previamente, no pueden utilizarse para el Diseño Sismorresistente. Por esta razón, el diseño o verificación de las construcciones sismorresistentes se realiza a partir de espectros que son suavizados (no tienen variaciones bruscas) y que consideran el efecto de varios terremotos, es decir que representan una envolvente de los espectros de respuesta de los terremotos típicos de una zona. Los espectros de diseño se obtienen generalmente mediante procedimientos estadísticos, cuya descripción detallada escapa al alcance de este trabajo. Es muy importante que distinguir entre espectros de respuesta, que se obtienen para un terremoto dado, y espectros de diseño, los cuales se aplican al cálculo y verificación de estructuras y representan la sismicidad probable del lugar.

La Norma COVENIN - MINDUR 1756-1-2001, Edificaciones Sismorresistentes, establece que para los Espectros de Diseño las Ordenadas Ad, quedan definidas en función de su Período T, tal como se indica en las ecuaciones siguientes:

$$T < T^+ Ad = \frac{\alpha \phi A_0 \left[1 + \frac{T}{T^+} (\beta - 1) \right]}{1 + \left(\frac{T}{T^+} \right)^c (R - 1)} \quad (Ec. 1)$$

$$T^+ \leq T \leq T^* Ad = \frac{\alpha \phi \beta A_0}{R} \quad (Ec. 2)$$

$$T > T^* Ad = \frac{\alpha \phi \beta A_0}{R} \left(\frac{T^*}{T} \right)^p \quad (Ec. 3)$$

Dónde:

Ad = Ordenada del Espectro de Diseño, expresada como una fracción de la Aceleración de Gravedad.

α = Factor de Importancia.

Ao = Coeficiente de Aceleración Horizontal.

ϕ = Factor de Corrección del Coeficiente de Aceleración Horizontal.

β = Factor de Magnificación Promedio.

To = 0.25T* Período a partir del cual los Espectros Normalizados tienen un valor constante (seg).

T* = Máximo período en el intervalo donde los Espectros Normalizados tienen un valor constante.

$T_+ \geq T_0$ Período característico de variación de Respuesta Dúctil (seg).

$$c = 4 R / \beta$$

R = Factor de Reducción de Respuesta.

p = Exponente que define la rama descendente del Espectro.

En la Tabla 8, se muestran los valores de T^* , β y p para cada Forma Espectral.

Tabla 8: Valores de T^* , β y p.

FORMA ESPECTRAL	T^* (seg)	β	p
S1	0.4	2.4	1.0
S2	0.7	2.6	1.0
S3	1.0	2.8	1.0
S4	13	3.0	0.8

Fuente: COVENIN, Edificaciones Sismorresistentes (2001).

En la Tabla 9 se muestran los Valores de T_+ y la muestra de los mismos en la Gráfica 1.

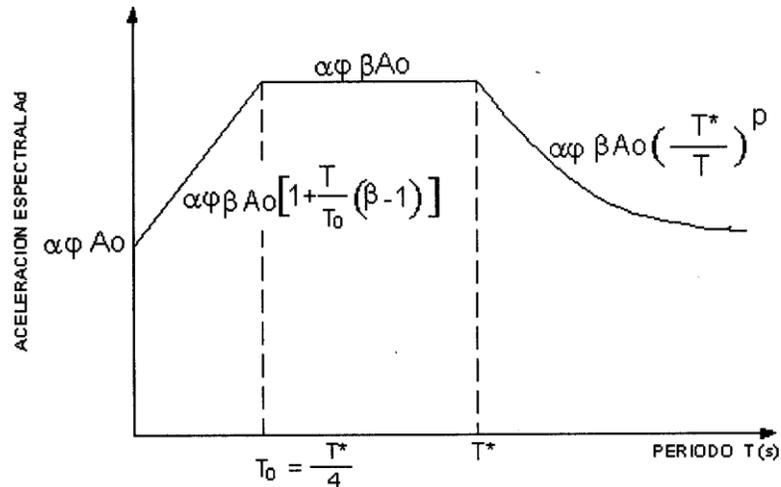
Tabla 9: Valores de T_+ .

CASO	T_+ (seg)
$R < 5$	0.1 (R-1)
$R \geq 5$	0.4

$$T_0 \leq T_+$$

Fuente: COVENIN, Edificaciones Sismorresistentes (2001).

Gráfica 1: Espectro de Respuesta Elástico (R=1)



Fuente: COVENIN, Edificaciones Sismorresistentes (2001).

2.2.15. Factor de Modificación de Respuesta R:

Según Crisafulli y Villafañe (2002), el nivel relativamente bajo las fuerzas laterales recomendadas en las Normas COVENIN para el Diseño Sismorresistentes de Edificaciones, se sustenta en la hipótesis de que los miembros puedan deformarse inelásticamente, por ello es preciso dotarlo de la ductilidad necesaria para garantizar que la estructura sobreviva sin colapsar frente al tren de cargas cíclicas que actúan sobre ella durante un sismo. Es decir, se trata por todos los medios de evitar cualquier tipo de falla frágil y permitir que los miembros se deformen inelásticamente al ser sometidos a sollicitaciones por flexión, corte o fuerza axial. Esta es una razón por la cual existen recomendaciones normadas para los miembros, en zonas sísmicas.

El Factor de Reducción de Respuesta R se puede interpretar como el factor por el que hay que dividir las ordenadas del Espectro de Respuesta

Elástica para obtener el Espectro de Diseño; en otras palabras el Factor R, representa el cociente de dividir la Fuerza Elástica que se desarrollaría en la estructura al utilizar en el análisis el Espectro Elástico de Diseño entre la Fuerza de Diseño V, que se produce al utilizar en el análisis el Espectro Reducido de Diseño.

2.2.16. Deriva:

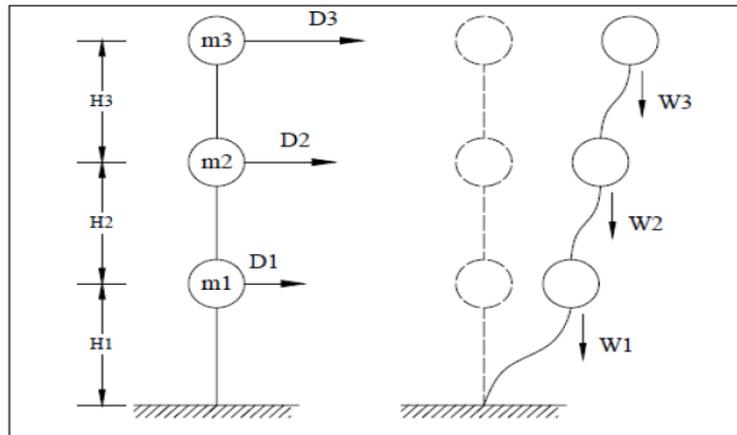
Diferencia de los Desplazamientos Laterales Totales entre dos niveles o pisos consecutivos. La Necesidad del Control de la Deriva ocurre cuando hay que controlar la Deriva de una Edificación durante la acción de fuertes vientos o de un sismo, es una tarea prioritaria del diseño, debido a que garantiza la estabilidad estructural, minimiza el daño potencial de los componentes no-estructurales y previene pérdidas de vidas. Se ha podido comprobar que el daño en edificaciones ocasionado durante un sismo está directamente relacionado con la magnitud del desplazamiento relativo entre los distintos niveles. De allí que una forma eficaz de reducir los daños se obtenga reduciendo la Deriva.

2.2.17. Efecto P- Δ :

Cuando una carga lateral actúa sobre una masa genera un desplazamiento lateral en ese elemento, ese desplazamiento lateral interactúa con la carga vertical que está aplicada sobre ese elemento y se genera ahora un momento adicional o solicitaciones adicionales, que a su vez, vuelven a incrementar al desplazamiento lateral y se genera un incremento de solicitaciones y responde a un proceso iterativo (Figura 7).

Encontrar la solución de lo que está ocurriendo, se conoce como Verificación p Delta. Se necesita controlar para que no se generen efectos de inestabilidad, que junto con otras irregularidades, pueden generar fallas o colapso de la estructura.

Figura 1: Efecto P-Δ.



Fuente: Valencia (2012).

La Norma COVENIN - MINDUR 1756-1-2001 Edificaciones Sismorresistentes, establece que este se tomarán en cuenta los efectos P-Δ cuando en cualquier nivel el coeficiente de estabilidad θ_i exceda el valor 0.08. (Ecuación 4).

$$\theta_i = \frac{\delta_{ei} \sum_{j=i}^N W_j}{V_i (h_i - h_{i-1})} \quad (\text{Ec. 4})$$

Dónde:

δ_{ei} = Diferencia de los Desplazamientos Laterales Elásticos entre dos niveles consecutivos, en sus correspondientes Centros de Masa.

W_j = Peso del Nivel j de la Edificación.

V_i = Cortante de Diseño en el Nivel i .

h_i = Altura del Nivel i .

La estructura deberá ser redimensionada cuando en algún nivel, el valor θ_i exceda $\theta_{\text{máx}}$ dado por la Ecuación 5.

$$\theta_{\text{máx}} = \frac{0.625}{R} \leq 0.25 \quad (\text{Ec. 5})$$

2.2.18. Materiales Elásticos y No Linealmente Elásticos:

Lazarde (2012), define como Material Elástico aquel material que es capaz de recuperar completamente sus dimensiones originales una vez removidas las fuerzas que sobre él actúan, es decir no existen Deformaciones de modo permanente (Elasticidad). Es una aplicación o una descripción como tal de la Ley de Hooke, la cual establece que en todo cuerpo elástico se cumple que el cociente entre el Esfuerzo presente y la Deformación es una constante para ese material.

2.2.19. Propiedades Mecánicas de los Materiales:

Adicionalmente a las Propiedades Mecánicas, las cuales se obtienen mediante Ensayos, se tienen las propiedades que describen como un material responde a la carga y la deformación.

- **Rigidez:** Es la propiedad que permite a un material resistir grandes Esfuerzos si permitir Deformaciones apreciables. Cabe destacar que es la capacidad de resistir cualquier tipo de Deformación. La Rigidez de un

material depende directamente del Módulo de Elasticidad, como tenemos el Acero Estructural con un Módulo de Elasticidad: = $2,1 \times 10^6$ Kgf/cm².

- **Resistencia:** Es una propiedad que se determina en función del mayor Esfuerzo que el material, es capaz de resistir antes de romperse. Puede indistintamente definirse en función del punto cedente o de la resistencia ultima. Así como la resistencia cedente se define como la Tensión o Esfuerzo, para la cual un material exhibe una Deformación Límite de la proporcionalidad entre Tensiones y Deformaciones. Por otra parte la Resistencia Última o Resistencia de Agotamiento es la máxima resistencia posible de una sesión. En realidad ninguno de estos valores es realmente adecuado para definir la resistencia del material, ya que el comportamiento del mismo bajo carga difiere con el tipo de Esfuerzo y con la naturaleza del proceso de carga.
- **Elasticidad:** Es la propiedad del material que le permite recuperar sus dimensiones originales después de retirar la carga que lo deforma. Se debe tener en cuenta que no existe ningún material conocido completamente elástico para todos los rangos posibles de esfuerzos.
- **Ductilidad:** Es la propiedad que le permite a un material deformarse considerablemente en el rango plástico antes de alcanzaron su rotura, también se puede definir como la capacidad que poseen los componentes de un sistema estructural de hacer incursiones alternantes en el dominio inelástico, sin pérdida apreciable de su capacidad resistente. Un porcentaje alto de elongación indica que el material es dúctil.

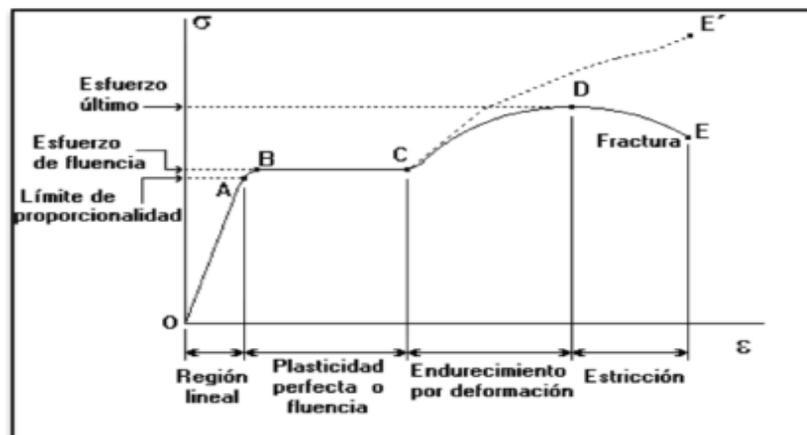
- **Factor de Ductilidad:** Valor que describe la ductilidad global esperada del sistema resistente a sismos, el cual cuantifica la relación entre los desplazamientos máximos reales y los desplazamientos calculados suponiendo un comportamiento elástico lineal de la estructura.
- **Fragilidad:** Se dice que un material es frágil cuando experimenta una fractura abrupta sin experimentar alguna deformación plástica antes de fracturarse, un material frágil no es un material dúctil ni tampoco maleable, y falla repentinamente y sin previo aviso, un material frágil no exhibe punto cedente y su resistencia a la ruptura es aproximadamente igual a su resistencia última, los materiales frágiles son poco resistentes a la tracción por eso suelen ensayarse a compresión.
- **Maleable:** Se dice que un material metálico es maleable cuando puede extenderse en planchas muy delgadas, se aplica este término a los materiales que pueden trabajarse fácilmente, la mayoría de los materiales que son dúctiles son también maleables.
- **Tenacidad:** Se dice que un material es tenaz cuando es capaz de disipar energía manteniendo un comportamiento histérico estable, la tenacidad es igual al área contenida bajo la curva esfuerzo deformación medida desde el origen hasta el punto de ruptura. Un cuerpo es tenaz cuando es capaz simultáneamente de soportar grandes esfuerzos y grandes deformaciones sin romperse.
- **Resiliente:** Se dice que un material es resiliente cuando es capaz de soportar cargas de gran impacto sin generar esfuerzos que sobrepasen el

límite elástico, la resiliencia se mide como el área contenida en la zona elástica en la curva esfuerzo deformación.

2.2.20. Comportamiento del Acero:

Uno de los ensayos más simples y completos que existen para determinar las propiedades mecánicas de cualquier material es el ensayo a tracción, los metales como se mencionó anteriormente son ensayados a tracción y los materiales como el concreto son ensayados a compresión. Las Propiedades Mecánicas del Acero se obtienen de los Diagramas de Esfuerzo - Deformación (Figura 8).

Figura 8: Diagrama Esfuerzo – Deformación del Acero.



Fuente: Civilgeeks (2012).

- **Rango Elástico:** Abarca la recta comprendida entre el origen y el punto A, esta zona, el esfuerzo o tensión es proporcional a la deformación, en otras palabras, el acero está en el rango elástico y por lo tanto su comportamiento en esta zona es elástico. Un concepto que entra en discusión es el módulo de elasticidad el cual es la relación que resulta al

dividir el esfuerzo que se aplica entre la deformación elástica resultante en la región elástica de la curva esfuerzo-deformación.

- **Rango Plástico:** Una vez que el acero sobrepasa su límite elástico, también conocido para fines prácticos como el punto de cedencia (punto A), el acero incursiona en el rango plástico, (rango BC). En este rango se dice que el acero se comporta plásticamente. Se puede decir, que la deformación unitaria del acero no es reversible, si se suprime súbitamente la tracción del acero, este no recuperara su longitud original sino más bien retendrá una deformación permanente. A partir del punto A, se verifica que la deformación sigue aumentando sin que se produzca ningún incremento en la tensión o esfuerzo de la muestra que se está ensayando. El punto en el cual este comportamiento se inicia y recibe el nombre del punto cedente y el esfuerzo o tensión correspondiente recibe el nombre de esfuerzo o tensión cedente, la deformación unitaria correspondiente es la deformación cedente.
- **Rango de Endurecimiento:** En este rango se observa que a partir de un cierto instante (punto C de la 12) aumenta nuevamente la capacidad resistente del acero, incrementándose de forma continua hasta alcanzaronr la ordenada máxima en el punto C donde la tangente de la curva se hace horizontal, este punto representa la tensión ultima este punto se conoce como punto resistente a la tracción o punto de endurecimiento y luego la fractura inminente.

Obtenidos de Ensayos de Tracción realizados a las probetas, se puede decir que las propiedades obtenidas dependen básicamente de las propiedades químicas y del tratamiento térmico de los aceros ensayados.

2.2.21. Histéresis:

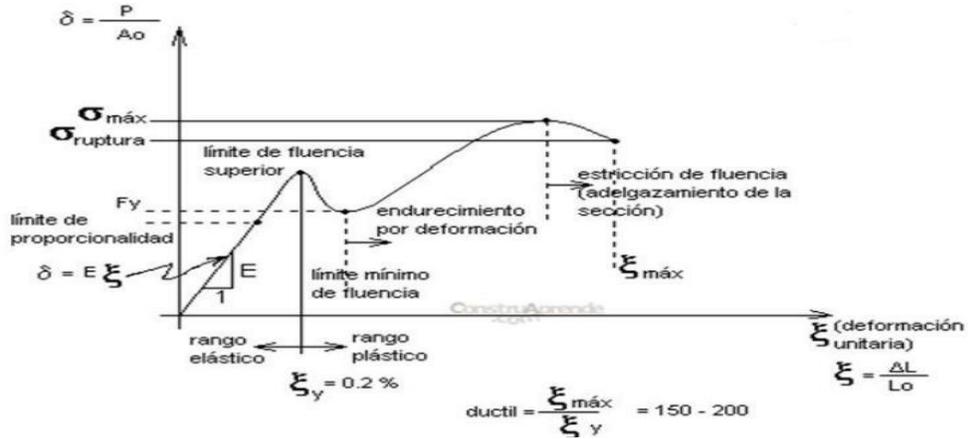
Representa la tendencia de un material a conservar una de sus propiedades, en ausencia del estímulo que la ha generado. Es la recuperación incompleta de las deformaciones debido al consumo de energía, durante un ciclo de descarga. Este fenómeno físico es definido como el área comprendida entre el recorrido de la carga y el recorrido de la descarga en un Gráfico Esfuerzo - Deformación, correspondiente a una fuerza aplicada, que varía gradualmente en magnitud y sentidos durante varios ciclos.

2.2.22. Propiedades del Concreto:

Como se debe saber en el ámbito de la ingeniería civil, el concreto es un material artificial que se obtiene a partir de una mezcla de arena, grava, piedra triturada, cemento, agua y en algunas ocasiones aditivos que se mezclan entre sí de forma cuidadosa y en proporciones debidamente preestablecida que da como resultado un material pétreo de alta resistencia.

En la Figura 9, se muestra el Diagrama Esfuerzo - Deformación perteneciente al mencionado material.

Figura 9: Diagrama Esfuerzo – Deformación del Concreto.



Fuente: Lasarde (2012)

2.2.23. Metodología de Análisis Estático No Lineal (AENL):

El uso de los Análisis Sísmicos, tanto a nivel de investigación como en el desarrollo de proyectos, se ha incrementado debido al gran avance que se ha generado en el campo de desarrollo de Software, con interfaces más amigables. Marte (2014), adiciona en este avance el progreso continuo de los ordenadores en cuestión de la velocidad de procesamiento de datos. De igual manera, Jaramillo y Riveros (2011), plantean que todas las estructuras reales se comportan de forma no lineal a partir de un cierto nivel de carga. En muchos casos, un Análisis Lineal puede ser adecuado, pero en otros muchos la solución lineal producirá resultados equivocados, en cuyo caso se deberá realizar un Análisis Estático No Lineal.

Marte (2014), indicó que el Análisis “Pushover” es muy común en el campo de la ingeniería sísmica y estructural, lo que demuestra la ventaja de requerir menos tiempo para estimar el grado de deterioro de la edificación. En torno a esta propuesta, hace un estudio del Análisis Estático No Lineal

explicando los métodos de análisis “Pushover” convencional y “Pushover” adaptativo, por lo que es significativo definir dichos conceptos.

2.2.23.1. Análisis Estático No Lineal (AENL) o Pushover:

En este método de análisis, las funciones de fuerzas (expresadas tanto en términos de fuerzas horizontales o desplazamientos), son aplicadas a un sistema estructural resistente a acción lateral. Las Fuerzas estáticas o desplazamientos son distribuidos a lo largo de toda la altura de la estructura como forma de simular las fuerzas de inercia o sus efectos. Las funciones de fuerzas son incrementadas en intensidad y el Análisis “Pushover” termina con la última capacidad correspondiente al estado límite o estado de daño de prevención de colapso. Estas funciones de fuerzas corresponden a uno o más formas de modo de vibración.

Si el patrón de función de fuerza (cargas o desplazamiento) se mantiene constante a través del análisis, la metodología se refiere al “Pushover” Convencional. Si el patrón de función de fuerza cambia de acuerdo a las formas de modo de vibración de la estructura en el rango inelástico, el método se refiere al “Pushover” Adaptativo.

2.2.23.2. Análisis “Pushover” Convencional:

Es un Análisis Estático Inelástico en donde la estructura es afectada por cargas gravitatorias constantes y fuerzas laterales o desplazamientos que son incrementados monotónicamente y se mantienen constantes. Debido a que el modelo estructural representa directamente los efectos tanto de no linealidad del material como de no linealidad geométrica, el “Pushover” es un

método de estimación de capacidad de la estructura a través de un conjunto de funciones que representan los efectos de inercia del terremoto.

2.2.23.3. Análisis “Pushover” Adaptativo:

Es un método por el cual los posibles cambios de distribución de fuerzas de inercia pueden tomarse en cuenta durante un análisis estático. De esa manera, responde al principal inconveniente del “Pushover” Convencional, donde una constante de función de fuerza tiene que ser usada.

2.2.24. Patrones de Carga Lateral:

Zabala (2017), afirmo que el patrón de carga lateral simula la sollicitación a la que se ve sometida una estructura ante un movimiento sísmico. Este patrón se incrementa monótonamente haciendo a la estructura avanzar por su zona elástica y entrar en la zona plástica. A veces, se utilizan patrones de desplazamiento en lugar de patrones de carga. Algunos de los patrones más utilizados son los siguientes:

1. Distribución Uniforme:

$$F_r = \frac{W_r}{g} \text{ (Ec. 6)}$$

Donde W_r es el Peso del Nivel r .

2. Distribución con la forma modal fundamental u otros modos:

$$F_r = \frac{W_r}{g} \varphi_{ri} \text{ (Ec. 7)}$$

Donde φ_{ri} es el elemento del Nivel r de la forma modal correspondiente al Modo de Vibración i.

3. Distribución Triangular Inversa:

$$F_r = \frac{W_r h_r}{\sum_{i=1}^N W_i h_i} v_b \text{ (Ec. 8)}$$

Donde K es la altura de la planta r, N es el número total de plantas y v_b es el cortante basal dado por $v_b = S_d(T_n)W$ siendo $S_d(T_n)$ la ordenada del espectro de diseño en aceleración para el periodo fundamental, T_n , y W el peso total de la estructura.

4. Distribución Adaptativa:

Existen varias propuestas de patrones adaptativo. A modo de ejemplo se presenta la de Bracci y otros (1997) para la cual se toma un patrón de carga inicial, F_i , y se actualiza con el siguiente incremento:

$$\Delta F_r^{K*1} = V_b^k \left(\frac{F_r^k}{V_b^k} - \frac{F_r^{k-1}}{V_b^{k-1}} \right) + \Delta V_b^{k+1} \left(\frac{F_r^k}{V_b^k} \right) \text{ (Ec.9)}$$

Donde r es el Nivel de la planta, K es el número incremental y ΔV_b el incremento del cortante basal.

Otro patrón es el establecido por Castañeda (2015) para obtener una carga incremental, trabaja con la altura de cada entrepiso, entre la altura total del edificio, comenzando desde planta baja hasta el último nivel, lo que ha

sido de buen provecho para la investigación, debido al patrón lateral empleado.

2.2.25. Métodos de Análisis Estático No Lineal (AENL):

Los Métodos de Análisis Estático No Lineal o “Pushover” más populares por su implementación en los códigos de edificio, son:

2.2.25.1. Método de Capacidad Espectral (MCE) de ATC-40:

Zabala, (2017), hace mención del MCE, que fue propuesto por primera vez por Freeman en 1975; por lo que se refirió como el método que consiste en comparar la Curva de Capacidad o “Pushover” y el Espectro de Diseño, representados ambos en formato Aceleración - Desplazamiento Espectral (Formato ADRS), para determinar el punto de desempeño de una estructura bajo la acción sísmica.

El procedimiento es aceptado como herramienta de diseño en la Normativa ATC-40, los cuales tiene como pasos los siguientes:

1. Realizar un Análisis Estático “Pushover” del modelo “n” gdl, para obtener la Curva de Capacidad o “Pushover”.
2. Obtener el Modelo Bilineal de la Curva “Pushover” anterior.
3. Transformar la Curva de capacidad a Espectro de Capacidad (Formato ADRS) para un sistema equivalente de 1 gdl, usando las siguientes expresiones:

$$S_a = \frac{V_b}{\alpha_m m_t} \text{ (Ec. 10)}$$

$$S_d = \frac{\delta_t}{PF_1 \Phi_{t,1}} \text{ (Ec. 11)}$$

$$PF_1 = \frac{(\sum_r^N m_r \Phi_{r,1})}{(\sum_r^N m_r \Phi_{r,1}^2)} \text{ (Ec. 12)}$$

$$PF_1 = \frac{(\sum_r^N m_r \Phi_{r,1})^2}{(\sum_r^N m_r)(\sum_r^N m_r \Phi_{r,1}^2)} \text{ (Ec. 13.)}$$

Zabala (2017), describe que M_t : Masa Total del Edificio; α_m : Coeficiente Modal de Masa del Modo Fundamental; PF_1 : Factor de Participación Modal del Modo Fundamental; $\Phi_{t,1}$: Amplitud Modal del Nivel Superior Modo 1 o Modo Fundamental y m_r : Masa del Nivel r .

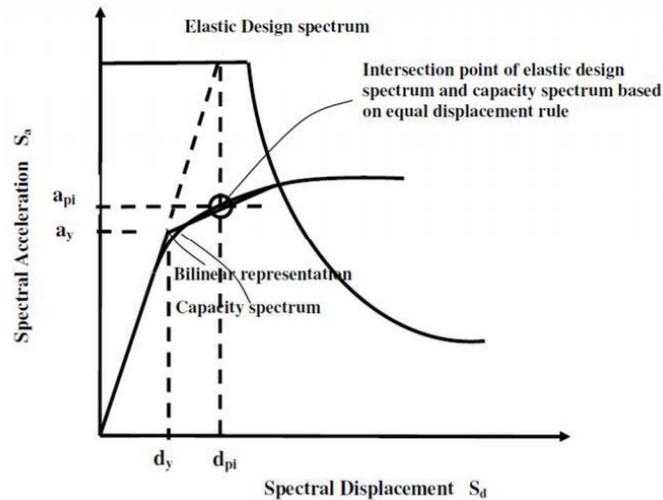
4. Transformar el espectro de diseño elástico o espectro de demanda con amortiguamiento estándar ($\xi=5\%$) a formato ADRS; usando la siguiente expresión:

$$S_{de} = \frac{T^2}{4\pi^2} S_{ae} \text{ (Ec. 14)}$$

5. Superposición de ambos espectros; existen diferentes formas de definir el punto de desempeño y son descritas en la ATC-40 de donde procede el procedimiento descrito.

6. Obtener el punto inicial de desempeño (dpi, api) utilizando, por ejemplo, la hipótesis de igual desplazamiento (Figura 10).

Figura 10: Estimación Inicial del Punto de Desempeño.



Fuente: Zabala (2017).

7. Calcular el coeficiente de amortiguamiento equivalente con las siguientes expresiones:

$$\beta_{eq} = \beta_0 + 0.05 \text{ (Ec.15)}$$

$$\beta_0 = \frac{2(a_y d_{pi} - d_y a_{pi})}{\pi a_{pi} d_{pi}} \text{ (Ec.16)}$$

En función de β_{eq} elegir los factores de reducción tabulados en FEMA 273, con ellos, se reduce el espectro elástico de demanda. Si el espectro de demanda reducido intercepta al espectro de capacidad en el punto de desempeño estimado, o lo hace con una tolerancia aceptable, se da por buena esta solución ($\alpha_p = a_{pi}$; $d_p = d_{pi}$) y se continúa con el procedimiento. En cambio, si no se cumple lo anterior, se toma la intersección como nuevo punto de desempeño inicial.

8. Por último, se transforma el desplazamiento d_p del sistema equivalente de 1 gdl al desplazamiento del sistema de n gdl, D_t , utilizando la expresión,

$$D_t = PF_1 \Phi_{t,1} d_p \text{ (Ec.17)}$$

Con este desplazamiento D_t se entra a la curva “Pushover” del modelo de n gdl, y se obtiene el cortante basal para el cual se dimensiona la estructura.

2.2.25.2. Método N2 (MN2) del EC8 o EN 1998:

Desarrollado por primera vez por Fajfar y Fischinger en 1988 y actualizado en 2000, es el método implementado en el EC8. Conceptualmente, es una variación del Método de Capacidad Espectral que utiliza relaciones $R - u - T$, en lugar de espectros altamente amortiguados para obtener la demanda sísmica.

El Anexo B de la Norma EN 1998-1:2004 establece el siguiente procedimiento analítico:

1. Realizar un Análisis Estático “Pushover” del modelo de n gdl para obtener la curva de capacidad o “Pushover”. En este caso, se utiliza el patrón con la forma modal fundamental descrito, más adelante en los patrones de cargas más utilizados.
2. Transformar la curva anterior a una curva “Pushover” de un sistema equivalente de 1 gdl, utilizando las siguientes expresiones:

$$F^* = \frac{F_b}{\Gamma_1} \text{ (Ec.18)}$$

$$d^* = \frac{d_n}{\Gamma_1} \text{ (Ec.19)}$$

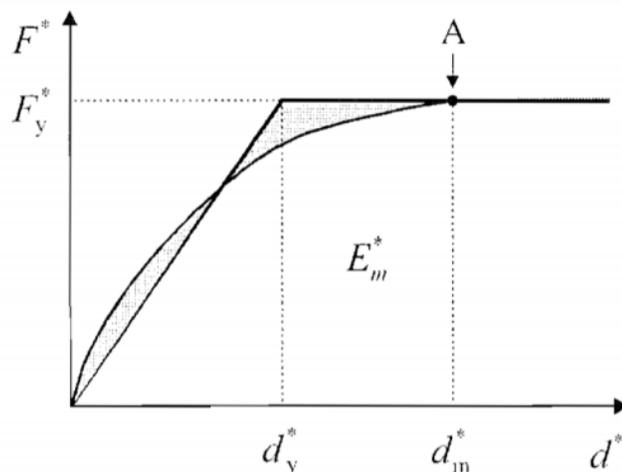
$$\Gamma_1 = \frac{\sum_r^N m_r \phi_{r,1}}{\sum_r^N m_r \phi_{r,1}^2} \text{ (Ec.20)}$$

3. Obtener un Sistema Bilineal de la curva “Pushover” equivalente basado en un Modelo Elastoplástico perfecto respetando que el límite de fluencia, F_y^* , coincide con la fuerza necesaria para formar un mecanismo plástico (punto A); la rigidez inicial es determinada de manera que las áreas sombreadas de la Figura , sean iguales. Cumpliendo todo esto se tiene que:

$$d_y^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E_m^*}{F_y^*} \right) \text{ (Ec.21)}$$

Donde E_m^* es la energía necesaria para formar un mecanismo plástico.

Figura 11: Modelo Elastoplástico de la Curva “Pushover” del Método N2.



Fuente: Zabala (2017).

4. Cálculo del Periodo Equivalente:

$$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{m^* d_y^*}{F_y^*}} \quad (Ec.22)$$

$$m^* = \sum_r^N m_r \Phi_{r,1}$$

5. Cálculo del Desplazamiento Elástico Equivalente:

$$d_{et}^* = S_{ae}(T^*) \left(\frac{T^*}{2\pi}\right)^2 \quad (Ec.23)$$

Donde $S_{ae}(T^*)$ es la Aceleración del Espectro Elástico de respuesta para el Período Equivalente, T^* .

6. Para calcular el Desplazamiento Inelástico en el Sistema Equivalente se tienen dos opciones en función del período de transición del Espectro de Demanda, T_c , el cual separa la zona de aceleración constante de la zona de velocidad constante:

7. Si $T^* < T_c$ entonces tenemos de nuevo dos alternativas:

a) Si $F_y/m^* \geq S_{ae}(T^*)$ la respuesta es elástica y $d_t^* = d_{et}^*$

b) Si $F_y/m^* < S_{ae}(T^*)$ la respuesta es elástica y

$$d_t^* = \frac{d_{et}^*}{qu} \left(1 + (qu - 1) \frac{T_c}{T^*}\right) \geq d_{et}^* \text{ siendo } qu = \frac{S_{ae}(T^*)}{F_y/m^*}.$$

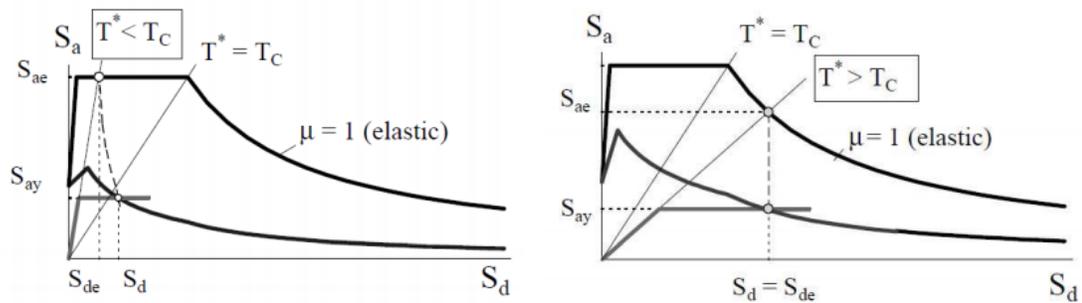
8. Si $T^* > T_c$ entonces $d_t^* = d_{et}^*$

9. Cálculo del Desplazamiento en el Sistema de n gdl:

$$d_t = r_1 d_t^* \quad (Ec.24)$$

Con este dato y la curva “Pushover” del modelo de n gdl se calculan las sollicitaciones en la estructura. También, este método puede ser desarrollado de forma gráfica utilizando las curvas de capacidad y demanda en formato ADRS, estando esta última modificada por medio de la relación $R_u - \mu - T$. (Figura 12).

Figura 12: Obtención gráfica del Punto de Desempeño para $T^* < T_c$ y $T^* > T_c$.



Fuente: Zabala (2017).

Por definición, $R_u = S_{ae}/S_{ay}$ y la relación $R_u - \mu - T$ utilizada es la propuesta por Vidic, que viene dada por,

$$R_\mu = 1 + (\mu - 1) \frac{T}{T_0} \text{ si } T < T_0 \text{ (Ec.25)}$$

$$R_\mu = \mu \text{ si } T > T_0 \text{ (Ec.26)}$$

$$T_n = 0,65\mu^{0,3} T_r \leq T_r \text{ (Ec.27)}$$

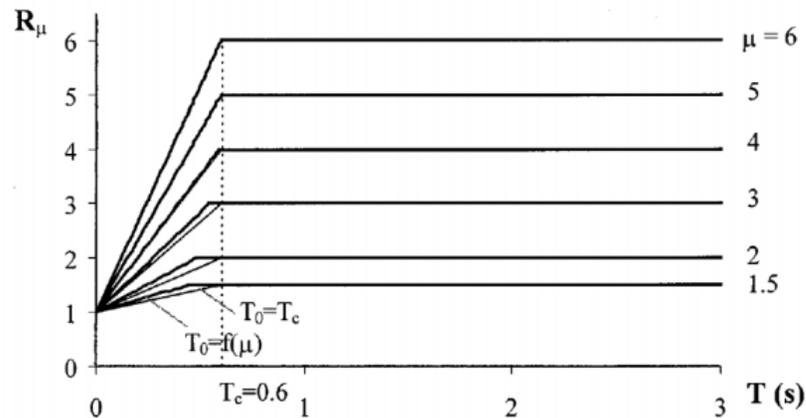
Para simplificar, se considera que $T_0 = T_c$.

Con lo anterior se puede obtener el espectro de demanda inelástico o, directamente, el punto de desempeño, ya que

$$S_a = \frac{S_{aE}}{R_\mu} \text{ y } S_d = \mathcal{U} \frac{S_{dE}}{R_\mu}$$

Por último, el Desplazamiento en el modelo de n gdl será $d_t = r_1 S_d$. Con este Desplazamiento d_t se entra a la Curva Pushover del Modelo de n gdl y se obtiene el Cortante Basal para el cual se dimensiona la estructura.

Gráfica 2: Relación R u - U - T.



Fuente: Zabala (2017).

2.2.25.3. Método del Coeficiente de Desplazamiento (MCD) de ASCE-41 y Fema 273:

FEMA 273 (1998), recomienda el MCD para encontrar el Desempeño Sísmico que va a tener una estructura ante una acción sísmica definida por su espectro. Es un método que determina el Desplazamiento Lateral Δ (delta) máximo en el tope de un edificio mediante una ecuación que tiene un fundamento teórico, estadístico y práctico.

Zabala (2017), menciona el Desplazamiento Objetivo, o Desplazamiento Máximo, lo define como función de la Aceleración, el periodo fundamental de la estructura y una serie de factores. Este valor sirve de dato de entrada a la curva “Pushover Bilinealizada” y de la cual se deriva un valor de ductilidad que debe ser similar al supuesto para el cálculo del Desplazamiento Objetivo, de no ser así, se requiere un proceso iterativo.

Se trata del método principal en el Código FEMA 356, que ya aparecía en edificaciones anteriores como FEMA 273. Los pasos a seguir son:

1. Realizar un Análisis Estático No Lineal o “Pushover” del modelo de n gdl, para obtener la Curva de Capacidad o “Pushover”. En este caso, la Norma FEMA, establece el uso de al menos 2 patrones de los descritos en la Sección 3.4 para obtener la envolvente de la Curva de Capacidad (Figura 13).

2. Obtener el Modelo Bilineal de la Curva “Pushover” anterior.

3. Calcular del Período Equivalente.

$$T_e = T_i \sqrt{\frac{K_i}{K_e}} \quad (Ec. 28.)$$

Siendo T_i el período de vibración de la estructura en rango elástico, K_i la rigidez en rango elástico, y k_e la rigidez equivalente que corta a la Curva de Capacidad en $0,6V_y$.

4. Calcular del desplazamiento,

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g \quad (Ec.29)$$

Dónde:

C0 es un factor modificador que convierte el desplazamiento espectral de sistema de 1 gdl al sistema de n gdl.

C1 es un factor modificador que relaciona el máximo desplazamiento inelástico con el desplazamiento elástico en el sistema de 1 gdl.

C2 es un factor modificador que representa el efecto de la histéresis.

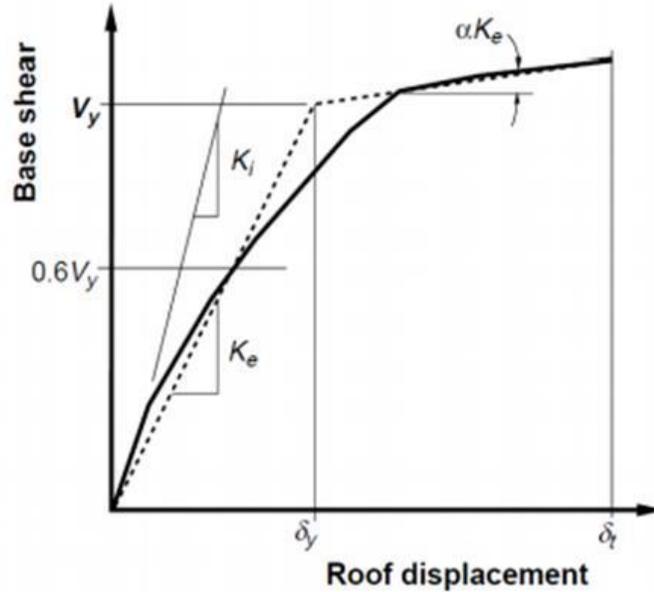
C3 es un factor modificador que incrementa los desplazamientos debidos a los efectos P- Δ . La forma de cálculo de estos coeficientes aparece detallada en la Normativa FEMA 356.

5. Entrar con δ_t a la curva de capacidad para obtener el punto de desempeño.

6. Calcular el factor de ductilidad, u , para este punto de desempeño y comprobar que es similar al estimado para el cálculo de los coeficientes.

De no ser así, se requiere un proceso iterativo con este desplazamiento δ_t se entra a la curva "Pushover" del modelo de n gdl, y se obtiene el cortante basal para el cual se dimensiona la estructura.

Figura 13: Modelo Bilineal de la Curva de Capacidad para el Método del Coeficiente de Desplazamiento.



Fuente: Zabala (2017).

2.2.26. Rotulas Plásticas:

Según Lazarde (2012), es una Zona de Cedencia cuya formación se inicia en una sección de un miembro estructural, cuando en esta se excede el momento de agotamiento del material, por lo tanto se obtiene altos niveles de deformación sin un incremento notable de la carga. En tal Estado, la sección rota como si estuviera articulada, permanece sometida al momento de agotamiento.

Las Rótulas Plásticas en el acero estructural indican las deformaciones mayores a la deformación última, es decir, dónde se alcanzaron el momento plástico y en el caso del concreto armado es el punto donde el acero de refuerzo entra en cedencia y el concreto alcanzaron su deformación última o

máxima, es decir, donde se alcanzaron el momento de agotamiento. Por lo tanto permiten estimar el coeficiente de seguridad de la estructura.

Estas disposiciones de desarrollo de Rótula Plástica tienen como finalidad lograr un mejor rendimiento estructural mediante la disipación de energía inelástica ante sismos. La finalidad de las Normas COVENIN 1756:1998/2001/2006, 1753:2003/2006 y 1618:1982/1998, es cumplir con los rendimientos sísmicos tal como los establece FEMA 267-A, FEMA 267-B y FEMA 356 en sus niveles de rendimiento y objetivos de rehabilitación, los cuales son: prevención de colapso, seguridad de vida, ocupación inmediata y operatividad; razón por la cual el Ingeniero debe estar familiarizado con los elementos básicos del método de análisis plástico. También es cierto que la experiencia y los ensayos indican que los resultados de este análisis pueden utilizarse con aproximación dentro de ciertos rangos de cargas y dan ciertas libertades al ingeniero.

2.2.26.1. Longitud de las Rótulas:

Cada articulación plástica se modela como una rótula o punto discreto, toda deformación plástica (ya sea el desplazamiento o rotación) se produce en el punto de la rótula o punto de deformación plástica. Esto significa que debe asumir una longitud de la rótula sobre la que está integrada la cepa de plástico. No hay una manera fácil de elegir esta longitud, aunque las directrices se dan en FEMA-356 "Prestandard And Commentary For The Seismic Rehabilitation of Buildings Supplement". Típicamente se trata de una fracción de la longitud del elemento, y es a menudo del orden de la profundidad de la sección, en particular para rótulas de momento-rotación. Puede que la plasticidad sea aproximada y que se distribuya sobre la longitud del elemento mediante la inserción de muchas rotulas plásticas.

Por ejemplo, podría insertar diez rótulas en relación de ubicaciones dentro del elemento de 0,05, 0,15, 0,25, 0,95, cada uno con deformaciones o propiedades basadas en una longitud de la rótula supone una décima parte de la longitud del elemento.

2.2.26.2. Criterios de Aceptación de las Rótulas:

Estas indican el nivel de daños de la estructura y vienen descritos por tres Estados, según lo establecido en el FEMA 356, son:

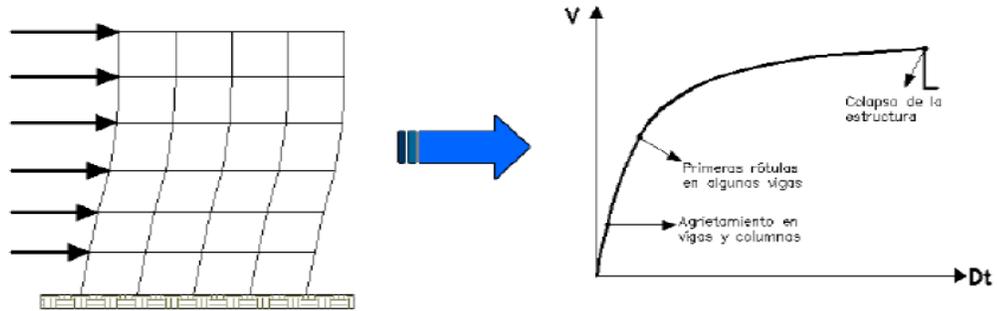
- Estado Límite de Limitación de Daños (CP), equivale al Estado Ocupación Inmediata de FEMA. La estructura sólo está ligeramente dañada, con elementos estructurales que no han sufrido una plastificación significativa y que mantienen sus propiedades de resistencia y rigidez. Los elementos no estructurales, tales como tabiques y rellenos, pueden presentar una fisuración generalizada, pero su reparación es viable económicamente. Los desplazamientos relativos permanentes son despreciables. La estructura no necesita medida de reparación alguna.
- Estado Límite de Daños Significativos (SD), equivale al Estado Seguridad de Vida de FEMA. La estructura está significativamente dañada, con algo de rigidez y resistencia lateral residual, y los elementos verticales son capaces de soportar cargas verticales. Los elementos no estructurales están dañados; la estructura puede resistir réplicas de intensidad moderada. La reparación de la estructura puede no resultar rentable.
- Estado Límite de Proximidad al Colapso (NC), equivale al Estado Prevención por Colapso de FEMA. La estructura está seriamente dañada, con rigidez y resistencia lateral residuales bajas, pero los elementos

verticales todavía son capaces de soportar cargas verticales. La mayoría de los elementos no estructurales han colapsado. Se producen desplazamientos relativos permanentes importantes. La estructura se encuentra próxima al colapso y, probablemente, no resistirá otro terremoto, ni siquiera uno de intensidad moderada.

2.2.27. Curva de Capacidad:

Zabala (2017), habla sobre la relación entre la fuerza cortante basal y el desplazamiento en el nivel superior de la estructura se representan en la curva de capacidad para cada incremento (Figura 14). Esta curva generalmente se construye para representar la respuesta del primer modo de vibración de la estructura basado en la suposición que el modo fundamental de vibración es el que predomina en la respuesta estructural. Esta suposición generalmente es válida para estructuras con un período fundamental de vibración alrededor de un segundo. Para edificios más flexibles con un período fundamental de vibración mayor de un segundo, el análisis debe considerar los efectos de los modos más altos de vibración. Para determinar la Curva de Capacidad Resistente, se necesita conocer la geometría de la estructura, el detallado del acero de refuerzo para cada elemento, la calidad de los materiales constructivos y las curvas constitutivas del concreto y el acero.

Figura 14: Curva de Capacidad.



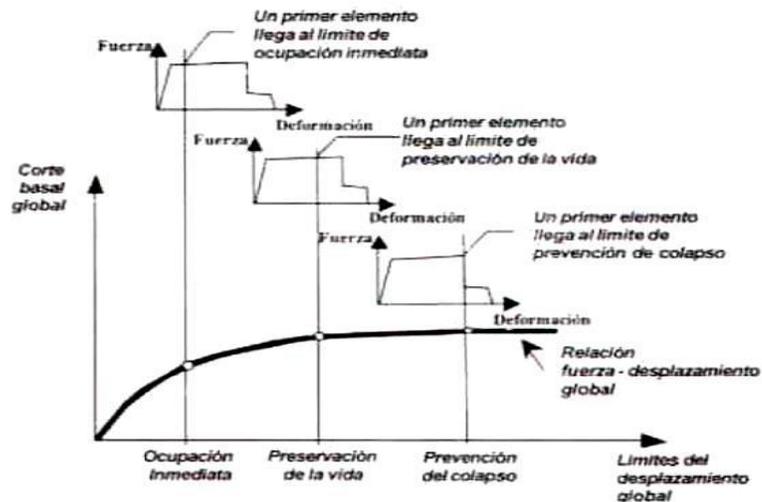
Fuente: Bondarenko (2018).

2.2.28. Desempeño Sísmico:

De manera general, el diseño basado en el Desempeño Sísmico consiste en la selección de apropiados esquemas de evaluación que permitan el dimensionado y detallado de los componentes estructurales y no estructurales, de manera 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.

El desempeño se cuantifica en términos de la cantidad de daño que sufre el edificio afectado por un movimiento sísmico y el impacto que tienen estos daños en las actividades posteriores al evento, de tal manera que este concepto no es solo aplicable a edificios, sino que se puede extender a todo tipo de estructuras e incluso a sus componentes no estructurales; teniendo como objeto el desarrollo de métodos que permitan diseñar, construir y mantener edificaciones que sean capaces de exhibir un desempeño predecible, cuando son afectadas por sismos (Hernández, 2011).

Figura 15: Desempeño Sísmico.



Fuente: Bondarenko (2018).

La aceptación de un desempeño depende del sismo analizado y de la importancia que tiene la edificación estudiada. En la Figura 15, se observa el desempeño sísmico, notándose los distintos Estados de daño que va sufriendo la estructura.

2.2.29. Modo de Falla de los Pórticos:

Los Pórticos considerados de forma global también tienen diferentes modos de comportamiento los cuales deben ser tomados en cuenta a la hora de ser diseñada.

2.2.29.1. Mecanismo de Entrepiso:

Ocurre cuando en uno o varios entrepisos se forman rótulas plásticas en los extremos de las columnas. La demanda de grandes deformaciones

inelásticas en ese entrepiso puede producir su falla y un progresivo colapso de la estructura.

2.2.29.2. Mecanismo de Vanos:

Modo de falla poco común en el cual una columna falla por deficiencia en la capacidad de resistir carga axial o de corte. La falla de esta columna puede desencadenar la generación de rotulas plásticas en cada uno de los vanos adyacentes.

2.2.29.3. Mecanismo de Desplazamiento:

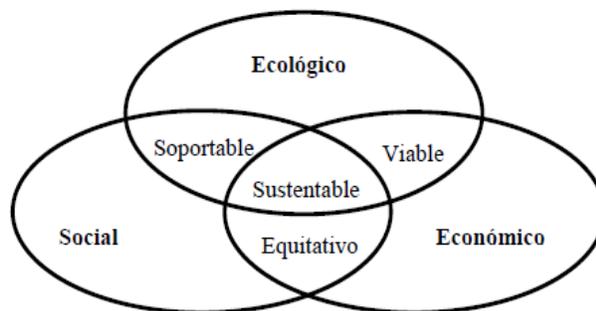
Modo de falla caracterizado por la formación de rotulas plásticas en cada extremo de los vanos y en el extremo inferior de las columnas del primer nivel. Este suele presentarse cuando ocurre el criterio columna fuerte viga débil, criterio recomendado desde el punto de vista sismorresistente.

2.2.30. Análisis de Ciclo de Vida (ACV):

El Análisis del Ciclo de Vida (ACV) es un proceso empleado para evaluar de la forma más objetiva posible las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad identificando y cuantificando el uso de “entradas” (materia y energía) y “salidas” (producto, co-productos, emisiones al aire, agua y suelo); es decir, los vertidos al entorno; determinando así el impacto que ese uso de recursos y esos vertidos producen en el ambiente, Posadas (2011). Con la finalidad de evaluar y llevar a la práctica estrategias de mejora ambiental en todas las etapas del proceso al que se aplique el Análisis de Ciclo de Vida (ACV).

El (ACV) está enfocado a reelaborar productos e industrias bajo el criterio de que los recursos energéticos y materias primas no son ilimitados y que, Normalmente, se utilizan más rápido que en la medida en la cual son reemplazados o surgen nuevas alternativas. El ACV plantea manejar los residuos en una forma sustentable, desde el punto de vista ambiental minimizando todos los impactos asociados con el sistema de producción y manejo. Por lo que el desarrollo sustentable puede dividirse en tres partes relacionadas entre sí: ambiental, económica y social, Posadas (2011).

Figura 16: Pilares del Desarrollo Sustentable.



Fuente: Posadas (2011).

La Organización Internacional de Normalización (ISO) por sus siglas en Ingles, es un Organismo Normalizador, No Gubernamental fundado en 1946, con sede en Ginebra (Suiza) que reúne a más de 100 agrupaciones o países. El conjunto de Normas ISO 14000 se enfoca en la minimización de efectos dañinos para el ambiente, causados por industrias y empresas así como la mejora continua de su desempeño ambiental (ISO, 2008). La ISO 14040 especifica el marco general de referencia y los principios básicos que intervienen para realizar un ACV, Posadas (2011).

2.2.30.1. Etapas del ACV de un Producto:

Según Posadas (2011), el ACV inicia con la extracción de las materias primas y termina cuando la vida útil del producto finaliza. “Desde el nacimiento hasta la tumba” es lo que se denomina Ciclo de Vida de un producto. A través de las siguientes etapas:

- **Adquisición de Materias Primas:** Todas las actividades necesarias para la extracción de materias primas y las aportaciones de energía al ambiente, incluyendo el transporte previo a la producción.
- **Proceso y Fabricación:** Actividades necesarias para convertir las materias primas y energía en el producto deseado. En la práctica esta etapa se compone de una serie de sub-etapas con productos intermedios que se forman a lo largo de la cadena del proceso.
- **Distribución y Transporte:** Traslado del producto final al cliente.
- **Uso, reutilización y Mantenimiento:** utilización del producto acabado a lo largo de su vida en servicio.
- **Reciclaje:** Comienza una vez que el producto ha servido para su función inicial y consecuentemente se recicla a través del mismo sistema de producto (ciclo cerrado de reciclaje) o entra en un nuevo sistema de producto (ciclo de reciclaje abierto).
- **Gestión de los Residuos:** Inicia una vez que el producto ha servido a su función y se devuelve al ambiente como residuo.

2.2.30.2. Metodología del ACV:

El método del ACV es de carácter iterativo, conformado por 4 fases, donde cada fase de manera individual utiliza resultados de las otras fases, lo que contribuye a la integridad y coherencia del estudio y los resultados presentados.

2.2.30.3. Definición de Objetivos y Alcance del Estudio:

En esta etapa se definirán las necesidades de tiempo y recursos para la realización del estudio. Comprende la definición exhaustiva del producto, bien o servicio a analizar, sus principales características, las causas que originen el análisis, las expectativas previstas y objetivos de aplicación de resultados obtenidos, Sanz (2012).

2.2.30.4. Unidad Funcional:

Define cuantitativamente la función que tiene un producto, de modo que se emplea como unidad de referencia en el estudio (ISO 14040, 2006). Es la medida de la función del sistema estudiado y da una referencia de cuáles son las entradas y salidas relacionadas. Esto permite la comparación de dos sistemas diferentes. Posadas (2011).

2.2.30.5. Análisis del Inventario del Ciclo de Vida (ICV):

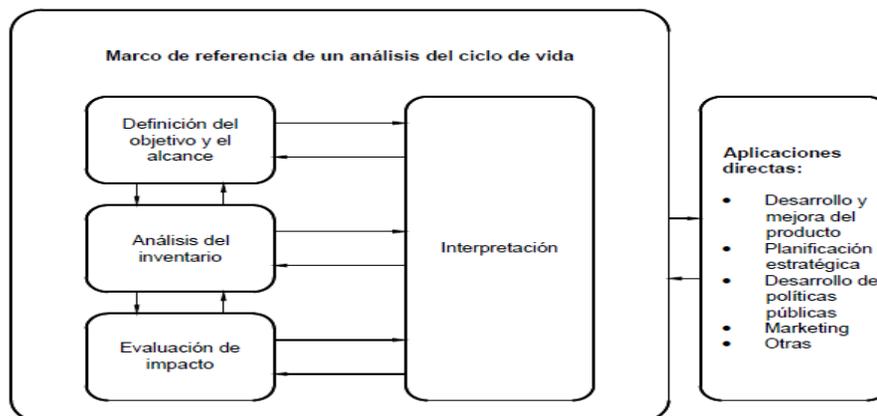
Cuantificación de todas las entradas y salidas de materia y de energía, incluyendo todas las emisiones del sistema definido, que puedan generar un impacto sobre el entorno. Esta fase comprende la obtención de datos y los procedimientos de cálculo para identificar y cuantificar todos los efectos

ambientales adversos asociados a la unidad funcional. Lo determina la Norma ISO 140-41(1998). Posadas (2011).

2.2.30.6. Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (ICV):

La Fase de Evaluación de Impacto de un ACV tiene como propósito evaluar cuan significativos son los impactos ambientales potenciales utilizando los resultados de ICV. En general, este proceso implica la asociación de los datos de inventarios con las categorías de impactos ambientales específicos y con los indicadores de esas categorías, para entender estos impactos. La fase de la EICV también proporciona información para la fase de interpretación del Ciclo de Vida. NTC-ISO 14040 (2007). La interpretación al combinar los resultados de análisis del inventario con la evaluación de impacto permite determinar en qué Etapa del Ciclo de Vida del producto (Figura 17), se generan las principales cargas ambientales y por tanto que puntos del sistema evaluado pueden o deben mejorarse.

Figura 17: Etapas de un Análisis de un Ciclo de Vida.



Fuente: NTC-ISO 14040, 2007.

Según la Norma ISO 14.040, los principales objetivos de esta etapa son:

1. Analizar los resultados, extraer conclusiones, explicar las limitaciones, y establecer recomendaciones basadas en los datos obtenidos en las etapas previas del análisis, reproduciendo los resultados obtenidos de una forma transparente.

2. Presentar de forma sencilla y fácilmente comprensible, completa y consistente los resultados del análisis, conforme a las pautas marcadas en el apartado de definición del alcance y objetivos.

2.2.30.7. Oportunidades de la aplicación del Método del ACV en la Construcción:

Mediante la incorporación de Metodologías de ACV en el Sector de la Construcción, se podrán evaluar los consumos de energía de un producto y servicio durante todas las etapas de su existencia, estableciendo un balance ambiental con objeto de conseguir un desarrollo sostenible. El ACV aporta al Sector de la Construcción mejoras en cuanto a la mayoría de los agentes que intervienen en el proceso constructivo:

- La consideración desde las fases iniciales del proyecto de las condiciones del entorno para obtener el máximo rendimiento con el menor impacto ambiental, destacando las Climáticas, Hidrográficas, Topográficas, Geológicas, Ecosistemas del entorno.

- La eficacia y moderación en el uso de materiales de construcción, primando los de bajo contenido energético.
- La reducción del consumo de energía para calefacción, climatización, iluminación, transporte y otros equipamientos, cubriendo el resto de la demanda con fuentes de energía renovables.
- La minimización del balance energético global de la edificación, abarcando todas las fases del proceso constructivo y las etapas de vida del edificio, diseño, construcción, uso, reparación y mantenimiento, final de su vida útil.
- La consideración de los requisitos básicos y cumplimiento de normativa en relación a seguridad, habitabilidad, confort, salubridad e iluminación.
- La selección adecuada de proveedores de materiales constructivos y equipos energéticos.
- La definición de nuevos programas de Investigación, desarrollo e innovación y de normativas de eco-eficiencia.

2.2.31. Estimador de Impactos: Software ATHENA Impact Estimator for Buildings 5.1.01.

La Sociedad Pública de Gestión Ambiental del Gobierno Vasco IHOBE (2010), define el Software ATHENA Impact Estimator for Buildings 5.1.01 como uno de los programas más conocidos desarrollados con enfoque

global. ATHENA evalúa el Impacto Ambiental de una Vivienda basándose en la Metodología Análisis de Ciclo de Vida. Principalmente su función es la de facilitar la elección de materiales o sistemas constructivos que minimicen el Impacto del edificio sobre el Ambiente. Permite además, realizar un análisis comparativo entre dos o más posibles diseños para comparar su comportamiento ambiental. IHOBE (2010).

Se pueden modelar obras de edificios a cualquier escala, al igual que para diversos tipos (residenciales, comerciales e industriales), el estimador hace la Metodología de ACV accesibles para Arquitectos, Ingenieros y otros Profesionales, No Expertos en esta área de diseño y construcción, establecido en la guía del Software ATHENA Impact Estimator for Buildings 5.1.01 para Análisis de Ciclo de Vida Integral en los programas de Edificios Verdes.

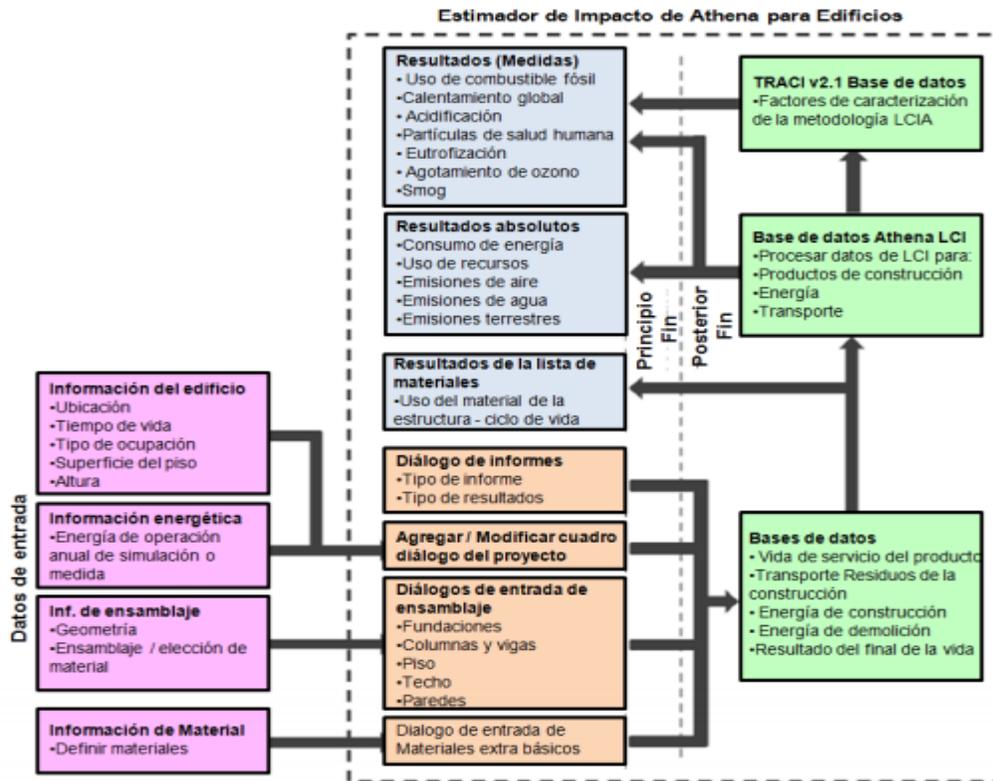
2.2.31.1. Funcionamiento del Software ATHENA Impact Estimator for Buildings 5.1.01.

El Estimador de Impacto para Edificios Software ATHENA Impact Estimator for Buildings 5.1.01 es un programa aprobado por “Green Globes” y LEED, el cual arroja valores de las medidas potencial de Calentamiento Global, Potencial de Acidificación, Potencial de Eutrofización, Potencial de Agotamiento de Ozono, Potencial de “Smog” y Consumo de Energía No Renovable.

Este Software se ejecuta en la mayoría de las plataformas de PC. Para dar inicio al modelado de las Viviendas en el programa, en primer lugar, se define información general como la ubicación de la Vivienda, Tipo de Construcción, Área, Altura y Vida Útil. Estos factores desencadenan cálculos

internos específicos. Por ejemplo, la región geográfica es importante ya que dependiendo de la ubicación, se aplican redes eléctricas apropiadas, modos de transporte, distancias y tecnologías de fabricación de productos. Una vez generados los datos de entrada, se van definiendo los componentes de la edificación (fundaciones, paredes, columnas, vigas, piso y techo), estos se pueden definir con cuadros de diálogos de ensamblaje, los cuales tienen predefinido algunos materiales y requieren información simple como tamaños de elementos, tipo de material y cargas, el Software luego aplica algoritmos para calcular una lista de materiales utilizados, por lo que los usuarios tienen flexibilidad para agregar o quitar algún material según sea necesario, esta opción es utilizada para las primeras etapas de diseño, puede ser limitante cuando se requiera una evaluación más específica, debido a que no es necesario hacer dimensionamiento estructural. El diálogo extra materiales es otra opción que es utilizada cuando los materiales para la edificación no se encuentran en el diálogo de ensamblaje la cual es un enfoque más flexible debido a que se debe cuantificar los diferentes tipos de materiales, de tal manera que permite tener resultados más precisos. Una vez establecidos los componentes del edificio, los usuarios pueden generar resultados en una variedad de categorías y formatos dependiendo de qué resultados solicite el usuario (Figura 18).

Figura 18: Funcionamiento del Estimador para Viviendas.



Fuente: ATHENA Sustainable Materials Institute (2014).

2.2.31.2. Visualización de Resultados y Generación de Informes:

El Manual de Usuario del Software ATHENA Impact Estimator for Building, describe que los resultados se generan en el menú Informes, en un cuadro de diálogo desde el cual se pueden seleccionar todos los informes disponibles. Para los informes individuales, el usuario puede seleccionar el formato de tabla o de gráfico, medidas de resumen o de valor absoluto, ordenando por etapa de ciclo de vida, grupos de ensamblaje, operación y ejecutado. Las tablas incluirán automáticamente todas las medidas resumen, mientras que las gráficas producirán un gráfico por medida de resumen

elegida. Las cinco tablas de valor absoluto, producen datos del Inventario del Ciclo de Vida (ICV), para consumo de energía, uso de recursos y emisiones de aire, agua y tierra. Todas las tablas, gráficos e imágenes se pueden exportar a Excel y PDF. El ACV requiere datos del Inventario del Ciclo de Vida (ICV) para todos los materiales y procesos, el inventario de todos los flujos desde y hacia la naturaleza debido a un producto o proceso de energía y materia prima; por la cual, el IE4B produce resultados para estas medidas de impacto:

- **Acidificación Potencial:**

La acidificación es un impacto más regional que global que afecta la salud humana cuando se alcanzaron altas concentraciones de NO_x y SO₂. El potencial de acidificación de una emisión de aire o agua se calcula sobre la base de su efecto de equivalencia de H⁺, en una base de masa.

- **Potencial de Eutrofización Acuática:**

La Eutrofización es la fertilización del agua superficial por nutrientes que antes eran escasos. Cuando se agrega un nutriente previamente escaso o limitante a un cuerpo de agua, esto conduce a la proliferación de la vida de las plantas fotosintéticas acuáticas. Esto puede conducir a una cadena de resultados adicionales que van desde malos olores hasta la muerte de los peces. El resultado calculado se expresa en una masa equivalente de Nitrógeno (N).

- **Potencial de Calentamiento Global (GWP):**

Es una medida de referencia, el GWP, se expresará en equivalencias basadas en CO₂ (Kg) o CO₂ (Equivalente). El Dióxido de Carbono es el estándar de referencia común para el calentamiento global o los efectos de los gases de efecto invernadero. Todos los demás gases de efecto invernadero se denominan con un efecto de equivalencia de CO₂, que es simplemente un múltiplo del potencial atrapamiento de dióxido de carbono en la cámara de calor. Las cifras del horizonte temporal de 100 años del Panel Internacional sobre el Cambio Climático se han utilizado aquí como base para el índice de equivalencia: Equivalente de CO₂ kg = CO₂ kg + (CH₄ kg x 23) + (N₂O kg x 300).

Si bien las emisiones de gases de efecto invernadero son en gran parte una función de la combustión de energía, algunos productos también emiten gases de efecto invernadero durante el procesamiento de las materias primas. Los procesos a menudo no se tienen en cuenta debido a la complejidad asociada con el modelado de las etapas del proceso de fabricación. Un ejemplo donde las emisiones de CO₂ del proceso son significativas es en la producción de cemento (calcinación de la piedra caliza). Debido a que el Estimador de Impacto utiliza datos desarrollados por un enfoque detallado de modelado del ciclo de vida, todas las emisiones de gases de efecto invernadero relevantes del proceso se incluyen en el índice de potencial de calentamiento global resultante.

- **Partículas de Salud Humana (HH):**

Las Partículas de material de varios tamaños (PM₁₀ y PM_{2.5}), tiene un impacto significativo en la salud humana. La EPA, ha identificado las partículas (a partir de la combustión del combustible diesel), como la causa número uno del deterioro de la salud humana debido a su impacto en el

sistema respiratorio humano: Asma, Bronquitis, Enfermedad Pulmonar, etc. Debe mencionarse que los detalles son un producto ambiental importante de la producción de productos de madera contrachapada y deben rastrearse y abordarse. El Instituto utilizó el factor de caracterización: "Características de la salud humana a partir de fuentes móviles" de TRACI, que es equivalente a PM2.5, en nuestro conjunto final de Indicadores de Impacto.

- **Potencial de Agotamiento del Ozono (ODP):**

El Potencial Estratosférico de Agotamiento del Ozono representa los impactos relacionados con la reducción de la protección de la capa de ozono dentro de la estratósfera causada por las emisiones de sustancias que agotan la Capa de Ozono (CFC, HFC y Halones). El Agotamiento Potencial del Ozono de cada una de las sustancias contribuyentes se caracteriza por CFC11, con el indicador de impacto final que indica la masa (por ejemplo, kg) de CFC-11 equivalente.

- **Formación Fotoquímica de Potencial de Ozono (Smog):**

Bajo ciertas condiciones climáticas, las emisiones atmosféricas de la industria y el transporte pueden quedar atrapadas en el nivel del suelo donde, en presencia de la luz del sol, producen "smog" fotoquímico, un síntoma del potencial de creación de ozono fotoquímico (POCP). Si bien el ozono no se emite directamente, es un producto de las interacciones de los compuestos orgánicos volátiles (COV) y los óxidos de nitrógeno (NOx). El indicador "smog" se expresa en una masa de O3 equivalente.

- **Consumo Total de Energía Primaria:**

El consumo total de energía primaria se informa en megajulios (MJ). La energía primaria incorporada incluye toda la energía, directa e indirecta, utilizada para transformar o transportar materias primas en productos y edificios, incluida la energía inherente contenida en materiales crudos o de materias primas que también se utilizan como fuentes de energía comunes. Por ejemplo, el gas natural utilizado como materia prima en la producción de varias resinas plásticas (polímeros). Además, el Estimador de Impacto captura la energía indirecta utilizada asociada con el procesamiento, transporte, conversión y entrega de combustible y energía de funcionamiento.

- **Consumo de Energía No Renovable:**

El consumo de energía no renovable se informa en megajulios (MJ), y es un subconjunto del consumo total de energía primaria, e incluye todos los combustibles y fósiles nucleares.

- **El consumo de Combustible Fósil:**

Se informa en megajulios (MJ) y es un subconjunto del consumo total de energía primaria, es decir, todos los combustibles fósiles. En otras palabras, todas las fuentes de energía en la tabla de Valor Absoluto del Consumo de Energía, excepto para energía hidroeléctrica, no hidroeléctrica renovable, nuclear y madera.

2.2.31.3. Alcance y Límite del Software ATHENA impact Estimator for Building:

El Manual de usuario del Software ATHENA Impact Estimator for Building, establece que el Software, puede modelar obras construidas a cualquier escala (edificio completo, elemento de construcción, montaje de construcción, producto de construcción), puede usarse para varios tipos de edificios y proyectos de construcción (construcción nueva, renovación, remodelación). El ATHENA Impact Estimator for Building, cumple con el límite del sistema EN 15804/15978, así como también, con el formato de informe. La Tabla 10, resume cuáles de los módulos de información en están actualmente cubiertos por el programa y los procesos contabilizados por cada uno. Si bien se espera que parte de la información faltante de los módulos se incorpore al programa a medida que se disponga de datos y fondos; pero su capacidad actual es suficiente para la mayoría de las necesidades, incluido el cumplimiento de los requisitos de ACV, en todos los códigos de construcción ecológica y sistemas de calificación de América del Norte.

Tabla 10: Módulos de Información de los Procesos del ACV del IE4B.

Información del Módulo	Soportes	Procesos Incluidos
A1 Suministro Materia Prima	Si	Recolección de Recursos Primarios y Minería.
A2 Transporte	Si	Todo el transporte de Materiales hasta la puerta de la Planta de Fabricación.
A3 Fabricación	Si	Fabricación de Materias Primas en productos.
A4 Transporte	Si	Transporte de Materiales de la Planta de Fabricación al sitio, Equipo de Construcción.
A5 Proceso de Instalación de la Construcción	Si	Uso de energía de Equipos de Construcción, y efectos A1-A4, C1, C2, C4 IM de Desechos de Construcción
B1 Producto Instalado en Uso	No	N/A
B2 Mantenimiento	Parcial	Las superficies pintadas se mantienen (es decir, se repintan), pero no se incluyen aspectos de mantenimiento anual.
B3 Reparación	No	N/A

B4 Reemplazo	Si	Efectos A1-A5 IM del Material de reemplazo y efectos C1, C2, C4 IM del Material reemplazado.
B5 Rehabilitación	No	N/A
B6 Uso de Energía Operacional	Si	Extracción, Producción, Entrega y uso de alta Energía.
B7 Uso Operativo del Agua	No	N/A
C1 Demolición de demolición	Si	Uso de Energía del Equipo de Demolición.
C2 Transporte	Si	Transporte de Materiales del sitio al vertedero.
C3 Procesamiento de Desechos	No	N/A
C4 Disposición	Si	Uso de Energía de los Equipos de las instalaciones de eliminación y efectos del sitio del Relleno Sanitario.
D Beneficios y Cargas más allá del Sistema	Si	Secuestro de Carbono y Reciclaje de A.cero

Fuente: Manual de Usuario ATHENA Impact Estimator for Building (2014).

La información incluida y excluida para LEED y “Green Globes” se puede observar en la Tabla 11.

Tabla 11: Módulos de Información Incluidos y Excluidos.

Etapa de Ciclo de Vida	Módulo de Información	LEED v4	Green Globes 201312
Producto	A1 Suministro de Materia Prima	Si	Si
	A2 Transporte	Si	Si
	A3 Fabricación	Si	Si
Instalación en Construcción	A4 Transporte	Si	Si
	A5 Construcción	Si	Si
Uso	B1 Uso	?	?
	B2 Mantenimiento	Si	Si
	B3 Reparación	?	?
	B4 Reemplazo	Si	Si
	B5 Remodelación	?	?
	B6 Uso de Energía en Operación	No	?
	B7 Uso de Agua en Operación	No	No
	C1 De Construcción / Demolición	Si	Si

Fin de Vida	C2 Transporte	Si	Si
	C3 Procesado de Residuos	?	?
	C4 Disposición Final	Si	Si

Fuente: Guía ATHENA para análisis de Ciclo de Vida Integral en los Programas de Edificación Verde (2014).

2.2.32. Requerimientos de los Programas LEED V4 y “Green Globes” 2013:

Según la Guía ATHENA para Análisis de Ciclo de Vida Integral en los Programas de Edificación Verde (2014), los Programas LEED V4 y “Green Globes” 2013, poseen requerimientos para su uso (período de estudio, objetivo de mejora, límite excedido y las medidas que incluye cada uno), los cuales se pueden visualizar en la Tabla 12.

Tabla 12: Requerimientos de Cumplimiento de Programas LEED V4 y Green Globes 2013.

	LEED V4	Green Globes 2013
Indicadores de Impacto Cuantificados	Potencial de Calentamiento Global (PCG) Potencial de Acidificación Potencial de Eutrofización Potencial de Agotamiento de Ozono Potencial de Smog	
	Energía Primaria No Renovable	Energía No Renovable de Combustible Fósil
Objetivo de Mejora (Edificio Propuesto con respecto al Edificio de Referencia)	Mínimo 10% de Reducción para al menos tres Impactos, siendo uno de ellos PCG.	Mínimo 10% de reducción para al menos tres impactos: Calentamiento Global, Mínimo de 15% de reducción para dos Indicadores: PCG, o Mínimo 20% de Reducción para ese Impacto
Límite de Excedencia (Proyecto de Construcción en relación con Edificio de Referencia)	5% Máximo de aumento para cualquier categoría de Impacto.	No más de una categoría de Impacto puede aumentar
Periodo de Estudio	Mínimo 60 años.	Mínimo 60 años y Máximo 120 años; a menos que sea aprobado

		por Green Globes
--	--	------------------

Fuente: Guía ATHENA para Análisis de Ciclo de Vida Integral en los Programa de Edificación Verde (2014).

Los primeros cinco Indicadores que se muestran en la Tabla 12, (Potencial de Calentamiento Global, Acidificación, Eutrofización, Agotamiento de Ozono y Potencial de Smog), son comunes para los dos Programas (LEED y “Green Globes”), lo que los diferencia, son los seis Indicadores para ser Cuantificados, relacionados con la fuente de energía utilizada; dichos Indicadores son la suma de los diferentes uso de energía.

2.2.32.1. Liderazgo en Energía y Diseño Medioambiental (LEED):

Según el Consejo de la Construcción Ecológica de Estados Unidos USGBC (2018), es un Sistema de Clasificación de Edificios Ecológicos que fue inicialmente implantado en el año 1993, utilizándose en varios países desde entonces y que se ha convertido en el sistema más utilizado en el mundo, para el diseño de construcción y operación de edificios ecológicos de alto rendimiento, disponible para prácticamente todos los tipos de proyectos de edificios, comunidades y viviendas, además de esto, proporciona un marco para crear edificios ecológicos saludables, altamente eficientes y económicos. La Certificación LEED, es un símbolo mundialmente reconocido del logro de la sostenibilidad.

Se compone de un conjunto de Normas sobre la utilización de estrategias encaminadas a la sostenibilidad en edificios de todo tipo. Se basa en la incorporación en el proyecto de aspectos relacionados con la eficiencia energética, el uso de energías alternativas, la mejora de la calidad ambiental

interior, la eficiencia del consumo de agua, el desarrollo sostenible de los espacios libres de la parcela y la selección de materiales.

La certificación, de uso voluntario, tiene como objetivo avanzar en la utilización de estrategias que permitan una mejora global en el impacto medio ambiental de la industria de la construcción.

2.2.32.2. Comparación de Resultados:

El IE4B, establece que para realizar una comparación justa entre dos Edificios o componente de ellos, es necesario que posean igual uso, área, ubicación y vida útil, así como también explica que para visualizar de manera correcta el porcentaje de reducción o aumento entre dos sistemas que se comparan es ideal aplicar la Ecuación 30.

$$Pn=(100(PBn-RBn))/RBn \text{ (Ec. 30)}$$

Dónde:

Pn: Porcentaje de Reducción o aumento del sistema propuesto con respecto al de referencia, para el Indicador de Impacto n.

RBn: Es el resultado del Ciclo de Vida del caso del sistema de referencia, para el Indicador de Impacto n.

PBn: Es el resultado del Ciclo de Vida del caso del sistema propuesto, para el Indicador de Impacto n.

En la gran mayoría de impactos ambientales los materiales que poseen la carga ambiental más alta (mayor a un 57%), son los que se encuentran

dentro de la Categoría Metales (Varillas, Mallas Electrosoldadas, Tubería Estructurales de Hierro). La materia prima del Acero es el Arabio, el cual tiene un proceso de producción en altos hornos que típicamente genera emisiones considerables de gases de efecto invernadero, partículas con minerales y aguas residuales especiales. Los efluentes generados durante el tratamiento de los minerales son caracterizados como residuos peligrosos y generan altos impactos potenciales en las categorías de eutrofización del agua dulce. También refleja el agotamiento de minerales debido a la producción de metales.

El segundo lugar, con una huella ambiental alta, le corresponde a la categoría Minerales, que incluye materiales como Concreto de varias Resistencias, Bloques de Concreto y Arcilla, Arena y Cemento. La industria cementera es la responsable de aproximadamente el 5% de la emisiones de gases de efecto invernadero. El proceso de calcinación contribuye a la mitad de estas emisiones y el resto proviene de la quema de combustibles fósiles en los hornos para obtener la energía requerida del proceso. El empleo de combustibles fósiles representa también un impacto alto en las categorías de transformación de suelo natural y agotamiento de combustibles fósiles.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de Investigación:

Arias (2006), establece que el tipo de Investigación Documental se basa en la búsqueda, análisis, crítica e interpretación de resultados obtenidos por otros investigadores en fuentes documentales impresas, audiovisuales o electrónicas. Mientras que el tipo de Investigación de Campo la define como aquella cuya recolección de datos se realiza directamente de los sujetos investigados o la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variable alguna.

La investigación se clasificó de Tipo Documental, ya que es indispensable la revisión documental de bibliografías, trabajos e investigaciones ya realizadas, referentes a la problemática a tratar en la investigación y Tipo de Campo porque fue obligatorio la visualización e identificación de las características de cada uno de los tipos de Vivienda Unifamiliares de la Gran Misión Vivienda Venezuela (GMVV) en el Estado Anzoátegui.

3.2. Nivel de Investigación:

Arias (2006) señala que el Nivel de Investigación es la profundidad con la cual se aborda un fenómeno u objeto de estudio. En términos del método utilizado, la investigación se realizó bajo el enfoque cuantitativo el cual usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de

comportamiento y probar teorías. Hernández, Fernández y Baptista (2006). Es decir, este enfoque permitió examinar los datos arrojados del análisis de las distintas Tipologías Estructurales de las Viviendas Unifamiliares de la GMVV en el Estado Anzoátegui.

3.3. Técnicas de la Investigación:

A fin de lograr los objetivos planteados en el desarrollo y ejecución de la investigación, se aplicaron las siguientes:

3.3.1. Revisión Bibliográficas:

Se consultaron diversas Fuentes Bibliográficas, Manuales, Informes Técnicos y Normas, entre ellos:

- Norma ISO 14040 “Gestión Ambiental: Evaluación del Ciclo de Vida”.
- Norma ISO 14041 “Gestión Ambiental: Análisis del Inventario de ciclo de vida”.
- Norma ISO 14042 “Gestión Ambiental: Análisis del Impacto de Ciclo de Vida”.
- Norma COVENIN 1756:2001 “Edificaciones Sismoresistentes Parte 1: Requisitos”.

3.3.2. Análisis de Capacidad Estructural:

Se realizó un Análisis de Capacidad Estructural para cada modelo de vivienda construido en el Estado Anzoátegui por La Gran Misión Vivienda

Venezuela (GMVV) a través de un Análisis No Lineal utilizando el Software ETABS 2015.

3.3.3. Análisis Ciclo de Vida (ACV):

Se realizó el ACV para cada Modelo de Vivienda construido en el Estado Anzoátegui por La Gran Misión Vivienda Venezuela (GMVV) empleando el Software ATHENA Impact Estimator for Buildings y se obtuvo las variantes ambientales de cada tipología de vivienda, necesarias para el desarrollo de la investigación.

3.3.4. Análisis de los Resultados:

Esta técnica permitió organizar, analizar y comparar los resultados obtenidos, haciendo posible establecer la relación de cada vivienda en base a su capacidad Estructural y el Impacto sobre el ambiente. Partiendo de los materiales utilizados y configuraciones estructurales, obteniendo resultados cualitativos y cuantitativos.

3.3.5. Herramientas y Equipos:

- Computadora de Escritorio.
- Computador Portátil.
- Calculadora Científica.
- Dispositivo de Almacenamiento Masivo Pendrive (4.0 - 8.0 Gb).
- Software ETABS 2015.
- Software ATHENA Impact Estimator for Buildings 5.1.01 (2015).

3.4. Etapas de la Investigación:

3.4.1. Revisión Bibliográfica y búsqueda de información en los Entes relacionados con la GMVV.

Esta etapa tiene como finalidad la búsqueda, revisión y compilación de la información relacionada con la investigación. Se consultaron Normas Nacionales, Trabajos de Investigación, Fuentes Bibliográficas y Electrónicas especializadas en el estudio, realizados tanto en Venezuela como en otros Países. Se revisaron los procedimientos necesarios para la aplicación de ACV en Edificaciones según la Norma ISO 14040. Duración 18 Semanas.

3.4.2. Identificación de los diferentes Tipologías Estructurales de las Viviendas Unifamiliares de la Gran Misión Vivienda Venezuela (MGVV) en el Estado Anzoátegui:

Esta etapa comprenderá la búsqueda de la información necesaria referente a cada uno de los Modelos de Viviendas Unifamiliares construidos en el Estado Anzoátegui por parte de la Gran Misión Vivienda Venezuela (GMVV). Se realizó un inventario de los materiales, métodos constructivos y maquinarias empleados para cada modelo de vivienda, construidas en los distintos Municipios del Estado Anzoátegui. La información estaba siendo resguardada por los Entes relacionados con GMVV la cual fue necesaria para realizar el ACV. Se visitaron diversos lugares donde se encuentran construidas y se realizó un levantamiento visual de las principales características de cada Modelo de Vivienda. Duración: 8 Semanas.

3.4.3. Categorizar las diferentes Viviendas Unifamiliares de la Gran Misión Vivienda Venezuela (GMVV) en el Estado Anzoátegui, en función a su Capacidad Estructural aplicando un Análisis Estático No Lineal (AENL) utilizando el Software ETABS 2015:

Esta etapa consistió en realizar un Análisis de Capacidad Estructural a cada Modelo de Vivienda Unifamiliar para verificar su comportamiento (Rigidez, Resistencia y Deformación) ante una eventualidad natural (Sismo, Viento, etc). Se aplicó un Análisis Estático No Lineal (AENL) para determinar la Capacidad Resistente de la Estructura utilizando el Software ETABS 2015 de acuerdo a su Arquitectura, Materiales, Procesos Constructivos. Se cuantificaron y evaluaron las Cargas Ambientales generadas por cada Modelo de Vivienda Unifamiliar. El ACV estuvo sustentado por la Norma ISO 14040 y se realizó a través del uso del Software ATHENA Impact Estimator for Buildings 5.1.01 (2015). Duración: 10 Semanas.

3.4.4. Establecer la relación y variación de los Potenciales Impactos Ambientales y la Capacidad Estructural en las Viviendas Unifamiliares de la Gran Misión Vivienda Venezuela (GMVV) en el Estado Anzoátegui.

En esta etapa se estableció en qué medida es proporcional la Variaciones de los Potenciales Impactos Ambientales a la Capacidad Estructural para cada Modelo de Vivienda Unifamiliar. Duración: 4 Semanas.

3.4.5. Organización, Redacción, Transcripción y Encuadernación del Trabajo Especial de Grado.

Se procedió a organizar adecuadamente toda la información obtenida en las etapas previas. Se entregó del Trabajo Especial de Grado a las

Autoridades competentes de la Universidad de Oriente. Se presentó y defendió el Trabajo de Investigación y se realizó la entrega final del mismo.
Duración: 12 Semanas.

3.4.6 Diagrama Gantt seguimiento Actividades.

SEMANAS / MESES		Oct-22				Nov-22				Dic-22				Ene-23				Feb-23				Mar-23							
		Semana				Semana				Semana				Semana				Semana				Semana							
ETAPAS DE LA INVESTIFACIÓN		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
I	Revisión Bibliográfica																												
II	Identificar las diferentes Tipologías Estructurales de las Viviendas Unifamiliares de la Gran Misión Vivienda Venezuela (GMVV) en el Estado Anzoátegui.																												
III	Categorizar las diferentes Viviendas Unifamiliares de la Gran Misión Vivienda Venezuela (GMVV) en el Estado Anzoátegui, en función a su Capacidad Estructural aplicando un Análisis Estático No Lineal (AENL) utilizando el Software ETABS 2015.																												
IV	Establecer la relación y variación de los Potenciales Impactos Ambientales y la Capacidad Estructural en las Viviendas Unifamiliares de la Gran Misión Vivienda Venezuela (GMVV) en el Estado Anzoátegui.																												
V	Organización, Redacción, Transcripción y Encuadernación del Trabajo Especial de Grado.																												

Fuente: Autores (2023).

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Identificación de las Tipologías de Viviendas Unifamiliares de la Gran Misión Vivienda Venezuela (GMVV) en el Estado Anzoátegui:

La presente investigación se desarrolló empleando los Modelos, las Ubicaciones, las Características y las Tipología (Distribución del Área de Construcción, Sistema de Techo, Vigas, Columnas y Correas) de las Viviendas Unifamiliares construidas por la GMVV en distintos Municipios del Estado Anzoátegui.

En el Municipio Juan Antonio Sotillo (Puerto La Cruz) se encuentra el Modelo Unifamiliar Decovensa, cuyos datos pueden ser visualizados en la Tabla 13.

Tabla 13: Datos del Modelo de Vivienda Unifamiliar Decovensa.

Modelo: UNIFAMILIAR "DECOVENSA"			
Ubicación	Área	Tipología	Distribución Arquitectónica
Municipio Juan Antonio Sotillo, Puerto la Cruz, Estado Anzoátegui.	74.5 m ²	Tipo I	Sala/Cocina/Comedor, Corredor, Pasillo, 1 Baño, 1 Habitación principal, 2 Habitaciones Sencillas.
Características Estructurales			
<ul style="list-style-type: none">• Techo: Lamina Termoacústica de Perfil Tipo Teja (Cinduteja).• Correas: Tubo Estructural 80 mm x 40 mm x 2.25 mm.• Vigas: Tubo Estructural 100 mm x 40 mm x 2.25 mm.• Columnas: Tubo Estructural 90 mm x 90 mm x 3 mm.• Losa de Piso: 74.5 m² x 0.15 m.• Fundación: Aislada 0.60 m x 0.60 m x 0.45 m.			

Fuente: Autores (2021).

En el Municipio Anaco se encuentra el Modelo Unifamiliar Construfácil, cuyos datos pueden ser visualizados en la Tabla 14.

Tabla 14: Datos del Modelo de Vivienda Unifamiliar Construfácil.

Modelo: UNIFAMILIAR "CONSTRUFÁCIL"			
Ubicación	Área	Tipología	Distribución Arquitectónica
Municipio Anaco, Estado Anzoátegui.	70 m ²	Tipo I	Sala/Cocina/Comedor, Corredor, Pasillo, 2 Baños, 1 Habitación Principal, 2 Habitaciones Sencillas.
Características Estructurales			
<ul style="list-style-type: none"> • Techo: Acerolit. • Correas: Tubo Estructural 80 mm x 40 mm x 2.25 mm. • Vigas: Tubo Estructural 100 mm x 40 mm x 2.25 mm. • Columnas: Tubo Estructural 100 mm x 100 mm x 3 mm. • Losa de Fundación: 70 m² x 0.10 m. • Viga Riostra: 0.20 m x 0.30 m x 45 m. 			

Fuente: Autores (2021).

En el Municipio Simón Rodríguez se encuentra el Modelo Unifamiliar Kariña, cuyos datos pueden ser visualizados en la Tabla 15.

Tabla 15: Datos del Modelo de Vivienda Unifamiliar Kariña.

Modelo: UNIFAMILIAR "KARIÑA"			
Ubicación	Área	Tipología	Distribución Arquitectónica
Municipio Simón Rodríguez, Estado Anzoátegui.	90 m ²	Tipo I	Sala/Cocina/Comedor, Corredor, 2 Baños, 1 Habitación Principal, 2 Habitaciones Sencillas.
Características Estructurales			
<ul style="list-style-type: none"> • Techo: Machihembrado, Teja Asfáltica o Teja Criolla. • Correas: Tubo Estructural 80 mm x 40 mm x 2.25 mm. • Vigas: Tubo Estructural 80 mm x 40 mm x 2.25 mm. • Columnas: Tubo Estructural 60 mm x 60 mm x 2.25 mm. • Losa de Piso: 90 m² x 0.15 m. • Fundación: Aisladas y Centrales 1.2 m x 1.2 m x 0.30 m. Perimetrales 1 m x 1 m x 0.30 m. 			

Fuente: Autores (2021).

En el Municipio San José de Guanipa se encuentra el Modelo Unifamiliar Cuyuni, cuyos datos pueden ser visualizados en la Tabla 16.

Tabla 16: Datos del Modelo de Vivienda Unifamiliar Cuyuni.

Modelo: UNIFAMILIAR "CUYUNI"			
Ubicación	Área	Tipología	Distribución Arquitectónica
Municipio San José de Guanipa, Estado Anzoátegui.	72 m ²	Tipo I	Sala/Cocina/Comedor, Corredor, Pasillo, 2 Baños, 1 Habitación Principal, 2 Habitaciones Sencillas.
Características estructurales			
<ul style="list-style-type: none"> • Techo: Lamina Climatizada Superlit 27. • Correas: Tubo Estructural 80 mm x 40 mm x 2.25 mm. • Vigas: Tubo Estructural 120 mm x 60 mm x 2.25 mm. • Columnas: Tubo Estructural 100 mm x 100 mm x 3 mm. • Losa de Piso: 72 m² x 0.12 m. • Fundación: Aislada 0.60 m x 0.60 m x 0.40 m. 			

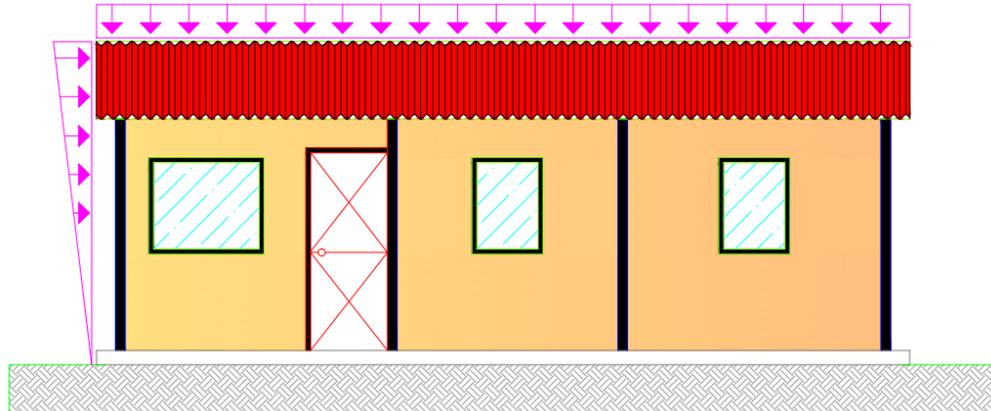
Fuente: Autores (2021).

Es importante mencionar que la GMVV ha construido distintos Modelos de Viviendas Unifamiliares, pero esta investigación tomó en cuenta los más construidos y con la particularidad de estar ubicados en las Zonas Sísmicas 4 y 6 del Estado Anzoátegui, de acuerdo con la clasificación de FUNVISIS.

La Norma COVENIN Edificaciones Sismorresistentes (2001) establece los Tipos de Sistemas Estructurales. Los Modelos de Viviendas Unifamiliares estudiados pertenecen a la Tipología I, constituidos en pórticos y capaces de resistir la totalidad de las acciones sísmicas mediante sus vigas y columnas, en tubo estructural que se mantienen continuos hasta su fundación; capaces de resistir cargas verticales (gravitacionales) y laterales (acción del viento o sismo).

En la Figura 19 se muestra la Tipología del Modelo de Vivienda Unifamiliar Decovensa.

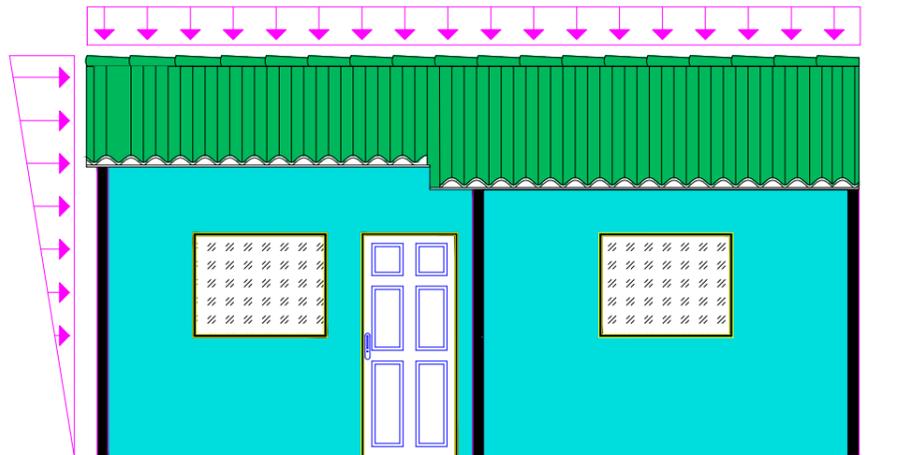
Figura 19: Tipología del Modelo de Vivienda Unifamiliar Decovenosa.



Fuente: Autores (2021).

En la Figura 20 se muestra la Tipología del Modelo de Vivienda Unifamiliar Construfácil.

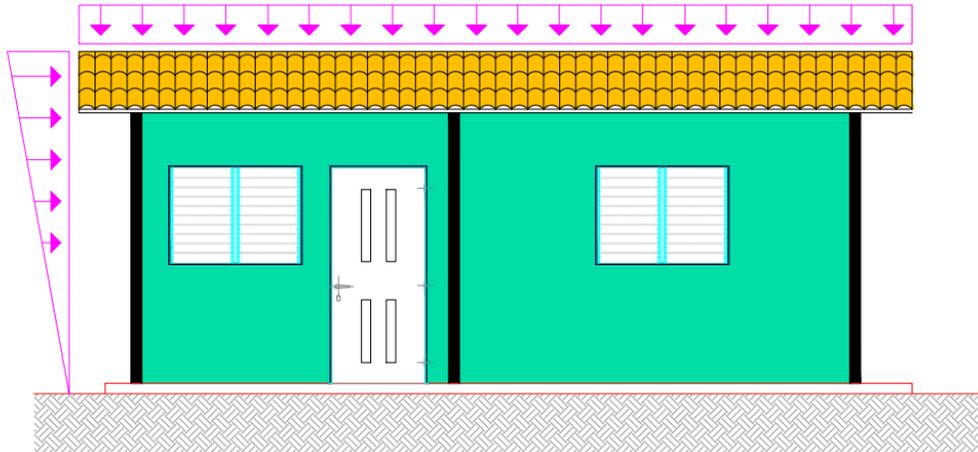
Figura 20: Tipología del Modelo de Vivienda Unifamiliar Construfácil.



Fuente: Autores (2021).

En la Figura 21 se muestra la Tipología del Modelo de Vivienda Unifamiliar Kariña.

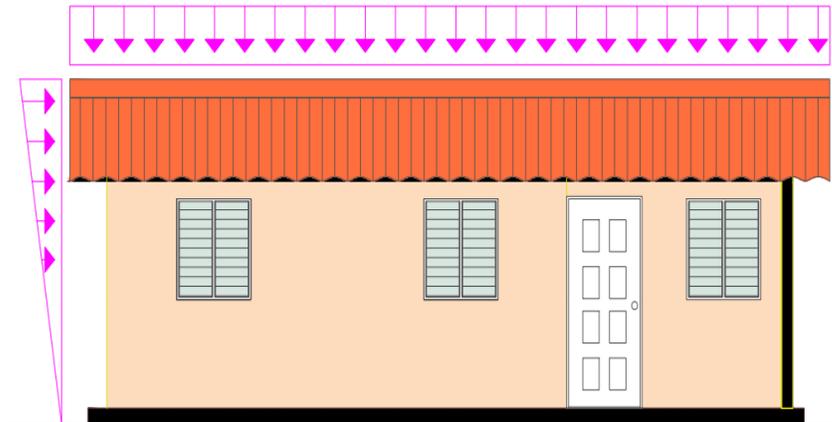
Figura 21: Tipología del Modelo de Vivienda Unifamiliar Kariña.



Fuente: Autores (2021).

En la Figura 22 se muestra la Tipología del Modelo de Vivienda Unifamiliar Cuyuni.

Figura 22: Tipología del Modelo de Vivienda Unifamiliar Cuyuni:



Fuente: Autores (2021).

4.2. Categorizar las diferentes Viviendas Unifamiliares de la Gran Misión Vivienda Venezuela (GMVV) en el Estado Anzoátegui, en función a su Capacidad Estructural aplicando un Análisis Estático No Lineal (AENL) utilizando el Software ETABS 2015.

Se llevó a cabo el Análisis Estático No Lineal (AENL) o “Pushover” a los cuatro Modelos de Viviendas Unifamiliares: Decovensa, Construfácil, Kariña y Cuyuni. El Pushover es una técnica de Análisis Estático No Lineal que tiene por objetivo llevar a las estructuras más allá del rango elástico y posteriormente al colapso, o hasta una deformación máxima, esto mediante la aplicación de cargas monotónicas en forma incremental.

4.2.1. Modelación Tridimensional y Definición de Materiales en el Software ETABS 2015.

Para dar inicio al AENL, se dibujaron las Estructuras de cada Modelo de Vivienda Unifamiliar en el Software ETABS 2015, se aplicaron cargas incrementales en cada diafragma y se determinó que el programa no permite asignar diafragmas en Techos con Inclinación. Tal fue el caso de los Modelos en estudio por tal motivo se promediaron las alturas de la cada Modelo de Vivienda Unifamiliar.

Se perfilaron nuevamente los Modelos de las Viviendas Unifamiliares con Techos Planos en el Software ETABS 2015, pero se aplicaron las cargas reales de los Techos Inclinados, con el fin de resolver la problemática mencionada y obtener los resultados más cercanos a la realidad.

Se establecieron las propiedades de los materiales utilizados, las secciones de Columnas, Vigas, Correas y el Tipo de Techo y Entrepiso, mostrados en la Tabla 17.

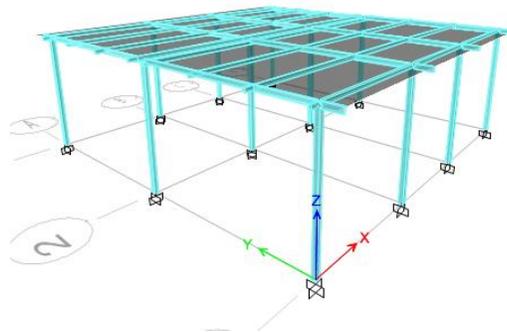
Tabla 17: Datos Generales suministrados al Software ETABS 2015.

Modelo	Columnas	Vigas	Correas	Techo
	Acero A500, Módulo de Elasticidad= 2100000.47 kg/cm ²			
Decovensa	90 mm x 90 mm x 3 mm.	100 mm x 40 mm x 2.25 mm.	80 mm x 40 mm x 2.25 mm.	Lámina Termoacústica Perfil Tipo Teja (Cinduteja)
Construfácil	100 mm x 100 mm x 3 mm	100 mm x 40 mm x 2.25 mm	80 mm x 40 mm x 2.25 mm.	Acerolit.
Kariña	60 mm x 60 mm x 2.25 mm.	80 mm x 40 mm x 2.25 mm.	80 mm x 40 mm x 2.25 mm.	Machihembrado, Teja Asfáltica o Teja Criolla
Cuyuni	100 mm x 100 mm x 3 mm.	120 mm x 60 mm x 2.25 mm.	80 mm x 40 mm x 2.25 mm.	Lámina Climatizada Superlit 27.

Fuente: Autores (2021).

A continuación se muestra en la Figura 23, la Geometría para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Decovensa obtenida en el Software ETABS 2015.

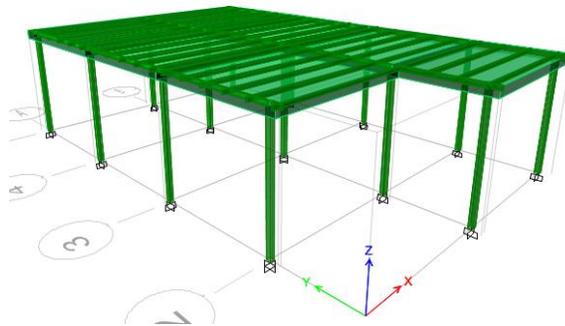
Figura 23: Geometría del Modelo de la Vivienda Unifamiliar Decovensa:



Fuente: Software ETABS 2015.

A continuación se muestra en la Figura 24, la Geometría para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Construfácil obtenida en el Software ETABS 2015.

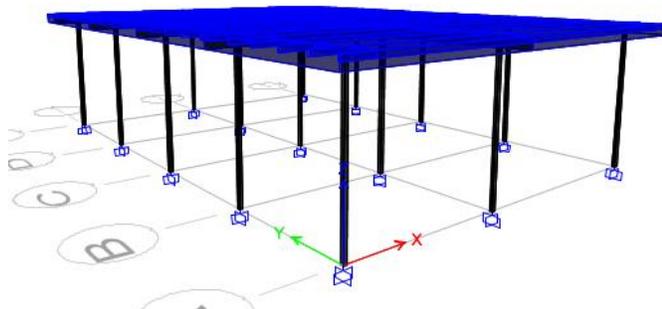
Figura 24: Geometría del Modelo de la Vivienda Unifamiliar Construfácil:



Fuente: Software ETABS 2015.

A continuación se muestra en la Figura 25, la Geometría para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Kariña obtenida en el Software ETABS 2015.

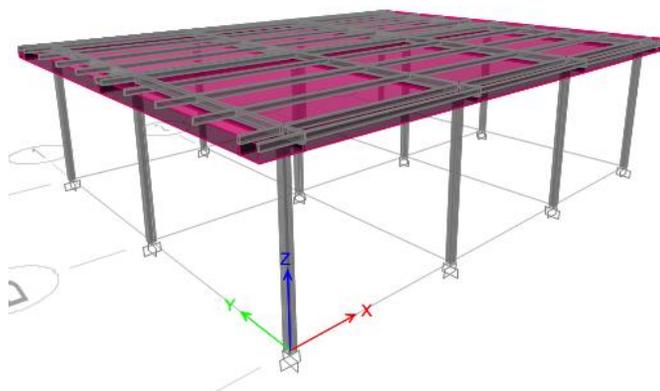
Figura 25: Geometría del Modelo de la Vivienda Unifamiliar Kariña:



Fuente: Software ETABS 2015.

A continuación se muestra en la Figura 26, la Geometría para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Cuyuni obtenida en el Software ETABS 2015.

Figura 26: Geometría del Modelo de la Vivienda Unifamiliar Cuyuni:



Fuente: Software ETABS 2015.

4.2.2. Análisis de Carga de Techo:

Se realizó el Análisis de Cargas donde se establecieron las Cargas Vivas y Permanentes que actúan en cada Modelo de Vivienda Unifamiliar. Los Pesos Unitarios de los elementos constructivos se tomaron de catálogos de fabricantes, obteniendo así la Carga Permanente para cada vivienda. La

Carga Variable fue extraída de la Norma COVENIN 2002-88 “Criterio y Acciones Mínimas para el Proyecto de Edificaciones” el valor establecido para la Carga Variable resulta de la condición $CP \leq 50 \text{ kgf/m}^2$ entonces $CV = 40 \text{ kgf/m}^2$.

En la Tabla 18, se muestra el Análisis de Carga para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Decovensa.

Tabla 18: Análisis de Carga de Techo para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Decovensa.

Lámina Termoacústica de Perfil Tipo Teja (Cinduteja)	
Descripción	Peso (kgf/m²)
Lámina	6.31
Ganchos de Sujeción	0.4
CPP	6.71
CV	40

Fuente: Norma COVENIN 2002-88.

En la Tabla 19, se muestra el Análisis de Carga para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Construfácil.

Tabla 19: Análisis de Carga de Techo para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Construfácil.

Lámina de Acerolit	
Descripción	Peso (kgf/m²)
Lámina	5.70
Ganchos de Sujeción	0.4
CPP	6.1
CV	40

Fuente: Norma COVENIN 2002-88.

En la Tabla 20, se muestra el Análisis de Carga para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Kariña.

Tabla 20: Análisis de Carga de Techo para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Kariña.

Machihembrado	
Descripción	Peso (kgf/m²)
Machihembrado de Pino	13.5
Impermeabilización	120
Teja Criolla	50
Mortero de Colocación	50
CPP	233.5
CV	100

Fuente: Norma COVENIN 2002-88.

En la Tabla 21 se muestra el Análisis de Carga para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Cuyuni.

Tabla 21: Análisis de Carga de Techo para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Cuyuni.

Lámina de Acerolit	
Descripción	Peso (kgf/m²)
Lámina	4.15
Ganchos de Sujeción	0.4
CPP	4.55
CV	40

Fuente: Norma COVENIN 2002-88.

4.2.3. Clasificación Sísmica:

Los parámetros y valores de la Tabla 22, se obtuvieron de la Norma COVENIN 1756-1: 2001. “Edificaciones Sismorresistentes”, es importante mencionar que dependen del lugar de ubicación de cada Vivienda Unifamiliar y de su tipo de uso.

Tabla 22: Clasificación Sísmica para Viviendas Unifamiliares Decovensa, Construfácil, Kariña y Cuyuni.

Modelo	Decovensa	Construfácil	Kariña	Cuyuni
Ubicación	Juan Antonio Sotillo	Anaco	Simón Rodríguez	San José de Guanipa
Zona Sísmica	6	4	4	4
Peligro Sísmico	Elevado	Intermedio	Intermedio	Intermedio
Aceleración del Terreno (A _o)	0.35	0.25	0.25	0.25
Clasificación según su Uso	B2	B2	B2	B2
Factor de Importancia (α)	1	1	1	1
Factor de Corrección Espectral (φ)	0.8	0.8	0.8	0.8
Nivel de Diseño	ND2	ND2	ND2	ND2
Clasificación según el Tipo de Estructura	I	I	I	I
Factor de Reducción (R)	4.5	4.5	4.5	4.5
Forma Espectral	S3	S3	S3	S3

Fuente: Norma COVENIN 1756-1: 2001.

4.2.4 Aplicación del Análisis Estático No Lineal en el Software Etabs 2015:

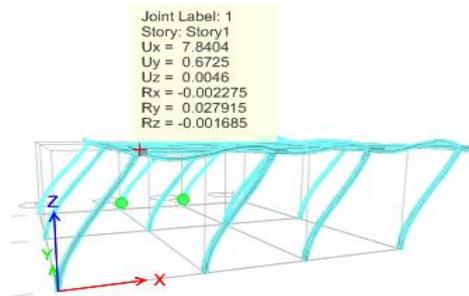
4.2.4.1. Modelo de Vivienda Unifamiliar Decovensa:

Siendo el Nodo de Control para este Modelo el N^o 1 y el Desplazamiento Permitido de 11.2 cm, según el parámetro que establece el FEMA de 4% de la altura total de la Vivienda.

“Pushover” X (Δ Restringido de 4%):

Se realizó el cálculo del Desplazamiento de 7.84 cm, en Sentido “X” en el Software ETABS 2015, el resultado gráfico se puede observar en Figura 27.

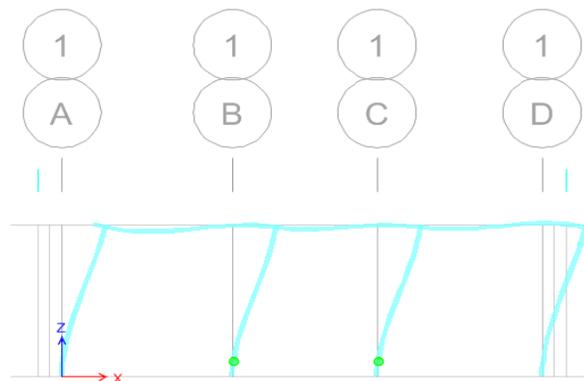
Figura 27: Modelo Decovensa con $\Delta = 7.84$ cm (Δ restringido de 4%), Sentido "X".



Fuente: Software ETABS 2015.

La formación de Rótulas comienza a observarse en Estado de Ocupación Inmediata en las Columnas B1 y C1 del Pórtico 1 (Figura 28).

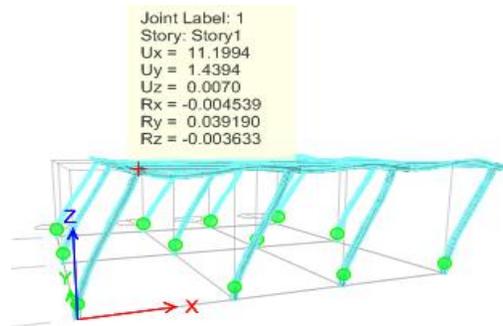
Figura 28: Decovensa2 (Δ Restringido de 4%) – Pórtico "1", Sentido "X".



Fuente: Software ETABS 2015.

Se realizó el cálculo del Desplazamiento de 11.19 cm, observándose la presencia de Rótulas en todas las Columnas en Estado de Ocupación Inmediata. (Figura 29).

Figura 29: Decovensa con $\Delta = 11.19$ cm (Δ Restringido de 4%), Sentido “X”.

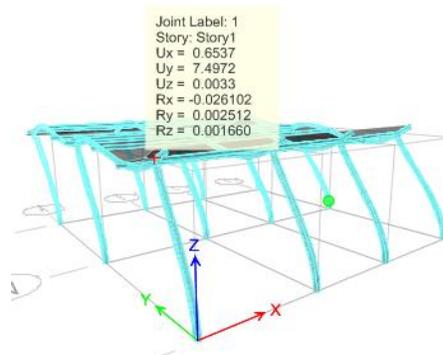


Fuente: Software ETABS 2015.

“Pushover” Y (Δ Restringido de 4%):

Se realizó el cálculo del Desplazamiento de 7.49 cm, en Sentido “Y” en el Software ETABS 2015, el resultado gráfico se puede observar en Figura 30.

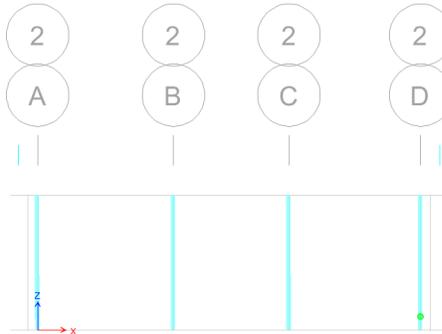
Figura 30: Decovensa con $\Delta = 7.49$ cm (Δ Restringido de 4%), Sentido “Y”.



Fuente: Software ETABS 2015.

La formación de Rótulas comienza a observarse en la Columna D2 en Estado de Ocupación Inmediata (Figura 31).

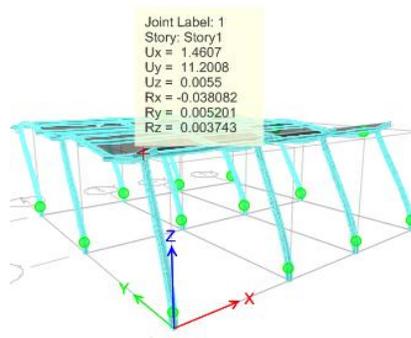
Figura 31: Decovensa3 (Δ Restringido de 4%) – Pórtico “2”, Sentido “Y”.



Fuente: Software ETABS 2015.

Se realizó el cálculo del Desplazamiento de 11.20 cm, en Sentido “Y” en el Software ETABS 2015, el resultado gráfico se puede observar la aparición de Rótulas en todas las Columnas (Figura 32).

Figura 32: Decovensa con $\Delta = 11.20$ cm (Δ Restringido de 4%), Sentido “Y”.

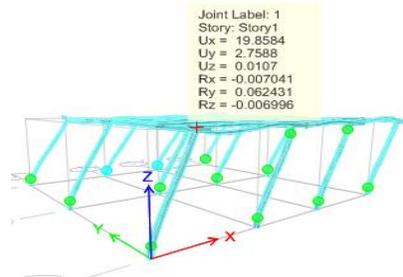


Fuente: Software ETABS 2015.

“Pushover” X (Δ Mayor de 4%):

Se realizó el cálculo del Desplazamiento de 19.85 cm, en Sentido “X” en el Software ETABS 2015, el resultado gráfico se puede observar en Figura 33.

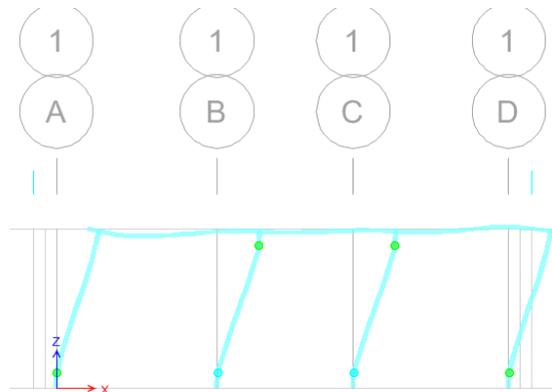
Figura 33: Decovenza 4 (Δ Mayor de 4%), Sentido “X”.



Fuente: Software ETABS 2015.

La formación de Rótulas comienza a observarse en estado de Seguridad de Vida en las Columnas B1 y C1 del Pórtico 1. (Figura 34).

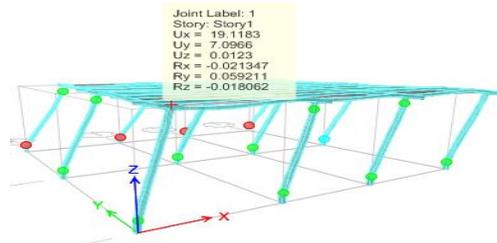
Figura 34: Decovenza5 (Δ Mayor de 4%) – Pórtico “1”, sentido “X”.



Fuente: Software ETABS 2015.

La estructura del Modelo de Vivienda Unifamiliar Decovenza al ser simulada en el Software ETABS 2015, arrojó una disminución del Desplazamiento a 19.11 cm (Figura 35).

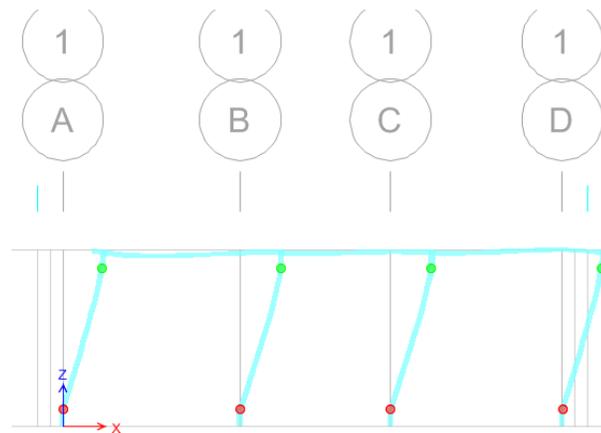
Figura 35: Decovensa - con $\Delta = 19,11$ cm (Δ Mayor de 4%), Sentido "X".



Fuente: Software ETABS 2015.

Se observó una falla en la Estructura, debido a que todas las Columnas del Pórtico 1 se encuentran en Estado de Pre-Colapso y Colapso, aunque sean las que mantienen la Vivienda Unifamiliar en Pie (Figura 36).

Figura 36: Decovensa con $\Delta = 19,11$ cm (Δ Mayor de 4%) - Pórtico "1", Sentido "X".

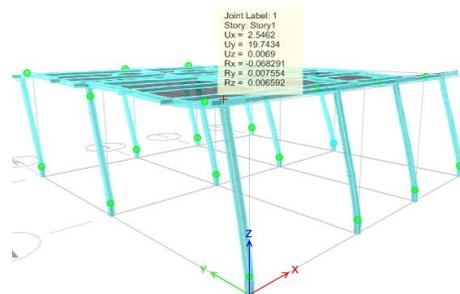


Fuente: Software ETABS 2015.

"Pushover" Y (Δ Mayor de 4%):

Se realizó el cálculo del Desplazamiento de 19.74 cm, en Sentido “Y” en el Software ETABS 2015, observándose la incursión de la Columna D2 en Estado de Seguridad de Vida. (Figura 37).

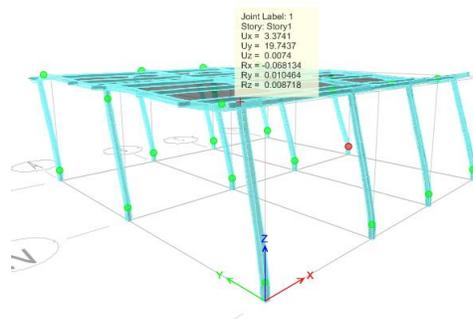
Figura 37: Decovensa con $\Delta = 19.74$ cm (Δ Mayor de 4%), Sentido “Y”.



Fuente: Software ETABS 2015.

Se realizó un incremento del Desplazamiento de 19.74 cm, en Sentido “Y” en el Software ETABS 2015, observándose la incursión de la Columna D2 en Estado de Colapso. (Figura 38).

Figura 38: Decovensa con $\Delta = 19,74$ cm (Δ Mayor de 4%), sentido “Y”.



Fuente: Software ETABS 2015.

A lo largo del desarrollo de esta fase de la investigación se muestran también las gráficas “Pushover” según el FEMA 440, en donde se

determinaron los Puntos de Desempeño de la Estructura del Modelo de Vivienda Unifamiliar Decovensa el cual forma cuando se unen la Curva de Capacidad de la Estructura (g/ton) con el Espectro (cm), siendo este la respuesta máxima de la estructura ante un Evento Sísmico.

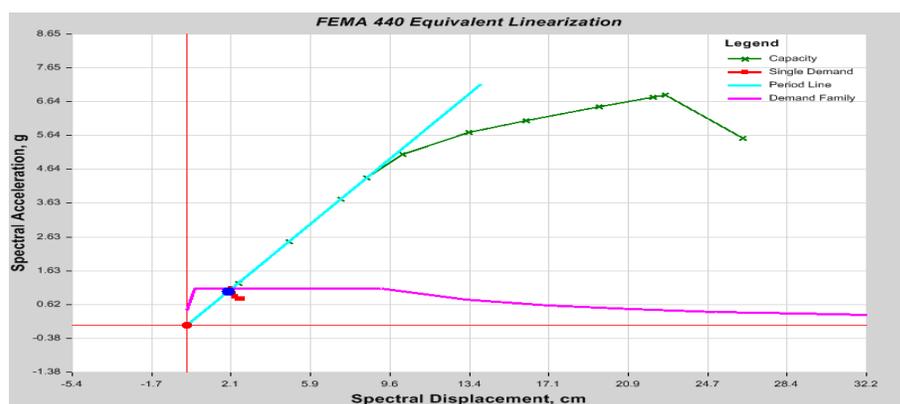
Tabla 23: Resumen de Valores del Punto de Desempeño del Modelo de Vivienda Unifamiliar Decovensa:

Sentido	Cortante (tonf)	Desplazamiento (cm)
X	1.9649	19.85
Y	1.9480	19.74

Fuente: Autores (2023).

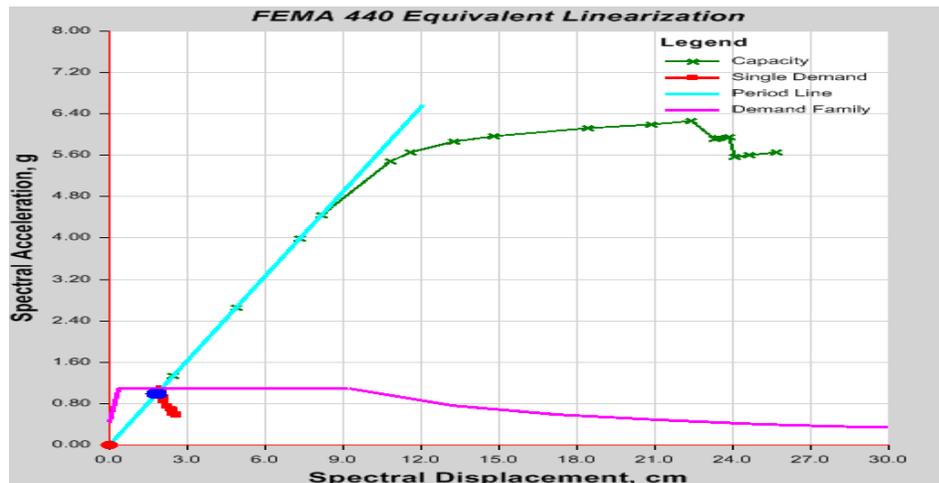
Las Gráficas “Pushover” según FEMA 440 muestran los Valores del Punto de Desempeño del Modelo de Vivienda Unifamiliar Decovensa para Sentidos (X – Y).

Gráfica 2: “Pushover” según FEMA 440 del Modelo de Vivienda Unifamiliar Decovensa con Desplazamiento Mayor de 4% de la Altura de la Vivienda – Sentido “X” en ETABS 2015.



Fuente: Software ETABS 2015.

Gráfica 3: “Pushover” según FEMA 440 del Modelo de Vivienda Unifamiliar Decovensa con Desplazamiento Mayor de 4% de la Altura de la Vivienda – Sentido “Y” en ETABS 2015.



Fuente: Software ETABS 2015.

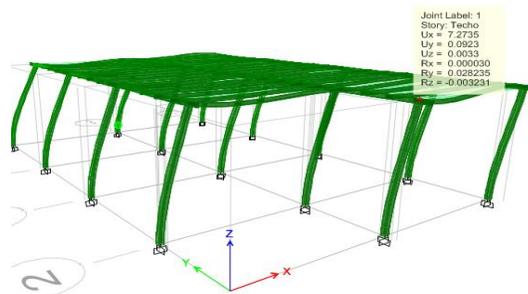
4.2.4.2. Modelo de Vivienda Unifamiliar Construfácil:

Siendo el Nodo de Control para este Modelo el N° 1, y el Desplazamiento Permitido de 11.6 cm, según el parámetro que establece el FEMA de 4% de la altura total de la Vivienda.

“Pushover” X (Δ Restringido de 4%):

Se realizó el cálculo del Desplazamiento de 7.27 cm, en Sentido “X” en el Software ETABS 2015, el resultado gráfico se puede observar en Figura 39.

Figura 39: Modelo Construfácil con $\Delta = 7.27$ cm (Δ Restringido de 4%), Sentido “X”.



Fuente: Software ETABS 2015.

La formación de Rótulas comienza a observarse en Estado de Ocupación Inmediata en las Columnas B5 del Pórtico 5 (Figura 40).

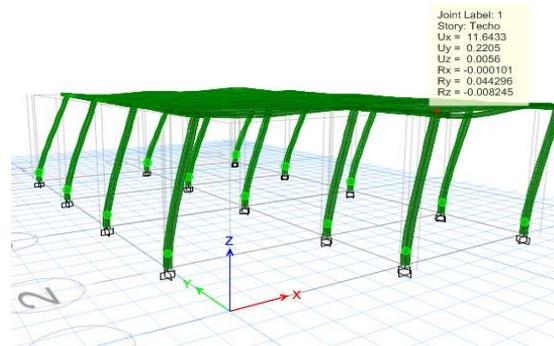
Figura 40: Construfácil6 (Δ Restringido de 4%) – Pórtico “5”, Sentido “X”.



Fuente: Software ETABS 2015.

Se realizó el cálculo del Desplazamiento de 11.64 cm, observándose la presencia de Rótulas en las todas Columnas en Estado de Ocupación Inmediata (Figura 41).

Figura 41: Construfácil con $\Delta = 11.64$ cm (Δ Restringido de 4%), Sentido “X”.

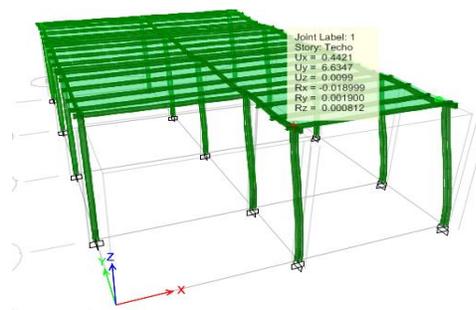


Fuente: Software ETABS 2015.

“Pushover” Y (Δ Restringido de 4%):

Se realizó el cálculo del Desplazamiento de 6.63 cm, en Sentido “Y” en el Software ETABS 2015, el resultado gráfico se puede observar en Figura 42.

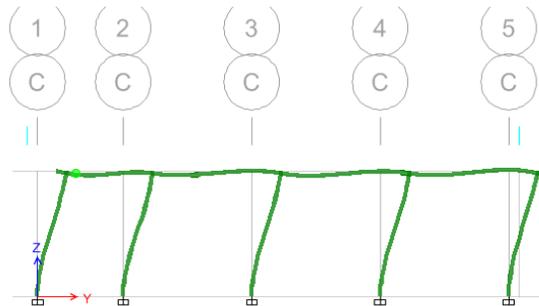
Figura 42: Construfácil $\Delta = 6.63$ cm (Δ Restringido de 4%), Sentido “Y”.



Fuente: Software ETABS 2015.

La formación de Rótulas comienza a observarse en Estado de Ocupación Inmediata en las Columnas C1 y C2 (Figura 43).

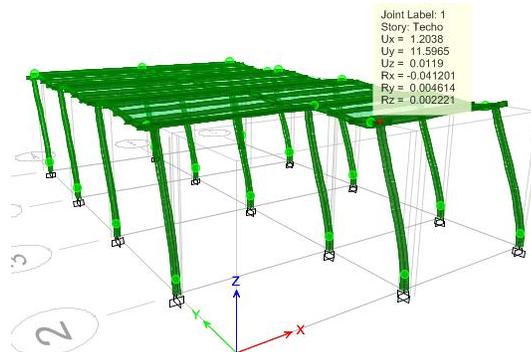
Figura 43: Construfácil 7(Δ Restringido de 4%) – Pórtico “C”, Sentido “Y”.



Fuente: Software ETABS 2015.

Se realizó el cálculo del Desplazamiento de 11.59 cm, en Sentido “Y” en el Software ETABS 2015, el resultado gráfico se puede observar en Figura 44.

Figura 44: Construfácil con $\Delta = 11.59$ cm (Δ Restringido de 4%), Sentido “Y”.

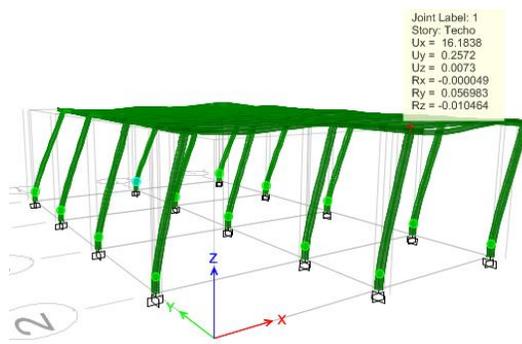


Fuente: Software ETABS 2015.

“Pushover” X (Δ Mayor de 4%):

Se realizó el cálculo del Desplazamiento de 16.18 cm, en Sentido “X” en el Software ETABS 2015, el resultado gráfico se puede observar en Figura 45.

Figura 45: Construfácil 8 (Δ Mayor de 4%), Sentido “X”.



Fuente: Software ETABS 2015.

La formación de Rótulas comienza a observarse en Estado de Seguridad de Vida en las Columnas B5 del Pórtico 5 (Figura 46).

Figura 46: Construfácil 9 (Δ Mayor de 4%) – Pórtico “5”, Sentido “X”.

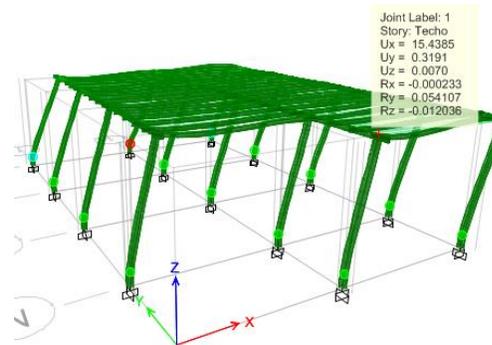


Fuente: Software ETABS 2015.

El Software ETABS 2015 mostró una disminución del Desplazamiento de 15.43 cm, resultando la falla en la Columna B5 del Pórtico 5 en Estado de

Colapso y la Columnas A5 y C5 del Pórtico 1 en Estado de Seguridad de Vida (Figura 47).

Figura 47: Construfácil - con $\Delta = 15,43$ cm (Δ Mayor de 4%), Sentido “X”.

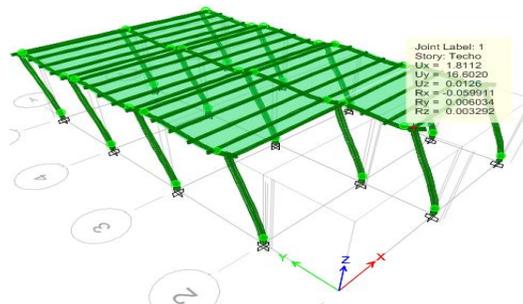


Fuente: Software ETABS 2015.

“Pushover” Y (Δ Mayor de 4%):

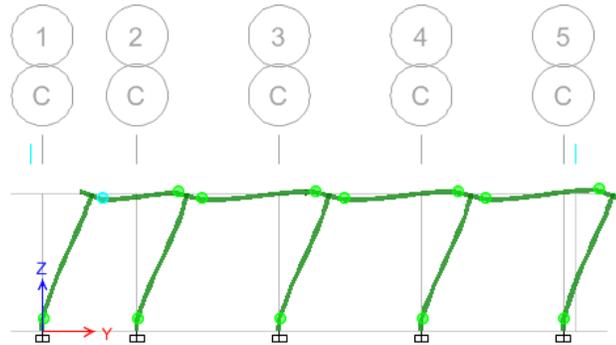
En este sentido se observó que con un Desplazamiento de 16.60 cm, incursionan todas las Columnas en Estado de Ocupación Inmediata (Figura 48).

Figura 48: Construfácil - con $\Delta = 16.60$ cm (Δ Mayor de 4%), Sentido “Y”.



Fuente: Software ETABS 2015.

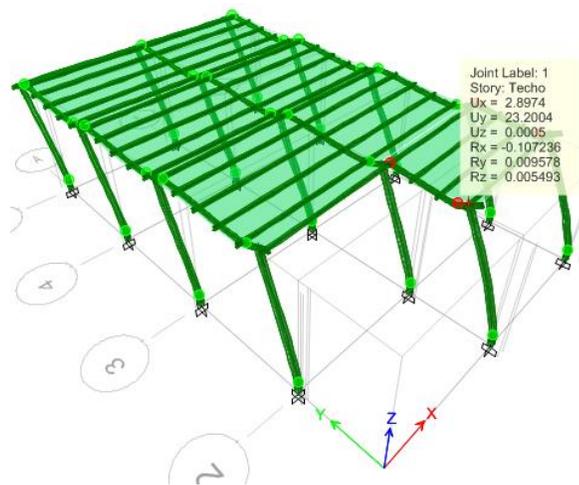
Figura 49: Construfácil - con $\Delta = 16,60$ cm (Δ Mayor de 4%) - Pórtico "C", Sentido "Y".



Fuente: Software ETABS 2015.

Con un incremento en el Desplazamiento de 23.20 cm en el Sentido "Y", se puede observar como incurcionan las Vigas B1-B2 y C1-C2 en Estado de Colapso. (Figura 50).

Figura 50: Construfácil - con $\Delta = 23,20$ cm (Δ Mayor de 4%), Sentido "Y".



Fuente: Software ETABS 2015.

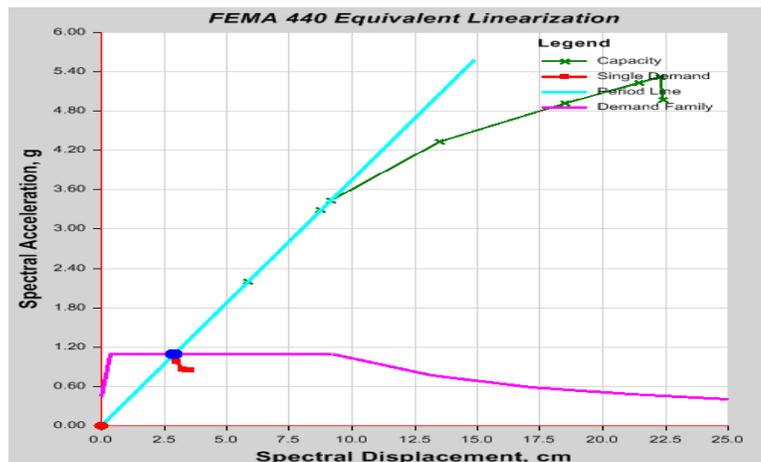
A lo largo del desarrollo de esta fase de la investigación se muestran también las gráficas “Pushover” según el FEMA 440, en donde se determinaron los Puntos de Desempeño de la Estructura del Modelo de Vivienda Unifamiliar Construfácil el cual forma cuando se unen la Curva de Capacidad de la Estructura (g/ton) con el Espectro (cm), siendo este la respuesta máxima de la estructura ante un Evento Sísmico.

Tabla 24: Resumen de Valores del Punto de Desempeño del Modelo de Vivienda Unifamiliar Construfácil:

Sentido	Cortante (tonf)	Desplazamiento (cm)
X	3.2408	16.18
Y	3.4223	16.60

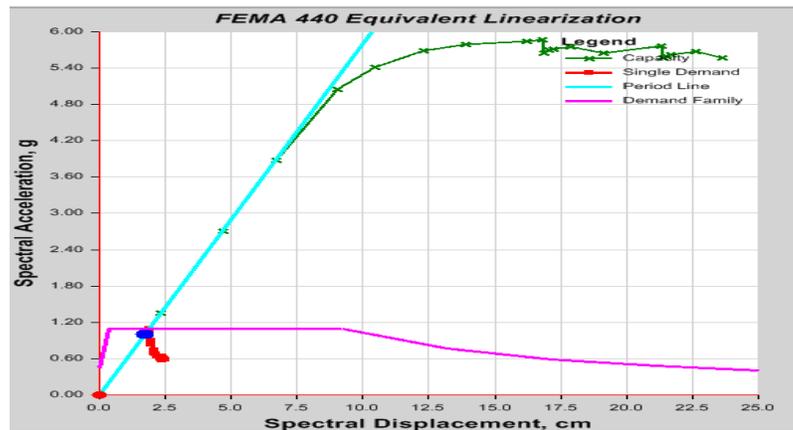
Fuente: Autores (2023).

Gráfica 4: “Pushover” según FEMA 440 del Modelo de Vivienda Unifamiliar Construfácil con Desplazamiento Mayor de 4% de la Altura de la Vivienda – Sentido “X” en ETABS 2015.



Fuente: Software ETABS 2015.

Gráfica 5: “Pushover” según FEMA 440 del Modelo de Vivienda Unifamiliar Construfácil con Desplazamiento Mayor de 4% de la altura de la Vivienda – Sentido “Y” en ETABS 2015.



Fuente: Software ETABS 2015.

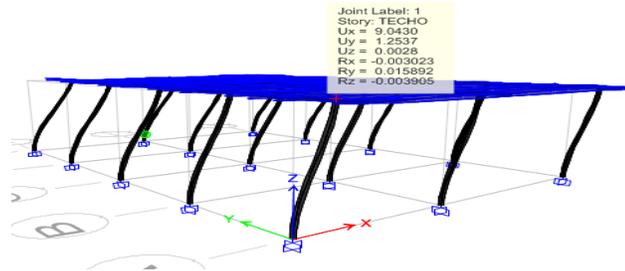
4.2.4.3. Modelo de Vivienda Unifamiliar Kariña:

Siendo el Nodo de Control para este Modelo el N° 1, y el Desplazamiento Permitido de 11.04 cm, según el parámetro que establece el FEMA de 4% de la altura total de la Vivienda.

“Pushover” X (Δ Restringido de 4%):

Se realizó el cálculo del Desplazamiento de 9.04 cm, en Sentido “X” en el Software ETABS 2015, el resultado gráfico se puede observar en Figura 51.

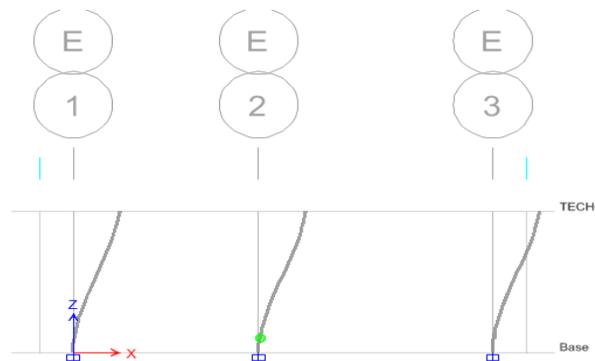
Figura 51: Kariña con $\Delta = 9.04$ cm (Δ Restringido de 4%), Sentido “X”.



Fuente: Software ETABS 2015.

Se realizó el cálculo del Desplazamiento de 09.04 cm observándose la presencia de Rótulas en Estado de Ocupación Inmediata en la Columna E2 del Pórtico E (Figura 52).

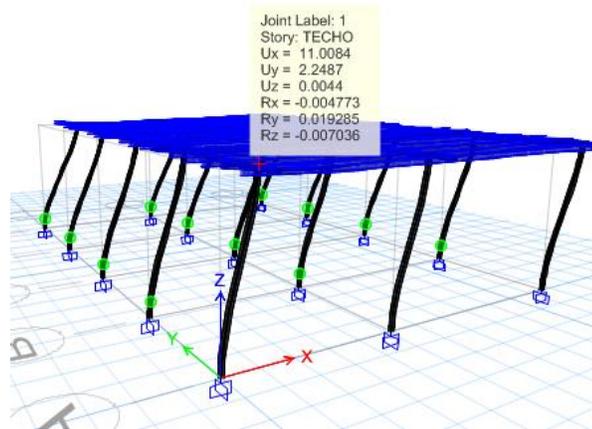
Figura 52: Kariña 10 (Δ Restringido de 4%) – Pórtico “E”, Sentido “X”.



Fuente: Software ETABS 2015.

Se realizó el cálculo del Desplazamiento de 11.00 observándose la presencia de Rótulas en la mayoría de las Columnas en Estado de Ocupación Inmediata (Figura 53).

Figura 53: Kariña con $\Delta = 11.00$ cm (Δ Restringido de 4%), Sentido “X”.

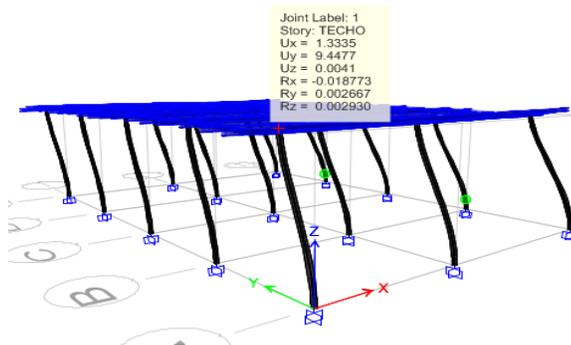


Fuente: Software ETABS 2015.

“Pushover” Y (Δ Restringido de 4%):

Se realizó el cálculo del Desplazamiento de 9.44 cm, en Sentido “Y” en el Software ETABS 2015, el resultado gráfico se puede observar en Figura 54.

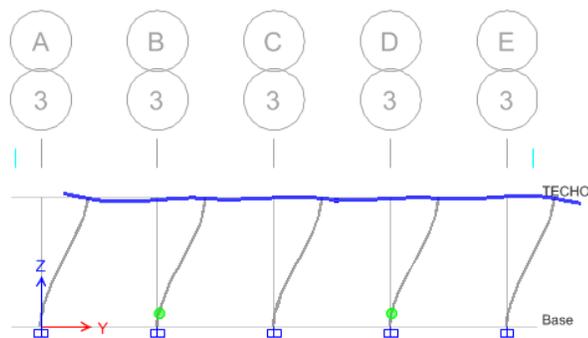
Figura 54: Kariña con $\Delta = 9.44$ cm (Δ Restringido de 4%), Sentido “Y”.



Fuente: Software ETABS 2015.

La formación de Rótulas en Estado de Ocupación Inmediata fueron obtenidas con un Desplazamiento de 9.44 cm generadas en las Columnas B3 y C3 (Figura 55).

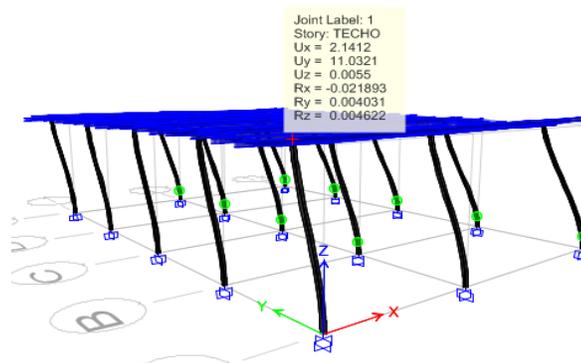
Figura 55: Kariña 11 (Δ Restringido de 4%) – Pórtico “3”, Sentido “Y”.



Fuente: Software ETABS 2015.

Permitiendo un Desplazamiento Mayor de 11.03 cm, se observó lo siguiente:

Figura 56: Kariña con $\Delta = 11.03$ cm (Δ Restringido de 4%), Sentido “Y”.

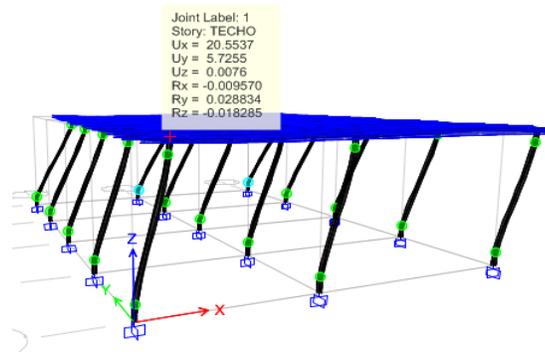


Fuente: Software ETABS 2015.

“Pushover” X (Δ Mayor de 4%):

Se realizó el cálculo del Desplazamiento de 20.55 cm, en Sentido “X” en el Software ETABS 2015, el resultado gráfico se puede observar en Figura 57.

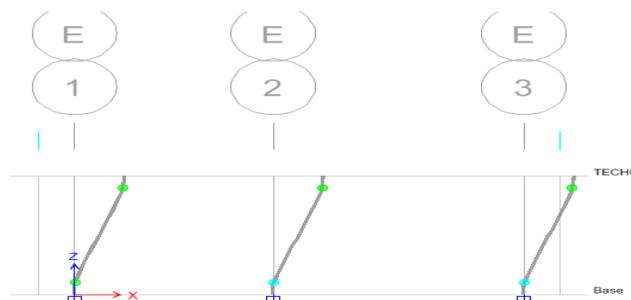
Figura 57: Kariña 12 (Δ Mayor de 4%), Sentido “X”.



Fuente: Software ETABS 2015.

La formación de Rótulas comienza a observarse en Estado de Seguridad de Vida en las Columnas E2 y E3 del Pórtico E. Las demás Columnas aparecen Rótulas en Estado de Ocupación Inmediata (Figura 58).

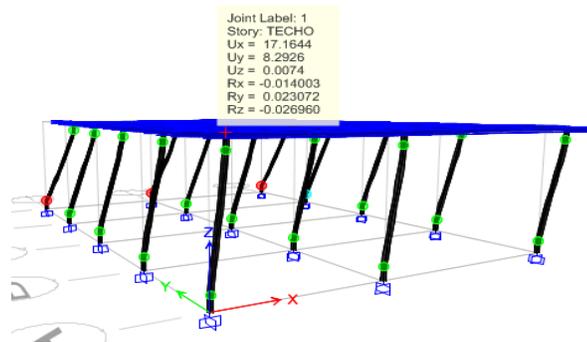
Figura 58: Kariña 13 (Δ Mayor de 4%) – Pórtico “E”, Sentido “X”.



Fuente: Software ETABS 2015.

El Software ETABS 2015 mostró una disminución del Desplazamiento de 17.16 cm, generando Rótulas en Estado de Colapso en las Columnas E1, E2 y E3 del Pórtico E (Figura 59).

Figura 59: Kariña - con $\Delta = 17,16$ cm (Δ Mayor de 4%), Sentido “X”.

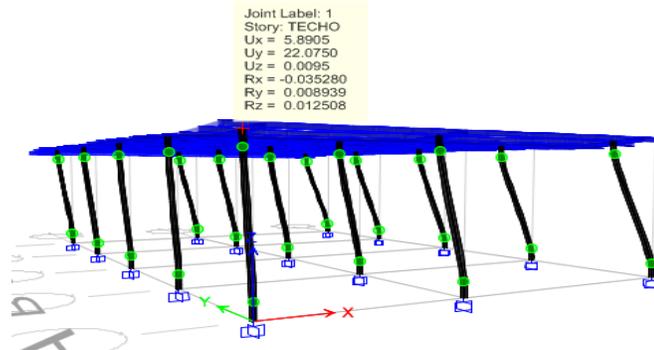


Fuente: Software ETABS 2015.

“Pushover” Y (Δ Mayor de 4%):

En este sentido se observó que con un Desplazamiento de 22.07 cm, incursionan todas las Columnas en Estado de Ocupación Inmediata (Figura 60).

Figura 60: Kariña - con $\Delta = 22,07$ cm (Δ Mayor de 4%), Sentido “Y”.



Fuente: Software ETABS 2015.

Es importante resaltar que en el Sentido Y no aparecieron Rótulas en Estado de Colapso en Vigas ni Columnas con un Desplazamiento del 4% (establecido por la Norma) o por encima del 8% aproximadamente.

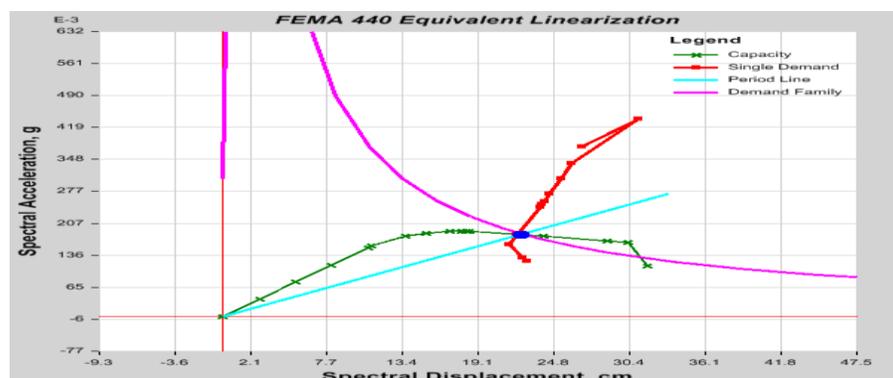
A lo largo del desarrollo de esta fase de la investigación se muestran también las gráficas “Pushover” según el FEMA 440, en donde se determinaron los Puntos de Desempeño de la Estructura del Modelo de Vivienda Unifamiliar Kariña el cual forma cuando se unen la Curva de Capacidad de la Estructura (g/ton) con el Espectro (cm), siendo este la respuesta máxima de la estructura ante un Evento Sísmico.

Tabla 25: Resumen de Valores del Punto de Desempeño del Modelo de Vivienda Unifamiliar Kariña:

Sentido	Cortante (tonf)	Desplazamiento (cm)
X	4.2000	20.55
Y	0	0

Fuente: Autores (2023)

Gráfica 6: “Pushover” según FEMA 440 del Modelo de Vivienda Unifamiliar Kariña con Desplazamiento mayor de 4% de la altura de la Vivienda – Sentido “X” en ETABS 2015.



Fuente: Software ETABS 2015.

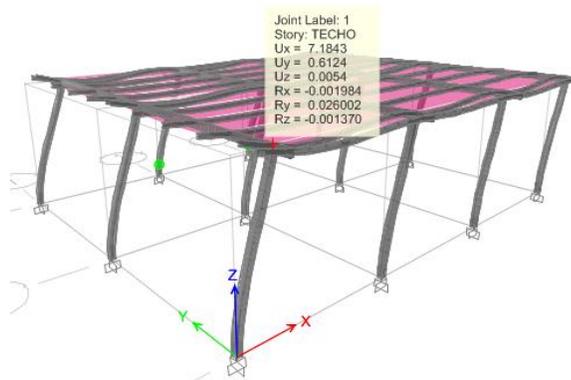
4.2.4.4. Modelo de Vivienda Unifamiliar Cuyuni:

Siendo el Nodo de Control para este Modelo el N° 1, y el Desplazamiento Permitido de 11 cm, según el parámetro que establece el FEMA de 4% de la altura total de la Vivienda.

“Pushover” X (Δ Restringido de 4%):

Se realizó el cálculo del Desplazamiento de 7.18 cm, en Sentido “X” en el Software ETABS 2015, el resultado gráfico se puede observar en Figura 61.

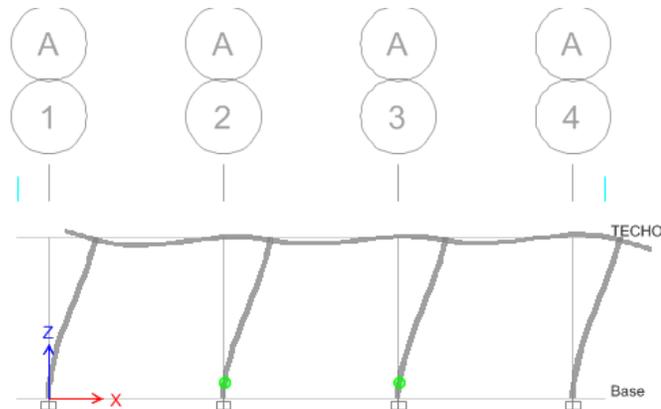
Figura 61: Cuyuni con $\Delta = 7.18$ cm (Δ Restringido de 4%), Sentido “X”.



Fuente: Software ETABS 2015.

Se realizó el cálculo del Desplazamiento de 7.18 observándose la presencia de Rótulas en Estado de Ocupación Inmediata en la Columna A2 y A3 del Pórtico A (Figura 62).

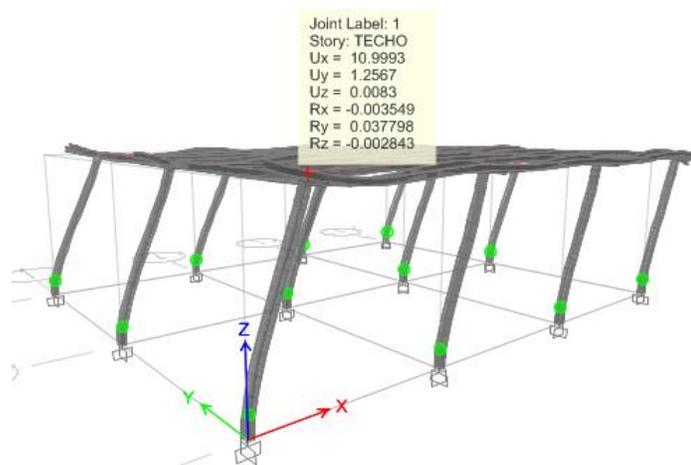
Figura 62: Cuyuni 14 (Δ Restringido de 4%) – Pórtico “A”, Sentido “X”:



Fuente: Software ETABS 2015.

Se realizó el cálculo del Desplazamiento de 10.09 observándose la presencia de Rótulas en la todas las Columnas en Estado de Ocupación Inmediata (Figura 63).

Figura 63: Cuyuni con $\Delta = 10.99$ cm (Δ Restringido de 4%), Sentido “X”.

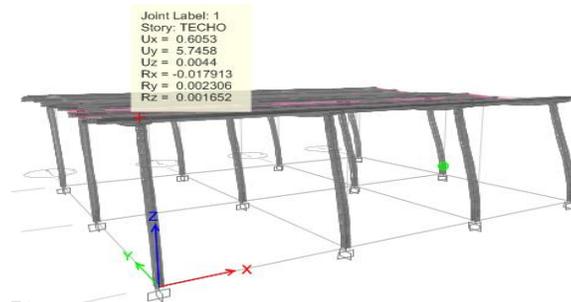


Fuente: Software ETABS 2015.

“Pushover” Y (Δ Restringido de 4%):

En este sentido se observó que con un Desplazamiento de 5.74 cm, incursionan la formación de Rótula en Estado de Ocupación Inmediata (Figura 64).

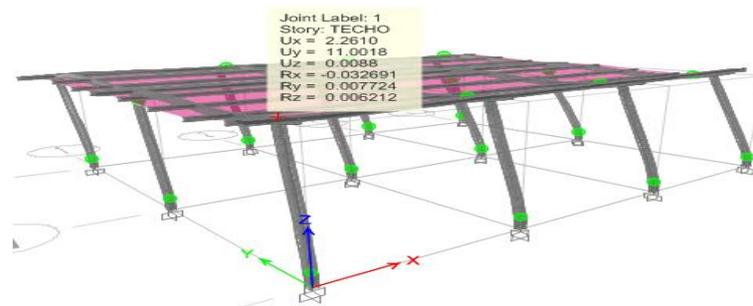
Figura 64: Cuyuni con $\Delta = 5.74$ cm (Δ Restringido de 4%), Sentido “Y”.



Fuente: Software ETABS 2015.

En este sentido se observó que con un Desplazamiento de 5.74 cm, incursionan la formación de Rótula en Estado de Ocupación Inmediata en la Columna B4 (Figura 65).

Figura 65: Cuyuni con $\Delta = 11.00$ cm (Δ Restringido de 4%), Sentido “Y”.

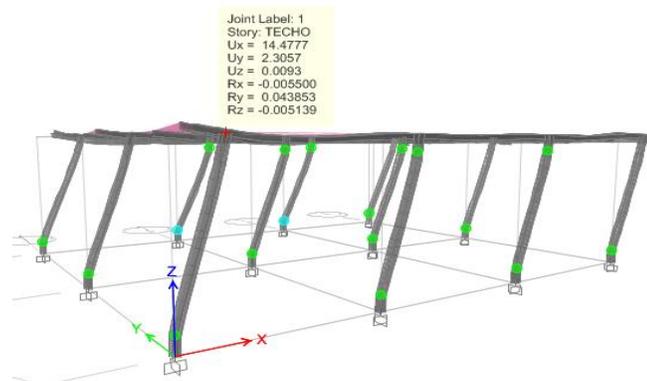


Fuente: Software ETABS 2015.

“Pushover” X (Δ Mayor de 4%):

Con un desplazamiento de 14.47 cm, se observó la aparición de Rótulas en Estado de Seguridad de Vida en las Columnas A2 y A3 del Pórtico A (Figura 66).

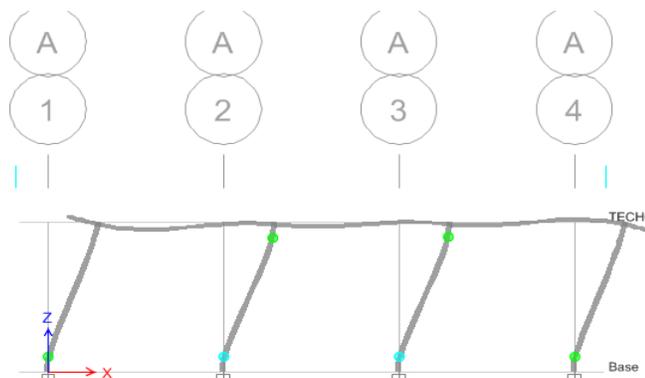
Figura 66: Cuyuni 15 (Δ Mayor de 4%), Sentido “X”.



Fuente: Software ETABS 2015.

También se aprecia la aparición de Rótulas en el resto de las Columnas en Estado de Ocupación Inmediata (Figura 67).

Figura 67: Cuyuni 16 (Δ Mayor de 4%) – Pórtico “A”, Sentido “X”.

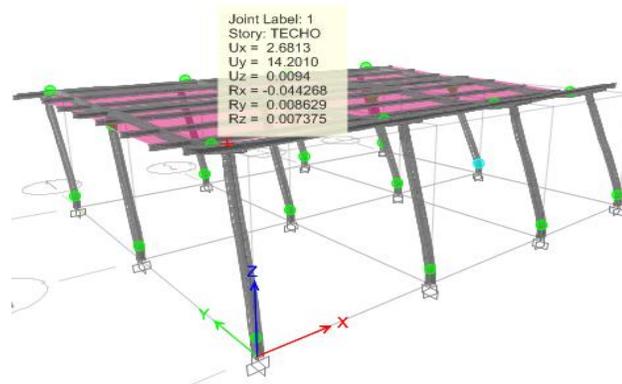


Fuente: Software ETABS 2015.

“Pushover” Y (Δ Mayor de 4%):

En el Sentido “Y” se observó que con un Desplazamiento de 14.20 cm, la Columna B4 incursiona en Estado de Seguridad de Vida (Figura 68).

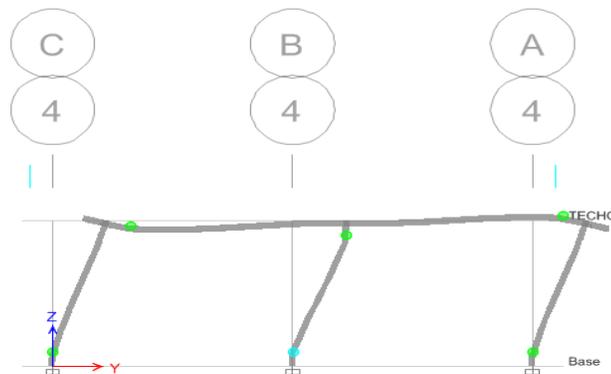
Figura 68: Cuyuni - con $\Delta = 14.20$ cm (Δ Mayor de 4%), Sentido “Y”.



Fuente: Software ETABS 2015.

Las demás Columnas y algunas Vigas alcanzaron un Estado de Ocupación Inmediata (Figura 69).

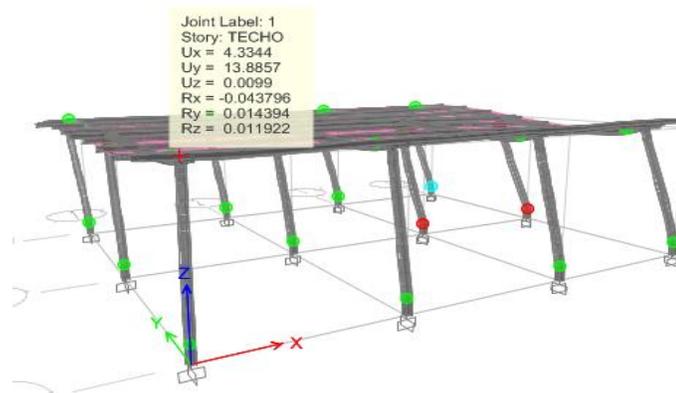
Figura 69: Cuyuni 17 (Δ Mayor de 4%) – Pórtico “4”, Sentido “Y”.



Fuente: Software ETABS 2015.

Con una disminución en el Desplazamiento en el Sentido “Y” a 13.88 cm, se puede observar como incurcionan las Columnas B4 y B3 en Estado de Colapso (Figura 70).

Figura 70: Cuyuni - con $\Delta = 13.88$ cm (Δ Mayor de 4%), Sentido “Y”.



Fuente: Software ETABS 2015.

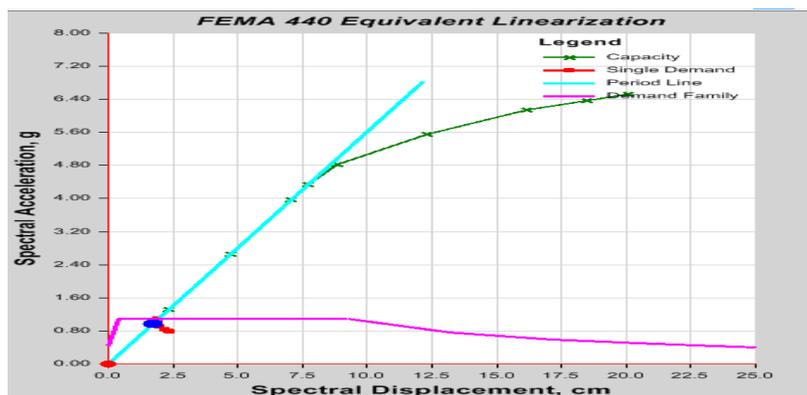
A lo largo del desarrollo de esta fase de la investigación se muestran también las gráficas “Pushover” según el FEMA 440, en donde se determinaron los Puntos de Desempeño de la Estructura del Modelo de Vivienda Unifamiliar Cuyuni el cual forma cuando se unen la Curva de Capacidad de la Estructura (g/ton) con el Espectro (cm), siendo este la respuesta máxima de la estructura ante un Evento Sísmico.

Tabla 26: Resumen de Valores del Punto de Desempeño del Modelo de Vivienda Unifamiliar Cuyuni:

Sentido	Cortante (tonf)	Desplazamiento (cm)
X	3.1967	14.47
Y	3.1462	14.20

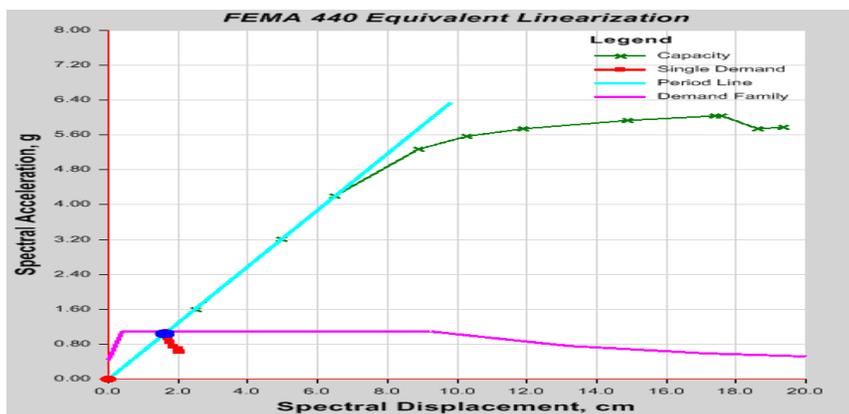
Fuente: Autores (2023)

Gráfica 7: “Pushover” según FEMA 440 del Modelo de Vivienda Unifamiliar Cuyuni con Desplazamiento mayor de 4% de la altura de la Vivienda – Sentido “X” en ETABS 2015.



Fuente: Software ETABS 2015.

Gráfica 8: “Pushover” según FEMA 440 del Modelo de Vivienda Unifamiliar Cuyuni con Desplazamiento mayor de 4% de la altura de la Vivienda – Sentido “Y” en ETABS 2015.



Fuente: Software ETABS 2015.

4.3 Comparar cada una de las Tipologías de Viviendas Unifamiliares de la Gran Misión Vivienda Venezuela (GMVV) en el Estado Anzoátegui, a través del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) con la Norma ISO 14040 y el Software ATHENA Impact Estimator for Buildings 5.1.01 (2015).

Los Análisis de Ciclo de Vida (ACV) a las Viviendas Unifamiliares: Decovensa, Construfácil, Kariña y Cuyuni fueron calculados empleando el Software ATHENA Impact Estimator for Buildings 5.1.01.

El Software ATHENA Impact Estimator for Buildings 5.1.01 cuenta en su algoritmo con datos de materiales y localizaciones de Viviendas diseñadas y construidas en los Estados Unidos y Canadá, por lo cual se seleccionaron valores específicos para un tipo de vivienda clasificada como “Singel Family Residential” de proyectos ubicados en EEUU, cuyo consumo energético en la fabricación de materiales de construcción y sus potenciales de contaminación tenían similitud a los Modelos de Viviendas Unifamiliares estudiadas. Los resultados arrojados por el Software se usaron como referencia para simulación y comparación de las mismas y la obtención de los Análisis Ambientales respectivos.

Tabla 27: Datos de Entrada para Evaluación del Impacto Ambiental.

MODELO	DECOVENSA	CONSTRUFÁCIL	KARIÑA	CUYUNI
Localización del Proyecto	USA	USA	USA	USA
Tipo de Edificación	Singel Family Residential	Singel Family Residential	Singel Family Residential	Singel Family Residential
Vida útil de la Edificación	50 años	50 años	50 años	50 años
Altura de la	3.2	2.50	2.9	3.2

Edificación				
Área en Planta del Edificación	75 m²	77 m²	88 m²	72 m²
Unidades	SI	SI	SI	SI

Fuente: ATHENA Impact Estimator for Building 5.1.01.

La Vida Útil de la Edificación se definió teniendo en cuenta lo establecido en la Norma COVENIN Edificaciones Sismorresistentes (2001), la cual considera es el tiempo o duración que una Edificación se utilizará para el propósito que fue diseñada, establecidos en 50 años para éstos casos.

Los materiales y sus cantidades, para las Fundaciones, Paredes, Columnas, Vigas y Techos fueron extraídos de los Planos Estructurales de cada Modelo de Vivienda Unifamiliar y fueron obtenidos por la Gran Misión Vivienda Venezuela (GMVV), anexos en el presente trabajo de grado.

4.3.1 Componentes de las Viviendas Unifamiliares.

4.3.1.1. Fundaciones:

Las Fundaciones para cada Modelo de Vivienda Unifamiliar, varían según el tipo, dimensiones y configuraciones de arriostramiento, las cuales se pueden visualizar en la Tabla 28.

Tabla 28: Fundaciones de Modelos de Vivienda Unifamiliar GMVV.

Modelo	Tipo de Fundación	Características
DECOVENSA	Fundaciones Aisladas	Fundación Aislada de 0.60 m x 0.60 m x 0.45 m. Acero de Refuerzo de la Rejilla y Pedestal Ø 1/2". Plancha de Anclaje de 200 mm x 200 mm e= 6mm. Viga de Riostra de 0.20 m x 0.30 m con Refuerzo Longitudinal Tipo Cercha

		n° 10. Malla Truckson para Piso de 0.15 m x 0.15 m. Concreto Fc= 210 Kg/cm ²
CONSTRUFACIL	Losa de Fundación	Losa de Fundación de altura 0.10 m. Refuerzo para Piso Tipo Malla Truckson 0.15 m x 0.15 m. Vigas de Riostra 0.20 m x 0.30 m con Refuerzo Longitudinal Ø 3/8" y Refuerzo Transversal Ø 1/4" cada 0.20 m. Plancha de Anclaje de 0.16 m x 0.16 m e= 6mm con Barra Estriada como Anclaje 2 Ø 3/8". Fc= 180 Kg/cm ² .
KARIÑA	Fundaciones Aisladas	Conformada por 2 Modelos de Fundación (F1 y F2) de diferente dimensión, F1 presenta unas dimensiones de 1.2 m x 1.2 m x 0.30 m, mientras que F2 es de 1 m x 1 m x 0.30 m. El Acero de Refuerzo en ambas Fundaciones es Ø 1/2". Pernos de Anclaje Ø 5/8". Plancha de Anclaje 0.25 m x 0.25 m x 0.10 m. Malla de Refuerzo para Piso de Ø 3/8". Fc= 250 Kg/cm ² .
CUYUNI	Fundaciones Aisladas	Fundaciones Aisladas de 0.60 m x 0.60 m x 0.40m con Acero de Refuerzo para Rejilla Ø 1/2". Acero para Pedestal Ø 5/8". Plancha de Anclaje de 0.20 m x 0.20 m e= 8mm. Acero Longitudinal para Viga de Riostra tipo Cercha n° 10. Malla Truckson 0.15 m x 0.15 m. concreto Fc= 210 Kg/cm ² .

Fuente: Gran Misión Vivienda Venezuela (GMVV).

Teniendo presente las características de los Sistemas de Fundaciones, en el Software, se escogió el Ensamblaje Losa de Hormigón, para los Modelos que cumplieran con este tipo de Fundación, pero el Estimador para Edificios, no toma en cuenta el Acero Transversal y Longitudinal de las Vigas de Riostra, por lo que fue necesario computar la cantidad de material utilizado, para posteriormente añadirlos con el diálogo extra materiales.

Para ingresar el Tipo de Fundación "Aislada", el Software no cuenta con una opción preestablecida en el Cuadro de Dialogo de Ensamblajes que corresponda con este Tipo de Fundación. En este caso, se computó la cantidad de Acero usado para la infraestructura, Volumen de Concreto y se ingresó con el dialogo extra materiales.

En la Tabla 29 se observan los datos del Sistema de Fundación como las cantidades de materiales extra para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Decovensa.

Tabla 29: Datos para el Sistema de Fundación del Modelo de Vivienda Unifamiliar Decovensa.

MODELO	DECOVENSA
Fundación	Aislada
Ancho	0.60 m
Largo	0.60 m
Alto	0.20 m
Concreto	20 Mpa
Unidades	Sistema Internacional (SI)
EXTRAS MATERIALES	
Acero para armado de Rejilla y Pedestal, Cabillas Ø ½"	0.076 ton
Acero Longitudinal tipo Cercha nº 10 para Viga de Riostra	0.058 ton
Plancha Base o Anclaje	0.023 ton
Acero Malla Truckson para Piso	0.245 ton

Fuente: ATHENA Impact Estimator for Building 5.1.01.

En la Tabla 30 se observan los datos del Sistema de Fundación como las cantidades de materiales extra para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Construfácil.

Tabla 30: Datos para el Sistema de Fundación del Modelo de Vivienda Unifamiliar Construfácil.

MODELO		CONSTRUFÁCIL
Fundación		Losa de Fundación
Ancho		7 m
Largo		11 m
Alto		0.10 m
Concreto		20 Mpa
Unidades		Sistema Internacional (SI)
EXTRAS MATERIALES		
Acero Malla Truckson para Piso 0.10 m x 0.10 m		0.172 ton
Acero Longitudinal Ø 3/8" para Viga de Riostra		0.085 ton
Acero Transversal Ø 1/4" para Viga de Riostra		0.128 ton
Plancha Base o Anclaje		0.017 ton
Acero de Anclaje Ø 3/8"		0.0053 ton

Fuente: ATHENA Impact Estimator for Building 5.1.01.

En la Tabla 31 se observan los datos del Sistema de Fundación como las cantidades de materiales extra para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Kariña.

Tabla 31: Datos para el Sistema de Fundación del Modelo de Vivienda Unifamiliar Kariña.

MODELO		KARIÑA
Fundación		Aislada
Ancho 1		1.2 m

Ancho 2	1.0 m
Largo 1	1.2 m
Largo 2	1.0 m
Alto	0.30 m
Concreto	30 Mpa
Unidades	Sistema Internacional (SI)
EXTRAS MATERIALES	
Acero para armado de Rejilla y Pedestal, Cabillas Ø 1/2"	0.413 ton
Acero de Refuerzo para Piso Longitudinal y Transversal Ø 3/8"	0.65 ton
Plancha Base o Anclaje	0.074 ton
Perno de Anclaje Ø 5/8"	42 kg

Fuente: ATHENA Impact Estimator for Building 5.1.01.

En la Tabla 32 se observan los datos del Sistema de Fundación como las cantidades de materiales extra para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Cuyuni.

Tabla 32: Datos para el Sistema de Fundación del Modelo de Vivienda Unifamiliar Cuyuni.

MODELO	CUYUNI
Fundación	Aislada
Ancho	0.60 m
Largo	0.60 m
Alto	0.40 m

Concreto	20 Mpa
Unidades	Sistema Internacional (SI)
EXTRAS MATERIALES	
Acero para Armado de Rejilla Ø 3/8"	0.048 ton
Acero para Pedestal Ø 1/2"	0.016 ton
Acero Longitudinal Tipo Cercha nº 10 para Viga de Riostra	0.085 ton
Plancha Base o Anclaje	0.030 ton
Acero Malla Truckson para Piso	0.245 ton

Fuente: ATHENA Impact Estimator for Building 5.1.01.

4.3.1.2. Paredes:

El Software ATHENA Impact Estimator for Buildings 5.1.01 presenta como primera opción el ensamblaje de una pared personalizada compuesta por uno o más de los siguientes componentes:

- Pared de Bloque de Hormigón.
- Pared de Hormigón Moldeado "In Situ".
- Pared Inclinable de Concreto.
- Muro Cortina.
- Pared de forma de Hormigón Aislado.
- Pared de Acero.
- Pared de Vigas de Madera.
- Paneles con Aislamiento Estructural.
- Sistema de Construcción de Metal – Pared.

El tipo de Bloque seleccionados en el Software para los Modelos de Viviendas Unifamiliares fueron de Concreto Hormigón con Espesor 15 cm (Paredes Perimetrales) y Concreto con Espesor 10 cm (Paredes Divisorias Internas). El Software describe los Bloques de Concreto Hormigón como un Bloque Reforzado con Barra de Acero, lo que difiere al empleado realmente en las Viviendas Unifamiliares de GMVV. Lo antes planteado ocasionó la adición de Paredes con la acotación de “Extra Materiales” y la cuantificación de los mismos para cada Modelo de Vivienda Unifamiliar incluyendo las Ventanas y Puertas instaladas. Los resultados se muestran en la Tabla 33.

Tabla 33: Lista de Materiales suministrada al Software de Paredes, Ventanas y Puertas de los Modelos de Vivienda Unifamiliar de la GMVV.

MATERIALES	MODELO VIVIENDA UNIFAMILIAR		DECOVENSA		CONSTRUFACIL		KARIÑA		CUYUNI	
	UND	CANT	UND	CANT	UND	CANT	UND	CANT	UND	CANT
BLOQUE DE CONCRETO E=15 CM	und	1.500	und	1.250	und	1.170	und	2500		
BLOQUE DE CONCRETO E=10 CM	und	800	und	850	und	1.128	x	x		
MORTERO PARA BLOQUES Y FRISO	x	x	x	x	x	x	m ³	7.6		
MORTERO PARA BLOQUES	m ³	1.80	x	x	x	x	x	x		
FRISO PARA PAREDES	m ³	4	x	x	x	x	x	x		
MEZCLA PARA FRISO DE PAREDES	x	x	m ³	3.40	x	x	x	x		
CERÁMICA PARA PARED DE BAÑOS.	m ²	15	m ²	18	m ²	31	m ²	30		
CERÁMICA 40X40 COLOR	x	x	x	x	x	x	m ²	85		
CERÁMICA ANTIREBALANTE PARA PISO DE BAÑOS	m ²	4	m ²	8	m ²	7.5	x	x		
CERÁMICA PARA PISO DE VIVIENDAS	x	x	x	x	m ²	62	x	x		
MORTERO PARA CERÁMICA	x	x	x	x	x	x	m ³	1.15		
PEGO DE CERÁMICA.	m ³	0.20	m ³	0.26	x	x	x	x		
PINTURA ESMALTE (ESTRUCTURAS METÁLICAS)	galón	2	x	x	x	x	x	x		
PINTURA CAUCHO BLANCA TIPO A	x	x	x	x	x	x	lineal	37.8		
PINTURA CAUCHO BLANCA TIPO B	x	x	lineal	56.7	x	x	x	x		
PINTURA CAUCHO INTERIOR PARA PAREDES	lineal	38	x	x	lineal	42	lineal	30.24		
PINTURA CAUCHO EXTERIOR PARA PAREDES	lineal	19	lineal	37.8	lineal	23	lineal	15.12		
PINTURA ESMALTE COLOR CAOBA	x	x	lineal	2	x	x	x	x		
PINTURA ANTIALCALINA	lineal	11.34	x	x	lineal	56.7	x	x		
PINTURA ESMALTE COLOR BLANCO	x	x	lineal	7.5	x	x	x	x		
PUERTA ENTAMBORADA METÁLICA 2,10M X 0,90M	x	x	x	x	kg	24	x	x		
PUERTAS DE MADERA ENTAMBORADA	x	x	x	x	m ²	7.98	x	x		
BARNIZ	x	x	x	x	x	x	lineal	48.9		
PASTA PROFESIONAL	x	x	lineal	37.8	x	x	x	x		
CRISTALERÍA PARA VENTANAS PANORÁMICAS	m ²	5.68	m ²	4.80	m ²	7.73	m ²	6.5		
MARCOS PARA PUERTAS	x	x	kg	34.075	kg	68.40	kg	48.60		
MARCOS PARA VENTANAS	kg	41.98	kg	34.49	kg	60.76	x	x		
MARCOS PUERTA METÁLICA SEMIENTAMBORADA,CAL20; 2,05X0,9M; CON CERRADURA	kg	29.40	x	x	x	x	x	x		
MARCOS PUERTA MADERA ENTAMBORADA CON CERRADURA	kg	39.2	x	x	x	x	x	x		
PUERTA METÁLICA SEMIENTAMBORADA,CAL20; 2,05X0,9M; CON CERRADURA	kg	24	x	x	x	x	x	x		
PUERTA MADERA ENTAMBORADA CON CERRADURA	m ²	6.36	x	x	x	x	x	x		
PUERTA MADERA ENTAMBORADA DIM 0.80 X 2.05 MTS	x	x	m ²	4.92	x	x	x	x		
PUERTA MADERA ENTAMBORADA DIM 0.70 X 2.05 MTS	x	x	m ²	2.87	x	x	x	x		
PUERTA DE ACERO PZA 0,8X2,10	x	x	x	x	x	x	kg	24		
PUERTA DE MADERA PZA 0,7X2,10	x	x	x	x	x	x	m ²	2.94		
PUERTA DE MADERA PZA0,8X2,10	x	x	x	x	x	x	m ²	5.04		

Fuente: Software ATHENA Impact Estimator for Buildings 5.1.01

4.3.1.3. Columnas:

Para definir las Columnas para cada Modelo de Vivienda Unifamiliar en el Software ATHENA Impact Estimator for Buildings 5.1.01, se buscó la información necesaria en los Planos de cada Vivienda (ver Anexos) y se establecieron los materiales utilizados. Es importante mencionar, que los datos se ingresaron al Software a través del diálogo “Extras Materiales”. En la Tabla 34 se observa cómo están conformados los Sistemas de Columnas para los diversos Modelos de Vivienda Unifamiliar de la GMVV.

Tabla 34: Sistema de Columnas para los Modelos de Vivienda Unifamiliar de la GMVV.

DECOVENSA					
TIPO	ALTURA (m)	Nº	DIMENSIONES (mm)	Peso (Kg x m)	Peso Total (Tn)
C1	2.4	8	90 x 90 x 3.	6.70	0.129
C2	3.2	4	90 x 90 x 3.	6.70	0.086
CONSTRUFÁCIL					
TIPO	ALTURA (m)	Nº	DIMENSIONES (mm)	Peso (Kg x m)	Peso Total (Tn)
C1	2.4	3	100 x 100 x 3	8.89	0.064
C2	2.9	6	100 x 100 x 3	8.89	0.154
C3	3.4	3	100 x 100 x 3	8.89	0.090
C4	2.48	2	100 x 100 x 3	8.89	0.044
KARIÑA					
TIPO	ALTURA (m)	Nº	DIMENSIONES (mm)	Peso (Kg x m)	Peso Total (Tn)
C1	2.6	6	60 x 60 x 2,25	3.94	0.061
C2	2.73	3	60 x 60 x 2,25	3.94	0.032
C3	2.87	3	60 x 60 x 2,25	3.94	0.034
C4	3	3	60 x 60 x 2,25	3.94	0.035
CUYUNI					
TIPO	ALTURA (m)	Nº	DIMENSIONES (mm)	Peso (Kg x m)	Peso Total (Tn)
C1	2.3	8	100 x 100 x 3	8.89	0.164
C2	3.2	4	100 x 100 x 3	8.89	0.114

Fuente: Gran Misión Vivienda Venezuela (GMVV).

4.3.1.4. Vigas:

Para definir las Vigas para cada Modelo de Vivienda Unifamiliar en el Software ATHENA Impact Estimator for Buildings 5.1.01, se buscó la información necesaria en los Planos de cada Vivienda (ver Anexos) y se establecieron los materiales utilizados. Es importante mencionar, que los datos se ingresaron al Software a través del diálogo “Extras Materiales”. En la Tabla 35 se observa como están conformados los Sistemas de Vigas para los diversos Modelos de Vivienda Unifamiliar de la GMVV.

Tabla 35: Sistema de Vigas de Carga para los Modelos de Vivienda Unifamiliar de la GMVV.

DECOVENSA					
TIPO	Longitud (m)	Nº	DIMENSIONES (mm)	Peso (Kg x m)	Peso Total (Tn)
Carga V1	4.40	4	100 x 40 x 2.25.	4.65	0.082
Carga V2	4.2	4	100 x 40 x 2.25.	4.65	0.078
CONSTRUFÁCIL					
TIPO	Longitud (m)	Nº	DIMENSIONES (mm)	Peso (Kg x m)	Peso Total (Tn)
Carga V1	6.242	3	100 x 40 x 2.25.	4.65	0.087
Carga V2	5.35	3	100 x 40 x 2.25.	4.65	0.074
KARIÑA					
TIPO	Longitud (m)	Nº	DIMENSIONES (mm)	Peso (Kg x m)	Peso Total (Tn)
Carga V1	8	3	80 x 40 x 2.25.	3.94	0.095
Carga V2	3.14	3	80 x 40 x 2.25.	3.94	0.037
CUYUNI					
TIPO	Longitud (m)	Nº	DIMENSIONES (mm)	Peso (Kg x m)	Peso Total (Tn)
Carga V1	4.15	4	120 x 60 x 2.5.	8.54	0.141
Carga V2	4.15	4	120 x 60 x 2.5.	8.54	0.141

Fuente: Gran Misión Vivienda Venezuela (GMVV).

4.3.1.5. Correas:

Para definir las Correas para cada Modelo de Vivienda Unifamiliar en el Software ATHENA Impact Estimator for Buildings 5.1.01, se buscó la

información necesaria en los Planos de cada Vivienda (ver Anexos) y se establecieron los materiales utilizados. Es importante mencionar, que los datos se ingresaron al Software a través del diálogo “Extras Materiales”. En la Tabla 36 se observa como están conformados los Sistemas de Correas para los diversos Modelos de Vivienda Unifamiliar de la GMVV.

Tabla 36: Sistema de Correas para los Modelos de Vivienda Unifamiliar de la GMVV.

DECOVENSA					
TIPO	Longitud (m)	Nº	DIMENSIONES (mm)	Peso (Kg x m)	Peso total (Tn)
CORREA UNICA	8.70	8	80 x 40 x 2.25.	3.94	0.274
CONSTRUFÁCIL					
TIPO	Longitud (m)	Nº	DIMENSIONES (mm)	Peso (Kg x m)	Peso total (Tn)
CORREA UNICA	7.30	20	80 x 40 x 2.25.	3.94	0.575
KARIÑA					
TIPO	Longitud (m)	Nº	DIMENSIONES (mm)	Peso (Kg x m)	Peso total (Tn)
CORREA UNICA	8	20	80 x 40 x 2.25.	3.94	0.630
CUYUNI					
TIPO	Longitud (m)	Nº	DIMENSIONES (mm)	Peso (Kg x m)	Peso total (Tn)
CORREA ÚNICA	10.08	12	80 x 40 x 2.25.	3.94	0.477

Fuente: Gran Misión Vivienda Venezuela (GMVV).

4.3.1.6. Techo:

Para definir los Techos para cada Modelo de Vivienda Unifamiliar en el Software ATHENA Impact Estimator for Buildings 5.1.01, se buscó la información necesaria en los Planos de cada Vivienda (ver Anexos) y se establecieron los materiales utilizados. Es importante mencionar, que los datos se ingresaron al Software a través del diálogo “Extras Materiales”. En

la Tabla 37 se observa como están conformados los Sistemas de Techos para los diversos Modelos de Vivienda Unifamiliar de la GMVV.

Tabla 37: Sistema de Techos para los Modelos de Vivienda Unifamiliar de la GMVV.

DECOVENSA		
MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD
LÁMINA TERMOACÚSTICA DE PERFIL TIPO TEJA (CINDUTEJA)	m ²	72
CABALLETE TIPO CINDUTEJA L= 1,90 M	m ²	5.7
GANCHOS CON SUS ACCESORIOS	kg	4
CONSTRUFÁCIL		
MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD
LÁMINA DE ACEROLIT	m ²	80
GANCHO DE TECHO PARA TUBO	pza	5
80 MM X 40 MM X 2.25 MM	caja	3
KARIÑA		
MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD
MACHICHEBRADO	m ²	88
CLAVOS	kg	70
IMPERMEABILIZACIÓN	kg	68.5
FILTRO DE POLIÉSTER	kg	64.5
TEJA	m ²	88
MORTERO PARA COLOCACIÓN DE TEJAS	m ³	0.88
CUYUNI		
MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD
LÁMINA CLIMATIZADA SUPERLIT 27	m ²	84
CABALLETE LISO 22,5 X 22,5. COLOR ROJO / ROJO. LARGO TOTAL: 2,00 MTS. LARGO UTIL 1,90 MTS.	m ²	4.5
GANCHO DE TECHO PARA TUBO	kg	8

Fuente: Gran Misión Vivienda Venezuela (GMVV).

4.3.2 Estimación de los Impactos generados en Cada ciclo de Vida de las Viviendas Unifamiliares de la GMVV, mediante el Software ATHENA Impact Estimator for Buildings 5.1.01.

El Software arrojó valores de medidas de Potencial de Calentamiento Global, Potencial de Acidificación, Potencial de Eutrofización, Potencial de Agotamiento de Ozono, Potencial de Smog y Consumo de Energía No Renovable para los Modelos de Viviendas Unifamiliares estudiadas. El sistema empleado para clasificar el Ciclo de Vida es el LEED, con un límite de sistemas denominados de la A a C, basado en el formato de informe de las Norma EN 15804/15978, donde “A” corresponde a los procesos

asociados a la Construcción de la Vivienda, “B” corresponde al conjunto de procesos derivados de la Operación o uso diario de la Vivienda y “C” es el fin de vida de la Vivienda o Demolición. Lo antes mencionado se puede apreciar en las siguientes Tablas.

El Informe de Medidas Resumidas LEED (A a C) para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Decovensa, obtenidas con el Software ATHENA Impact Estimator for Buildings 5.1.01, se observa a continuación.

Tabla 38: LEED (A a C) para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Decovensa.

Medida Resumida	Unidad	A (Construcción)	B (Operación)	C (Demolición)	Total
Calentamiento Global	kg CO2 eq	4.05E+04	1.98E+04	8.33E+02	6.28E+04
Acidificación	kg SO2 eq	3.02E+02	1.76E+02	9.86E+00	5.01E+02
Eutrofización	kg N eq	1.15E+01	3.92E+00	5.95E-01	1.69E+01
Agotamiento de Ozono	kg CFC-11 eq	1.08E-03	6.16E-04	3.38E-08	1.70E-03
Potencial de Smog	kg O3 eq	2.22E+03	1.18E+03	3.11E+02	4.07E+03
Energía No Renovable	MJ	4.67E+05	2.61E+05	1.22E+04	7.62E+05

Fuente: ATHENA Impact Estimator for Building 5.1.01.

El Informe de Medidas Resumidas LEED (A a C) para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Construfácil, obtenidas con el Software ATHENA Impact Estimator for Buildings 5.1.01, se observa a continuación.

Tabla 39: LEED (A a C) para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Construfácil.

Medida Resumida	Unidad	A (Construcción)	B (Operación)	C (Demolición)	Total
Calentamiento Global	kg CO2 eq	2.59E+05	1.40E+03	2.01E+04	3.05E+05
Acidificación	kg SO2 eq	8.36E+02	1.36E+01	2.58E+02	1.27E+03
Eutrofización	kg N eq	2.84E+02	2.14E-01	1.60E+01	3.21E+02
Agotamiento de Ozono	kg CFC-11 eq	6.18E-03	9.72E-06	8.21E-07	6.50E-03
Potencial de Smog	kg O3 eq	1.46E+04	8.71E+01	8.43E+03	2.76E+04
Energía No Renovable	MJ	1.80E+06	4.86E+04	1.60E+01	2.62E+06

Fuente: ATHENA Impact Estimator for Building 5.1.01.

El Informe de Medidas Resumidas LEED (A a C) para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Kariña, obtenidas con el Software ATHENA Impact Estimator for Buildings 5.1.01, se observa a continuación.

Tabla 40: LEED (A a C) para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Kariña.

Medida resumida	Unidad	A (Construcción)	B (Operación)	C (Demolición)	Total
Calentamiento global	kg CO2 eq	2.14E+04	2.16E+03	1.06E+03	2.62E+04
Acidificación	kg SO2 eq	1.04E+02	2.05E+01	1.26E+01	1.50E+02
Eutrofización	kg N eq	1.08E+01	3.12E-01	7.50E-01	1.26E+01
Agotamiento de ozono	kg CFC-11 eq	2.58E-04	1.42E-05	4.21E-08	2.78E-04
Potencial de smog	kg O3 eq	1.06E+03	1.25E+02	3.93E+02	1.89E+03
Energía no renovable	MJ	2.43E+05	7.09E+04	7.50E-01	3.49E+05

Fuente: ATHENA Impact Estimator for Building 5.1.01.

El Informe de Medidas Resumidas LEED (A a C) para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Cuyuni, obtenidas con el Software ATHENA Impact Estimator for Buildings 5.1.01, se observa a continuación.

Tabla 41: LEED (A a C) para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Cuyuni.

Medida resumida	Unidad	A (Construcción)	B (Operación)	C (Demolición)	Total
Calentamiento Global	kg CO2 eq	1.42E+04	1.21E+03	7.58E+02	1.76E+04
Acidificación	kg SO2 eq	6.91E+01	1.19E+01	8.80E+00	1.01E+02
Eutrofización	kg N eq	4.52E+00	1.89E-01	5.23E-01	5.86E+00
Agotamiento de Ozono	kg CFC-11 eq	1.40E-04	1.11E-05	3.03E-08	1.58E-04
Potencial de Smog	kg O3 eq	7.74E+02	7.47E+01	2.73E+02	1.40E+03
Energía No Renovable	MJ	1.61E+05	4.07E+04	1.11E+04	2.31E+05

Fuente: ATHENA Impact Estimator for Building 5.1.01.

En vista de los resultados obtenidos, se puede observar que la fase con mayor carga contaminante en el Análisis de Ciclo de Vida de los Modelos de Vivienda Unifamiliares estudiados es en la fase de Construcción, seguida por la fase de Operación y finalmente la fase de Demolición.

En la Fase “A” se encuentra incluida la extracción de recursos, fabricación de materiales, transporte y los procesos constructivos, es por ello que genera mayor impacto al ciclo de vida.

En la Fase “B” corresponde al uso diario de la Vivienda: consumo energético, mantenimiento y reemplazo (referido a la sustitución periódica de productos cuya vida útil es más corta que la vivienda), como el mantenimiento de pintura, sustitución de Tejas, Ventanas, Marcos de Madera, entre otros.

En la Fase “C”, incluye los trabajos de demolición y la retirada de escombros hasta los vertederos.

4.4 Establecer la Relación y Variación de los Potenciales Impactos Ambientales y la Capacidad Estructural en las Viviendas Unifamiliares de La Gran Misión Vivienda Venezuela (GMVV) en el Estado Anzoátegui.

En esta etapa de la investigación se compararon los Modelos de Viviendas Unifamiliares de la GMVV y se establecieron las relaciones y variaciones de los Potenciales Impactos Ambientales y la Capacidad Estructural de las mismas.

4.4.1 Variación de la Capacidad Estructural de los Modelos de Viviendas Unifamiliares:

Restringiendo el Desplazamiento de las Estructuras al 4%, se obtuvo que los Cuatro Modelos estudiados, en ambos Sentidos (X – Y), no incursionan en el Rango Inelástico, ya que todas las Rótulas se muestran en Estado Ocupación Inmediata.

Cuando el Desplazamiento de las Estructuras es mayor del 4%, se observó varias de las Columnas en los Modelos Decovensa y Construfácil, alcanzan el Estado de Seguridad de Vida y posteriormente al Colapso. El Modelo Kariña varias Columnas incursionan en el Estado de Colapso en el Sentido “X”, mientras que no incursionan en el Estado de Colapso en el Sentido “Y”. En el Modelo Cuyuni, las Rótulas que se forman en las Columnas en Sentido “X”, alcanzaron el Estado de Ocupación Inmediata y en Sentido “Y” alcanzaron el Estado de Colapso.

Analizando los resultados en los Sentidos (X - Y), se observó que cada Modelo de Vivienda Unifamiliar poseen Mayor Resistencia en el Sentido que poseen Mayor Longitud y Numero de Columnas; por la aparición de Rótulas en el Estado de Seguridad de Vida; y el Estado de Colapso en el Sentido con Menor Longitud de Columnas.

A continuación se muestran los resultados para cada Modelo de Vivienda Unifamiliar, según el Desplazamiento cuando incursionan en el Rango Inelástico.

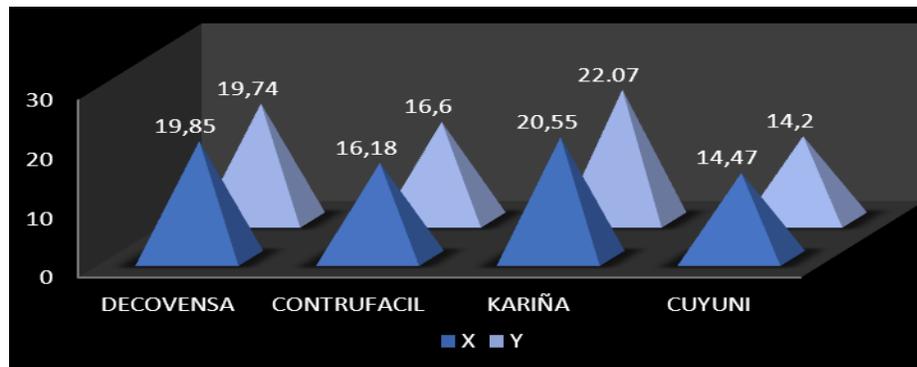
Tabla 42: Incursión en Rango Inelástico de cada Modelo de Vivienda Unifamiliar de la GMVV.

Modelo	Decovensa	Construfácil	Kariña	Cuyuni
Sentido	Desplazamiento (cm)	Desplazamiento (cm)	Desplazamiento (cm)	Desplazamiento (cm)
X	19.85	16.18	20.55	14.47
Y	19.74	16.6	No Incursiona	14.2

Fuente: Autores (2023).

Realizando las comparaciones de los Desplazamientos de los Modelos de Viviendas Unifamiliares, obtenidos en cada Sentido (X – Y), se interpretó que la Estructura que puede alcanzar un mayor Desplazamiento con menor Deformación en sus elementos es el Modelo Kariña, seguido por el Modelo Decovensa, Construfácil y Cuyuni.

Gráfica 9: Comparación de los Desplazamientos en Sentido X y Y de los Modelos de Viviendas Unifamiliar de la GMVV.



Fuente: Autores (2023).

4.4.2 Comparación de los Impactos del Análisis de Ciclo de Vida para los Modelos de Vivienda Unifamiliar de la GMVV:

Para mostrar los resultados del Análisis de Ciclo de Vida, se realizó un Análisis de Contribución para cada Modelo de Vivienda Unifamiliar, en función del aporte proporcional de cada uno de los ensambles (Fundaciones, Paredes, Columnas, Vigas, Correas y Techo).

Debido a que el Software ATHENA Impact Estimator for Buildings 5.1.01 establece que para realizar una comparación justa entre las Viviendas, es necesario que posean igual Uso, Área, Ubicación y Vida Útil; y los Modelos estudiados no poseen igual Área, pero cumplen con los demás parámetros. La Comparación se obtuvo por la división de la Medida Resumida entre los Metros Cuadrado (m²) de construcción.

Las Medidas Resumidas para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Decovensa en las Fases de Construcción, Operación y Demolición, se pueden visualizar en la Tabla 43.

Tabla 43: Medidas Resumidas de Ensamblajes LEED (Fases A,B,C) para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Decovensa.

Medida Resumida	Unidad	Fundaciones	Paredes	Columnas y Vigas	Techo	Total
Calentamiento Global	kg CO2 eq	6.08E+01	7.37E+02	1.61E+01	2.28E+01	8.37E+02
Acidificación	kg SO2 eq	2.52E-01	6.25E+00	6.93E-02	1.00E-01	6.67E+00
Eutrofización	kg N eq	6.08E-02	1.57E-01	2.73E-03	4.88E-03	2.26E-01
Agotamiento de Ozono	kg CFC-11 eq	1.21E-06	2.15E-05	5.24E-10	9.67E-08	2.28E-05
Potencial de Smog	kg O3 eq	5.27E+00	4.64E+01	1.12E+00	1.52E+00	5.43E+01
Energía No Renovable	MJ/m2	5.47E+02	9.03E+03	2.61E+02	3.31E+02	1.02E+04

Fuente: ATHENA Impact Estimator for Building 5.1.01.

Las Medidas Resumidas para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Construfácil en las Fases de Construcción, Operación y Demolición, se pueden visualizar en la Tabla 44.

Tabla 44: Medidas Resumidas de Ensamblajes LEED (Fases A,B,C) para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Construfácil.

Medida Resumida	Unidad	Fundaciones	Paredes	Columnas y Vigas	Techo	Total
Calentamiento Global	kg CO2 eq	3.82E+03	1.02E+02	2.39E+01	2.29E+01	3.97E+03
Acidificación	kg SO2 eq	1.56E+01	7.04E-01	1.02E-01	1.00E-01	1.65E+01
Eutrofización	kg N eq	4.13E+00	2.87E-02	4.06E-03	4.88E-03	4.17E-00
Agotamiento de Ozono	kg CFC-11 eq	8.34E-05	1.00E-06	7.77E-10	9.65E-08	8.45E-05
Potencial de Smog	kg O3 eq	3.47E+02	8.17E+00	1.66E+00	1.52E+00	3.58E+02
Energía No Renovable	MJ/m2	3.17E+04	1.58E+03	3.86E+02	3.31E+02	3.04E+04

Fuente: ATHENA Impact Estimator for Building 5.1.01.

Las Medidas Resumidas para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Kariña en las Fases de Construcción, Operación y Demolición, se pueden visualizar en la Tabla 45.

Tabla 45: Medidas Resumidas de Ensamblajes LEED (Fases A,B,C) para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Kariña.

Medida Resumida	Unidad	Fundaciones	Paredes	Columnas y Vigas	Techo	Total
Calentamiento Global	kg CO2 eq	1.25E+02	1.18E+02	1.93E+01	3.60E+01	2.99E+02
Acidificación	kg SO2 eq	5.15E-01	8.22E-01	8.26E-02	2.89E-01	1.71E+00
Eutrofización	kg N eq	1.04E-01	3.00E-02	3.30E-03	5.95E-03	1.43E-01
Agotamiento de Ozono	kg CFC-11 eq	2.02E-06	1.10E-06	6.28E-10	2.80E-08	3.15E-06
Potencial de Smog	kg O3 eq	9.15E+00	9.06E+00	1.34E+00	1.93E+00	2.15E+01
Energía No Renovable	MJ/m2	1.27E+03	1.82E+03	3.13E+02	5.59E+02	3.96E+03

Fuente: ATHENA Impact Estimator for Building 5.1.01.

Las Medidas Resumidas para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Cuyuni en las Fases de Construcción, Operación y Demolición, se pueden visualizar en la Tabla 46.

Tabla 46: Medidas Resumidas de Ensamblajes LEED (Fases A,B,C) para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Cuyuni.

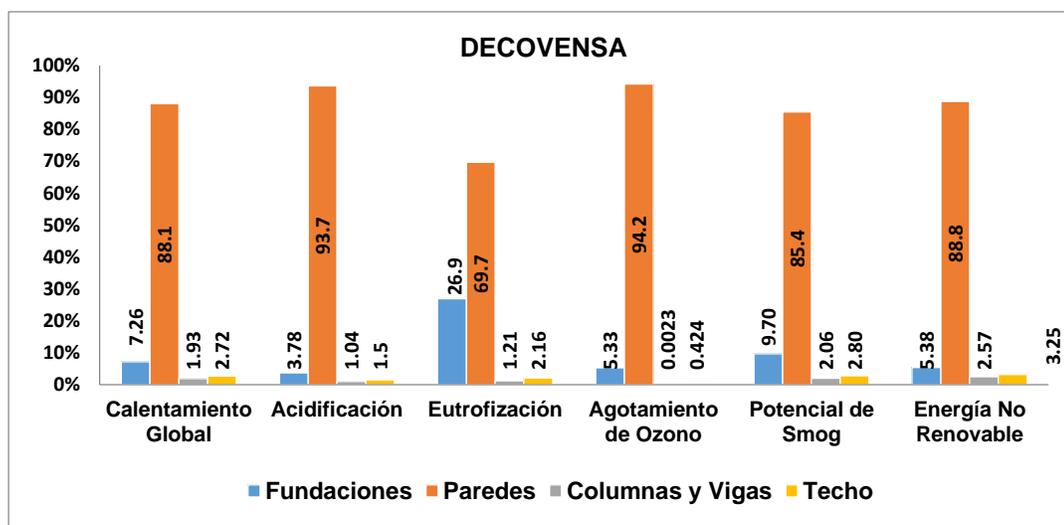
Medida Resumida	Unidad	Fundaciones	Paredes	Columnas y Vigas	Techo	Total
Calentamiento Global	kg CO2 eq	3.32E+01	1.58E+02	2.65E+01	2.17E+01	2.45E+02
Acidificación	kg SO2 eq	1.42E-01	1.03E+00	1.13E-01	1.19E-01	1.40E+00
Eutrofización	kg N eq	2.76E-02	4.33E-02	4.51E-03	5.78E-03	8.13E-02
Agotamiento de Ozono	kg CFC-11 eq	5.42E-07	1.54E-06	8.61E-10	1.14E-07	2.20E-06
Potencial de Smog	kg O3 eq	2.47E+00	1.34E+01	1.85E+00	1.79E+00	1.95E+01
Energía No Renovable	MJ/m2	3.39E+02	2.04E+03	4.28E+02	3.92E+02	3.20E+03

Fuente: ATHENA Impact Estimator for Building 5.1.01.

Con el Análisis de Contribución se demostraron cuales de los Ensamblajes de los Modelos de Viviendas Unifamiliares de la GMVV generaron mayor impacto en el Análisis de Ciclo de Vida lo que permitió establecer los puntos críticos de las Viviendas, con el fin de mejorar el desempeño ambiental al modificar los diseños o los materiales a emplear.

Para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Decovensa, los Ensamblajes que mayor incidencia tienen en el Análisis de Ciclo de Vida son: Las Paredes con Agotamiento de Ozono (94.5%), Acidificación (93.7%) y Energía No Renovable (88.8%). Para las Fundaciones con Eutrofización (26.9%), Potencial de Smog (9.7%), Calentamiento Global (7.26%). Gráfica 10.

Gráfica 10: Análisis de Contribución de cada Ensamble del Modelo de Vivienda Unifamiliar Decovensa.

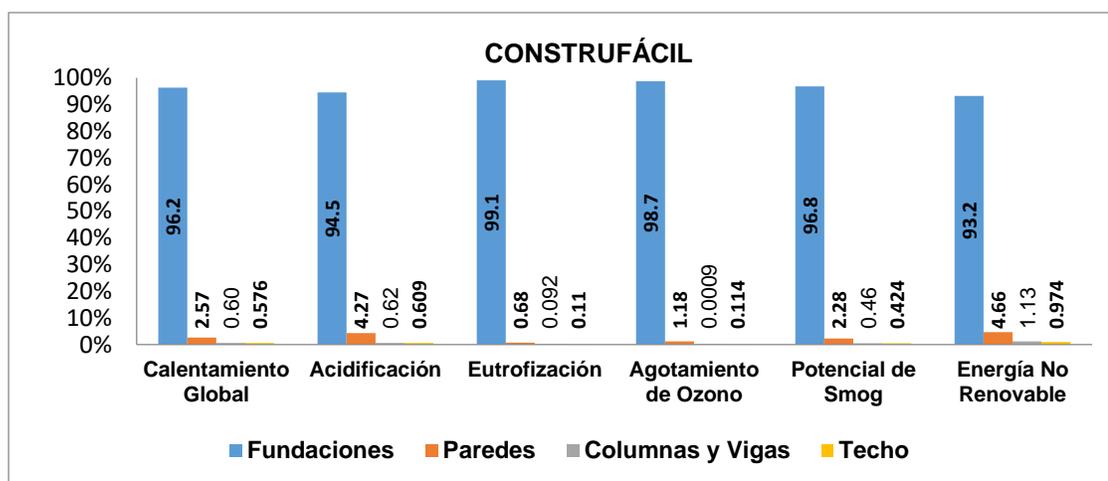


Fuente: Autores (2023).

Para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Construfácil, los Ensamblajes que mayor incidencia tienen en el Análisis de Ciclo de Vida son: Las

Fundaciones con Eutrofización (99.1%), Agotamiento de Ozono (98,7%) y Potencial de Smog (96.8%). Gráfica 11.

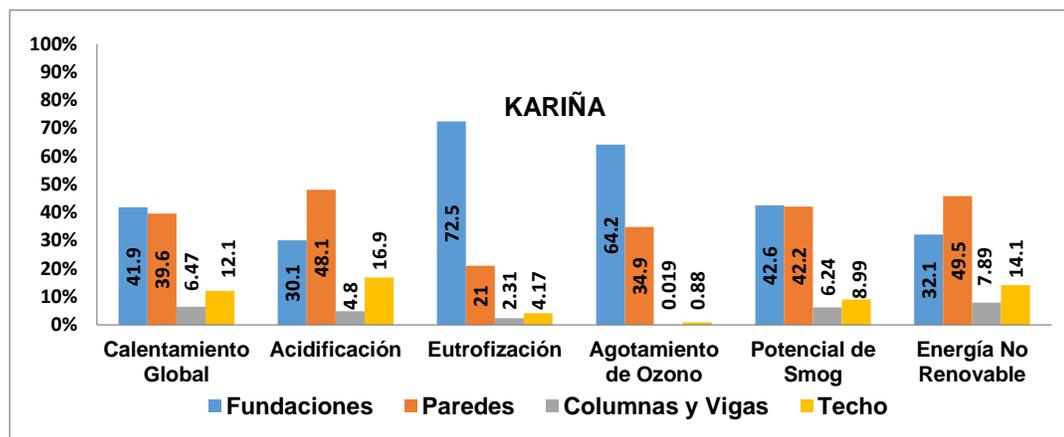
Gráfica 11: Análisis de Contribución de cada Ensamble del Modelo de Vivienda Unifamiliar Construfácil.



Fuente: Autores (2023).

Para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Kariña, los Ensamblajes que mayor incidencia tienen en el Análisis de Ciclo de Vida son: Las Paredes con Energía No Renovable (49.5%), Acidificación (48.1%) y Potencial de Smog (42.2%). Para las Fundaciones con Eutrofización (72.5%), Agotamiento de Ozono (64.2%) y Potencial de Smog (42.6%). Gráfica 12.

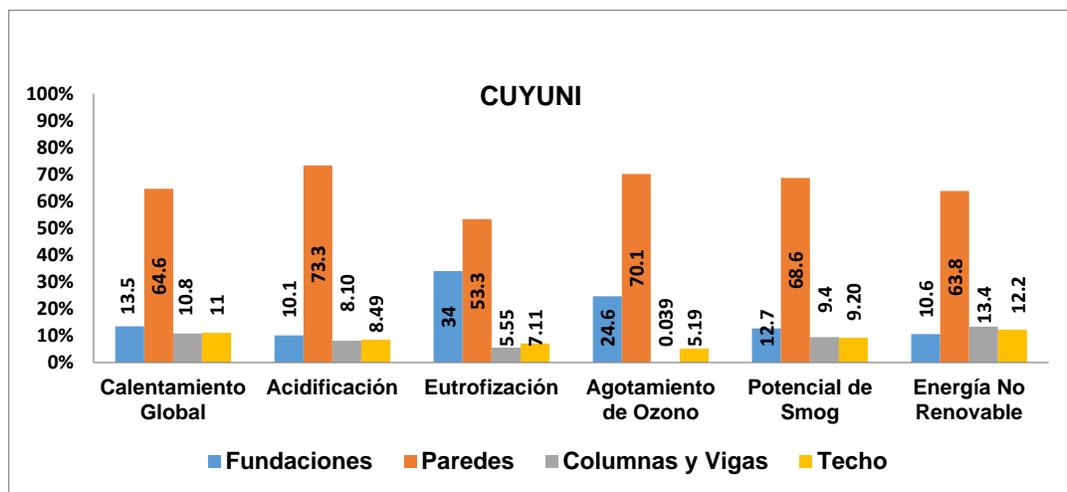
Gráfica 12: Análisis de Contribución de cada Ensamble del Modelo de Vivienda Unifamiliar Kariña.



Fuente: Autores (2021).

Para el Modelo de Vivienda Unifamiliar Cuyuni, los Ensamblajes que mayor incidencia tienen en el Análisis de Ciclo de Vida son: Las Paredes con Acidificación (73.3%), Agotamiento de Ozono (70.1%) y Potencial de Smog (68.22%). Para las Fundaciones con Eutrofización (34%), Agotamiento de Ozono (24.6%) y Calentamiento Global (13.5%). Gráfica 13.

Gráfica 13: Análisis de Contribución de cada Ensamble del Modelo de Vivienda Unifamiliar Cuyuni.



Fuente: Autores (2021).

Teniendo en cuenta la Contribución de cada Componente de Ensamblaje para cada Modelo de Vivienda Unifamiliar de la GMVV, se concluye que el impacto mayormente generado proviene de las Paredes y Fundaciones las cuales poseen grandes cantidades de Cemento, Concreto y Mortero como materia prima y sus procesos de Extracción, Fabricación y Utilización genera un gran Impacto al Ambiente.

Para generar un Comparación Total de los resultados del Análisis del Ciclo de Vida para cada Modelo de Vivienda Unifamiliar de la GMVV se transformaron los valores en medidas/m² de Construcción de las fases de Construcción, Operación y Demolición. Tabla 47.

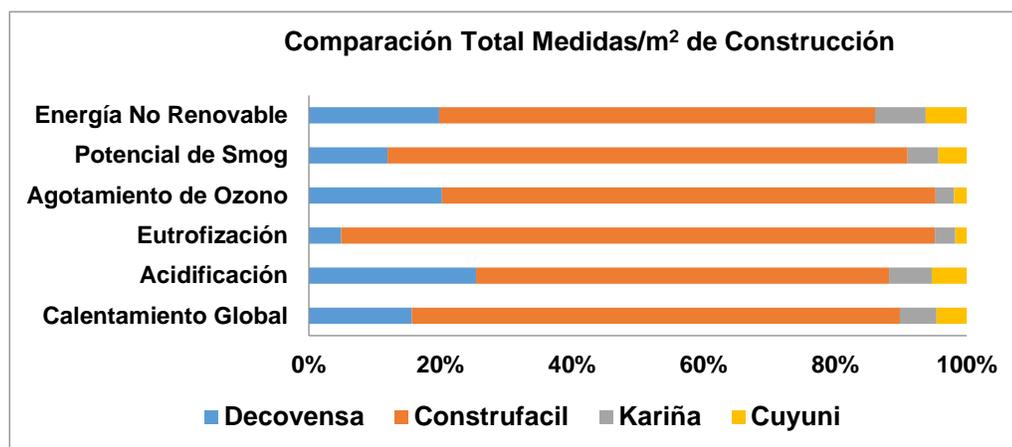
Tabla 47: Comparación Total de Medidas/m² de Construcción para los Modelos de Viviendas Unifamiliares GMVV.

Medida Resumida	Unidad	Decovensa	Construfácil	Kariña	Cuyuni
Calentamiento Global	kg CO2 eq/m ²	8.37E+02	3.97E+03	2.99E+02	2.45E+02
Acidificación	kg SO2 eq/m ²	6.67E+00	1.65E+01	1.71E+00	1.40E+00
Eutrofización	kg N eq/m ²	2.26E-01	4.17E+00	1.43E-01	8.13E-02
Agotamiento de Ozono	kg CFC-11 eq/m ²	2.28E-05	8.45E-05	3.15E-06	2.20E-06
Potencial de Smog	kg O3 eq/m ²	5.43E+01	3.58E+02	2.15E+01	1.95E+01
Energía No Renovable	MJ/m ²	1.02E+04	3.40E+04	3.96E+03	3.20E+03

Fuente: Autores (2023).

Los resultados se pueden comparar visualmente a través de la siguiente gráfica, en donde el Modelo de Vivienda Unifamiliar Construfácil resulto ser el Modelo con Mayor Porcentaje en todas las Medidas/m² de Construcción, seguido por los Modelos Decovensa, Kariña y Cuyuni.

Gráfica 14: Comparación Total de Medidas/m² de Construcción para los Modelos de Viviendas Unifamiliares GMVV.



Fuente: Autores (2023).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Una vez culminada la investigación, se muestran las siguientes conclusiones en base a los resultados obtenidos.

- Se identificaron (4) Cuatro Tipos de Viviendas Unifamiliares de la Gran Misión Vivienda Venezuela en diversos Municipios del Estado Anzoátegui, encontrándose el Modelo Unifamiliar Decovensa (Municipio Juan Antonio Sotillo, Puerto La Cruz), el Modelo Unifamiliar Construfácil (Municipio Anaco), el Modelo Unifamiliar Kariña (Municipio Simón Rodríguez) y el Modelo Unifamiliar Cuyuni (Municipio San José de Guanipa). Se investigaron las Características y las Tipologías para cada uno de ellos, considerando la Distribución del Área de Construcción, el Sistema de Techo, Vigas, Columnas y Correas, lo que permitió establecer la geometría de cada Modelo de Vivienda.

- La Categorización de los Modelos de Viviendas Unifamiliares de la Gran Misión Vivienda Venezuela (GMVV) en el Estado Anzoátegui, se realizó en función de la Capacidad Estructural, mediante un Análisis Estático No Lineal (AENL) utilizando el Software ETABS 2015, llevando a las estructuras más allá del Rango Elástico, hasta una Deformación Máxima o Colapso con la aplicación de Cargas Monotónicas en forma incremental obteniéndose los siguientes resultados:

- Ninguno de los Modelos de Vivienda Unifamiliar evaluados en el Análisis Estático No Lineal con Desplazamientos en Sentido (X - Y) Restringidos al 4%, incursionaron en el Rango Inelástico en ningún Sentido, por lo cual no se presentaron Deformaciones en los Elementos Estructurales en ninguno de los Modelos en estudio.
- En el Análisis Estático No Lineal con Desplazamiento Mayor al 4% en Sentido (X - Y) varias de las Columnas de los Modelos Decovensa y Construfácil incursionan en el Punto de Colapso. En el Sentido "X" el Modelo Kariña presentó varias columnas que incursionan en el colapso, mientras que en Sentido "Y" no incursiona. En el Sentido "X" el Modelo Cuyuni presentó una estructura estable, mientras que en Sentido "Y" incursiona en el Nivel de Colapso.
- Los Modelos de Vivienda Unifamiliar presentaron Mayor Resistencia cuando hay Mayor Longitud o Número de Columnas: Decovensa con 4 Columnas Sentido "X"; Construfácil con 5 Columnas Sentido "Y"; Kariña con 5 Columnas Sentido "Y"; Cuyuni con 4 Columnas Sentido "X". Al presentarse una Menor Longitud o Número de Columnas, surgieron Rótulas en Estado de Seguridad de Vida y Colapso.
- El Mecanismo de Falla que se esperaba obtener en el Análisis Estático No Lineal (AENL) para los Modelos de Viviendas Unifamiliares era "Columna Fuerte vs Viga Débil". El Comportamiento resultante es "Viga Fuerte - Columna Débil"

debido a que las Rótulas en las Columnas le quitan Rigidez al Sistema y son ellas las cuales deberían mantener la Estructura estable.

- Se observó como el Análisis Estático No Lineal (AENL) va incrementando los Desplazamientos en las Estructuras de los Modelos de Viviendas Unifamiliares y luego los disminuye debido a que pierden la Capacidad Lateral y las Estructuras se descargan, es decir, ya no disipan la energía y no regresan a su estado inicial de diseño.
- Al comparar los resultados del Análisis del Ciclo de Vida, el Modelo Construfácil presentó el Mayor Porcentaje en la Comparación Total de Medidas/m² de Construcción, seguido por el Modelo Decovensa, Kariña y Cuyuni. El Ensamblaje de Fundaciones y Paredes arrojó mayor carga ambiental en el Análisis de Contribución, coincidiendo en los Cuatro Modelos de Viviendas Unifamiliares. Estos componentes presentan altos índices de emisiones de gases en la extracción de su materia prima y proceso de fabricación.
- Se determinó en el Análisis de Ciclo de Vida de los Modelos de Viviendas Unifamiliares que la fase con Mayor Carga Contaminante es la Fase A (Construcción) que incluye la extracción de recursos, fabricación de materiales, transporte y los procesos constructivos. Seguida por la Fase B (Operación) correspondiente al uso diario de la Vivienda, consumo energético, mantenimiento y reemplazo, esta se refiere a la sustitución

periódica de productos cuya vida útil es más corta que la de la Vivienda, finalmente la Fase C (Demolición), que incluye los trabajos de demolición y la retirada de escombros hasta los vertederos.

- En el resultado de la Variación de los Potenciales Impactos Ambientales y la Capacidad Estructural de las Viviendas Unifamiliares, se determinó que el Modelo Construfácil presentó mayor Impacto Ambiental y baja Capacidad Estructural. El Modelo Decovensa con alto Impacto Ambiental y bajo Desempeño Estructural. El Modelo Kariña con mejor Capacidad Estructural y menor Impacto Ambiental. El Modelo Cuyuni fue el que menor Capacidad Estructural e Impacto Ambiental demostró.

5.2. Recomendaciones:

- Promover la implementación del Análisis de Ciclo de Vida (ACV), y Análisis Estático No Lineal (AENL), a los distintos Modelos de Viviendas Unifamiliares construidas por la Gran Misión Vivienda Venezuela (GMVV) en todo el territorio nacional.
- Se recomienda un estudio que proponga una Modificación en los Modelos Decovensa, Construfácil, Kariña y Cuyuni de manera que posean un Mecanismo de Falla “Columna Fuerte - Viga Débil”.
- Desarrollar el estudio orientado al Efecto Ambiental de cada Material Constructivo utilizado, que permita conocer el Impacto

de uno con respecto a otro, y proponer Modelos menos perjudiciales al Ambiente.

- Implementación en el Pensum de Estudios de la Carrera Ingeniería Civil en la Universidad de Oriente (UDO), una materia dirigida a la planificación y construcción de edificaciones sustentables, en donde se estudien los distintos materiales constructivos y se aplique la Metodología del ACV, a modo de comparar variaciones entre materiales y sistemas constructivos.
- Impulsar un concurso anual en donde se invite a profesionales de la Carrera Ingeniería Civil, Arquitectos, Ecologistas y Estudiantes a participar en la creación de Modelos de Viviendas Sustentables, siendo esto un incentivo para seguir incursionando en la Preservación del Medio Ambiente.
- Realizar de estudio donde se tome en cuenta el impacto que causa al ambiente la construcción de nuevos urbanismo de la GMVV, así como su interconexión a los servicios públicos.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

Arias, F. (2006). ***El Proyecto de Investigación*** (6ta ed.). Caracas: Episteme.

COVENIN (2001). ***Edificaciones Sismoresistentes 1756:2001***.Caracas: FondoNorma.

Farrera, Y. Teixeira, J. (2018). ***Evaluación de impacto ambiental en edificaciones multifamiliares de la Gran Misión Vivienda Venezuela (GMVV) en el Estado Anzoátegui***. Trabajo especial de grado para optar por el título de Ingeniero Civil. Universidad de Oriente (UDO), Núcleo Anzoátegui, Extensión Cantaura. Venezuela, Anzoátegui.

Guevara, N. Osorio, S. Vargas, E. (2006). ***Evaluación de la capacidad estructural del edificio de la biblioteca de las Ingenierías y Arquitectura, utilizando análisis estático no lineal (Pushover)***. Trabajo especial de grado para optar por el título de Ingeniero Civil. Universidad de El Salvador, Salvador.

Hernández, R. Fernández, C. Baptista, P. (2006). ***Metodología de la Investigación*** (4ta ed.).México: McGRAW-HILL Interamericana Editores S.A.

NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC ISO 14040 (2007). ***Gestión Ambiental: Análisis de Ciclo de Vida. Principios y Marco de Referencia***. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). Colombia, Bogotá.

Posadas, M. (2011). **Análisis de ciclo de vida de materiales y tecnologías sustentables para la vivienda**. Trabajo especial de grado. Universidad Autónoma San Luis Potosí. México.

Sando, Y. (2011). **Hacia la construcción de una arquitectura sostenible en Venezuela**. Trabajo de Magister en Edificación, Especialidad Tecnología. Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). España, Barcelona.

Sanz, J. (2012). **Análisis del ciclo de vida de una vivienda media en Murcia**. Trabajo de Magister en Energías Renovables no publicado. Universidad Politécnica de Cartagena. Colombia, Cartagena.

SOCIEDAD PÚBLICA DE GESTIÓN AMBIENTAL DEL GOBIERNO VASCO (IHOBE). (2010). **Green Building Rating Systems: ¿Cómo evaluar la sostenibilidad en la edificación?** España, Bilbao. Editorial “Sociedad Pública de Gestión Ambiental (IHOBE)”

VITALIS (2016). **Situación Ambiental en Venezuela 2015: Balance Anual**. Editores y Compiladores: Martínez, Z.; D. Díaz-Martin; I. Lameda Camacaro; F. Martinez. 71 pp. Disponible online en: www.vitalis.net(2017).

HOJA DE METADATOS

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

Título	EVALUACIÓN DE LAS DIFERENTES TIPOLOGÍAS ESTRUCTURALES EN LAS VIVIENDAS UNIFAMILIARES DE LA GRAN MISIÓN VIVIENDA VENEZUELA (GMVV) EN EL ESTADO ANZOÁTEGUI, USANDO EL MÉTODO DE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA (ACV)
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Lara, Andrés Alfredo	CVLAC	25.480.539
	e-mail	andresquarico@gmail.com
	e-mail	
Díaz P., Arturo Alejandro	CVLAC	24.229.533
	e-mail	arturo150diaz@gmail.com
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Vivienda
Análisis de Ciclo de Vida (ACV)
“Pushover”
Análisis Estático No Lineal (AENL)
Ambiente

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas	Ingeniería Civil

Resumen (abstract):

Resumen

La investigación evaluó el Impacto Ambiental en Viviendas Unifamiliares de la Gran Misión Vivienda Venezuela en el Estado Anzoátegui, estudiando Cuatro Modelos: Decovensa, Construfácil, Kariña y Cuyuni; rigiéndose por la Metodología del Análisis de Ciclo de Vida (ACV), bajo los requisitos de la Norma ISO 14040, mediante el uso del Programa ATHENA Impact Estimator for Building 5.1.01 (2015). Se identificaron las Tipologías según la Norma COVENIN 1756-1-2001 Edificaciones Sismorresistente. Se aplicó un Análisis Estático No Lineal (AENL), utilizando el Software ETABS (2015). Obteniendo del ACV el Modelo que más impacta al Ambiente es Construfácil, seguido por Decovensa, Kariña y Cuyuni. El AENL, arrojó que todos los modelos presentan el Mecanismo de Falla de Columna Débil - Viga Fuerte, siendo este el incorrecto. Lo adecuado es Columna Fuerte - Viga Débil

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail										
Msc. Rojas Laurimar	ROL	CA		AS	X	TU		JU			
	CVLAC	15.563.371									
	e-mail	rojaslaurimar@gmail.com									
	e-mail										
Ing°. Gonzalez, Anabel	ROL	CA		AS		TU		JU	X		
	CVLAC	16.573.233									
	e-mail	gonzalez85anabel@gmail.com									
	e-mail										
Msc. Rondón, Elys	ROL	CA		AS		TU		JU	X		
	CVLAC	8.440.241									
	e-mail	elysrondon@hotmail.com									
	e-mail										

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2023	03	16

Lenguaje: SPA

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
PG-TesisArturo&Andres.WORD	Application/word

Alcance:**Espacial:** UNIVERSAL**Temporal:** INTEMPORAL**Título o Grado asociado con el trabajo:**

Ingeniero Civil

Nivel Asociado con el Trabajo:

Pregrado

Área de Estudio:

Ingeniería y Ciencias Aplicadas

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

Universidad de Oriente, Núcleo de Anzoátegui, Extensión Cantaura

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN° 0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

JUAN A. BOLANOS CUNPEL
Secretario

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA
RECIBIDO POR *[Firma]*
FECHA 5/8/09 HORA 5:30

REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
SECRETARÍA

C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/maruja

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 6/6

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009): “Los trabajos de grados son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y solo podrá ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Concejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Concejo Universitario, para su autorización”.

Lara, Andrés Alfredo

AUTOR

Díaz Padrón, Arturo Alejandro

AUTOR

Prof. Rojas, Laurimar

TUTOR