

**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA - INDUSTRIA Y CONSTRUCCION**



**PLAN DE TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL
TEMA: “ANALISIS Y DISEÑO DE ESTRUCTURA DE ACERO APERNADA
PARA VIVIENDA TIPO MODULAR, Y SU INCIDENCIA EN LA
REDUCCION DE TIEMPOS Y COSTOS”**

**AUTOR:
LUIS EDUARDO ANALUISA PALLO**

2016

REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TITULO Y SUBTITULO: “ANÁLISIS Y DISEÑO DE ESTRUCTURA DE ACERO APERNADA PARA VIVIENDA TIPO MODULAR, Y SU INCIDENCIA EN LA REDUCCION DE TIEMPOS Y COSTOS”

AUTOR/ES:

Luis Eduardo Analuisa Pallo.

REVISORES:

MSC.Ing. Leonardo Javier Echeverría Fabre.

INSTITUCIÓN: Universidad Laica Vicente

Rocafuerte de Guayaquil.

FACULTAD:

Facultad de Ingeniería – Industria y Construcción.

CARRERA: Ingeniería Civil

FECHA DE PUBLICACIÓN: 27 Sept 2016

N. DE PAGS: 106

ÁREAS TEMÁTICAS: Estructuras metálicas modulares.

PALABRAS CLAVE: Construcciones prefabricadas, estructura apernada, tiempos y costos.

RESUMEN:

El presente trabajo de investigación está basado en el estudio y desarrollo de un análisis y un diseño de estructura de acero apernada para una vivienda tipo modular y verificar su incidencia en la reducción de tiempos y costos, para lo cual se propone el tema de la investigación y el planteamiento del problema, este es el argumento fundamental, abarca todo lo referido al aumento poblacional y la creciente demanda de viviendas de rápida construcción y bajos costos de ejecución. Contempla además la formulación del problema, su delimitación, la justificación, sistematización y los Objetivos específicos de la investigación, también vimos como exponer los métodos y técnicas de investigación, los tipos de fuentes de información que serán utilizados, presupuestos de investigación y el tratamiento que le será dado a los datos recopilados. En este se concluye con una presentación exacta de resultados obtenidos, para demostrarlo la investigación elaboro cuadros comparativos tanto de TIEMPOS DE CONSTRUCCION como de COSTOS con respecto a otro Sistema además se revisaron las ventajas de la Propuesta ante el Sistema tradicional de hormigón armado.

N. DE REGISTRO (en base de datos):

N. DE CLASIFICACIÓN:

DIRECCIÓN URL (tesis en la web):

ADJUNTO URL (tesis en la web):

ADJUNTO PDF:

SI

NO

CONTACTO CON AUTORES/ES:

Teléfono:

0969305199

E-mail luis.eduardo.analuisa

@hotmail.com

CONTACTO EN LA INSTITUCION:

Nombre: MSC.Ing. Leonardo Javier Echeverría

Teléfono: 2596500 ext. 260

E-mail: lecheverriaf@ulvr.edu.ec

CERTIFICACION DE ACEPTACION DEL TUTOR.

En calidad de tutor del Proyecto de Investigación:

“ANALISIS Y DISEÑO DE ESTRUCTURA DE ACERO APERNADA PARA VIVIENDA TIPO MODULAR, Y SU INCIDENCIA EN LA REDUCCION DE TIEMPOS Y COSTOS” elaborado por Luis Eduardo Analuisa Pallo; egresado de la Facultad de Ingeniería- Industria y Construcción, de la Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado lo apruebo en todas sus partes.

Atte.

MSc. Ing. Leonardo Echeverría Fabre
DIRECTOR DE TESIS.

CERTIFICADO DEL URKUND.

**Urkund Analysis Result Analysed Document: PROYECTO VIVIENDAS
APERNADAS ULTIMO 160616 (5) (2).docx (D20933910) Submitted: 2016-
06-23 15:21:00 Submitted By: lecheverriaf@ulvr.edu.ec Significance:
15 %**

**Sources included in the report: ESTRUCTURAS DE ACERO.pptx
(D10968921) TESIS VICTOR ALTAMIRANO.docx (D15068392) CAPITULO
1 corregido.docx (D14019859) PROYECTO DE TESIS MAESTRIA
AUDITORÍA INTEGRAL..docx (D11285295) Primer avanceUNIVERSIDAD
TÉCNICA DE MANABÍ.docx (D9730463)**

<http://documents.mx/documents/el-acero-55f5e55f2cda8.html>

<https://es.scribd.com/doc/314902958/NEC-SE-AC-Estructura-Acero>

<https://www.clubensayos.com/Informes-de-Libros/LEY->

**ORG%C3%81NICA-DEL-SISTEMANACIONAL-DE-
CONTRATACI%C3%93N-P%C3%9ABLICA/483125.html [http://e.exam-
10.com/doc/3724/index.html?page=3](http://e.exam-10.com/doc/3724/index.html?page=3)**

**[http://www.slideshare.net/willushina/248353723-estructurasdeaceromc-
cormac](http://www.slideshare.net/willushina/248353723-estructurasdeaceromc-cormac) Instances where selected sources appear:**

DEDICATORIA.

Dedico este trabajo a mi Padre José Antonio, mi origen de vida que aún lo tengo y a mi Madre Pastorita cuya ternura y amor siempre llevare en mi corazón,

A mis tres hijos; Josué, Eduardo y Rafael mi continuación los cuales originaron la motivación para alcanzar esta meta y querer ser un pequeño ejemplo de lo que mucho que espero de ellos.

A mis hermanos y sus familias a quienes espero aportar con este granito de arena para nuestro legado familiar de éxito y superación.

A todos los nombrados; con profunda gratitud dedico este trabajo.

AGRADECIMIENTOS.

Agradezco primeramente al Creador de todo lo que existe; en Quien he puesto mi confianza y me ha enseñado a vivir con humildad, amor y deseos de superación ya que sin su dirección nada habría sido posible.

A mis Padres que desde niño me guiaron por la senda correcta, creyendo plenamente en los valores espirituales y morales como base de la vida.

A Dora mi mujer, amiga y compañera de lucha diaria cuyo apoyo ha sido fundamental desde el primer día que llego a mi vida aun en los momentos más duros.

A mi familia en general quienes me abrigaron con su respeto y amor,
Gracias también a cada una de las personas que aportaron positivamente en mi vida que seguramente son muchos y no los he nombrado.

Agradezco de manera especial a mi tutor de Proyecto de Titulación el MSC.Ing. Leonardo Echeverría Fabre quien con su conocimiento, generosidad y espíritu Pedagógico supo guiarme en la elaboración de este proyecto desde el inicio hasta su culminación.

DECLARACION DE AUTORIA Y CESION DE DERECHOS DE AUTOR.

La responsabilidad del contenido de este proyecto de investigación le corresponde exclusivamente a Luis Eduardo Analuisa Pallo y el patrimonio intelectual del mismo a la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil.

Luis Eduardo Analuisa Pallo.

#C 0912012804.

TABLA DE CONTENIDOS.

TABLA DE CONTENIDOS	viii
INDICE DE TABLAS	xii
CERTIFICACION DE ACEPTACION DEL TUTOR	iii
DECLARACION DE AUTORIA Y CESION DE DERECHOS DE AUTOR	¡Error! Marcador no definido.
AGRADECIMIENTOS	vi
DEDICATORIA	v
RESUMEN EJECUTIVO	xiv
INTRODUCCION	xv
CAPITULO I	1
EL PROBLEMA A INVESTIGAR	1
1.1. Tema	1
1.2. Planteamiento del problema	1
1.3. Formulación del problema	5
1.4. Delimitación del problema	5
1.5. Justificación de la investigación	5
1.6. Sistematización de la investigación	6
1.7. Objetivo general de la investigación	6
1.8. Objetivos específicos de la investigación	6
1.9. Límites de la investigación	7
1.10. Identificación de las variables	7
1.11. Hipótesis	7
1.12. Generales y particulares	7
1.13. Operacionalización de las variables	8

<u>CAPITULO II</u>	10
<u>FUNDAMENTACION TEORICA</u>	10
<u>2.1. Antecedentes y Referentes</u>	10
<u>2.2. Marco conceptual</u>	15
<u>2.2.1. Definición de viviendas prefabricadas</u>	15
<u>2.2.3. Ventajas de las viviendas prefabricadas con estructura de acero</u>	20
<u>2.2.4. Desventajas de las estructuras de acero</u>	23
<u>2.2.5. Análisis sobre el acero</u>	28
<u>2.2.6. Propiedades de las estructuras de acero</u>	30
<u>2.2.7. Tipos de conexiones con estructuras de acero</u>	35
<u>2.2.8. Pernos</u>	36
<u>2.3. Marco legal</u>	39
<u>CAPITULO III</u>	46
<u>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION</u>	46
<u>3.1. Métodos de investigación</u>	46
<u>Los métodos de investigación que serán utilizados en el proyecto son:</u>	46
<u>3.1.1 Método inductivo-deductivo</u>	46
<u>3.1.2. Método analítico sintético</u>	46
<u>La observación</u>	47
<u>3.2. Recursos, fuentes, cronogramas y presupuesto para la recolección de datos</u>	49
<u>3.3. Tratamiento a la información – procesamiento y análisis</u>	51
<u>3.4. Presentación de Resultados</u>	52

<u>CAPITULO IV</u>	53
<u>LA PROPUESTA.</u>	53
4.1. <u>Título de la Propuesta.</u>	53
4.2. <u>Justificación de la Propuesta.</u>	53
4.3. <u>Objetivo general de la Propuesta.</u>	53
4.4. <u>Hipótesis de la Propuesta.</u>	59
4.5. <u>Listado de contenidos y Flujo de la Propuesta.</u>	59
4.5.1. <u>Listado de Contenidos.</u>	61
4.5.2. <u>Flujo de la propuesta</u>	62
4.6. <u>Desarrollo de la Propuesta.</u>	66
4.6.1. <u>Cálculo del sistema de cargas</u>	66
4.7. <u>Impacto/Producto/Beneficio obtenido.</u>	77
5. <u>Conclusiones.</u>	79
<u>Recomendaciones</u>	81
<u>Fuentes Bibliográficas</u>	82

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<u>Ilustración 1: Puente Coalbrookdale</u>	11
<u>Ilustración 2: Palacio de cristal</u>	12
<u>Ilustración 3 Torre Eiffel</u>	13
<u>Ilustración 4 Home Insurance Building</u>	14
<u>Ilustración 5 Casas modulares móviles:</u>	16
<u>Ilustración 6 Casas modulares fijas:</u>	17
<u>Ilustración 7 Casas de madera:</u>	18
<u>Ilustración 8 Casas de hormigón:</u>	19
<u>Ilustración 9 Casas de acero</u>	19
<u>Ilustración 10 Corrosión</u>	23
<u>Ilustración 11 Pandeo</u>	25
<u>Ilustración 12 Acero carbonizado:</u>	29
<u>Ilustración 13 Acero inoxidable:</u>	29
<u>Ilustración 14 Pernos</u>	36
<u>Ilustración 15 Detalles de pernos</u>	37
<u>Ilustración 16 Detalle de fijación con pernos entre vigas y columnas</u>	65

INDICE DE TABLAS

<u>Tabla 1 Variable Dependiente</u>	8
<u>Tabla 2 Variable Independiente</u>	9
<u>Tabla 3: Presupuesto</u>	50
<u>Tabla 4 Presupuesto de obra gris del sistema constructivo tradicional</u>	55
<u>Tabla 5 Presupuesto de obra gris en el sistema constructivo de estructura metálica</u>	56

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Cronograma de ejecución sistema tradicional de hormigón armado.	57
Figura 2 Cronograma de ejecución sistema constructivo de estructuras de acero.	58
Figura 3 Diagrama de fuerza axial con los valores para cada una de las secciones con la combinación de carga 1. Pórtico ejes B 1, 2, 3.	70
Figura 4 Diagrama de fuerza axial con los valores para cada una de las secciones con la combinación de carga 2.	71
Figura 5 Por ciento de trabajo de las secciones.	72
Figura 6 Diagrama de fuerza axial con los valores para cada una de las secciones con la combinación de carga 1. Pórtico ejes A y C 1, 2,3	74
Figura 7 Diagrama de fuerza axial con los valores para cada una de las secciones con la combinación de carga 2.	75
Figura 8 Por ciento de trabajo de las secciones.	76
Figura 9 Lámina de fachada	¡Error! Marcador no definido.
Figura 10 Lámina No 2 Planta Baja	¡Error! Marcador no definido.
Figura 11 Lámina No 3 Planta Alta	¡Error! Marcador no definido.
Figura 12 Lámina No 4 Área tributaria de carga	¡Error! Marcador no definido.
Figura 13 Lámina No 5 Cimentación	¡Error! Marcador no definido.
Figura 14 Lámina No 6 Aprovechamiento de malla plintos	¡Error! Marcador no definido.
Figura 15 Lámina No 7 Implantación losa	¡Error! Marcador no definido.
Figura 16 Lámina No 8 Estructura Cubierta	¡Error! Marcador no definido.
Figura 17 Lámina No 9 Corte estructural	¡Error! Marcador no definido.
Figura 18 Lámina No 10 Implantación cubierta	¡Error! Marcador no definido.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de investigación está basado en el estudio y desarrollo de un análisis y un diseño de estructura de acero apertada para una vivienda tipo modular y verificar su incidencia en la reducción de tiempos y costos, para lograrlo se recopiló información tanto a nivel primario como secundario. La investigación consta de cuatro capítulos, en estos se estudian distintos tópicos, los cuales serán especificados a continuación:

En el Capítulo I se propone el tema de la investigación y el planteamiento del problema, este es el argumento fundamental, abarca todo lo referido al aumento poblacional y la creciente demanda de viviendas de rápida construcción y bajos costos de ejecución. Contempla además la formulación del problema, su delimitación, la justificación, sistematización y los objetivos específicos de la investigación.

El Capítulo II está basado en los fundamentos teóricos sobre los que se erige el trabajo el mismo comprende los antecedentes y los referentes del problema fundamental del trabajo así como los análisis y conceptualización desde la doctrina del sistema de estructura de acero valorando sus ventajas, desventajas, conceptos y el marco legal competente al tema.

El Capítulo III dedicado a la metodología tiene como función principal exponer los métodos y técnicas de investigación, los tipos de fuentes de información que serán utilizados, presupuestos de investigación y el tratamiento que le será dado a los datos recopilados. En este se concluye con una presentación exacta de resultados obtenidos.

El Capítulo IV se enfoca en torno a la propuesta de este trabajo, título, justificación, objetivos generales y específicos, etc. Su parte esencial es el desarrollo de la propuesta con una presentación visual y estructural del diseño, también comprende lo que será el impacto y beneficio del producto, listado de contenidos y flujo de la propuesta e hipótesis de esta.

INTRODUCCION

En este trabajo se realizará desde una breve síntesis histórica del uso del hierro y el acero en la construcción, la exposición de ventajas y desventajas de este tipo de construcciones, hasta el proyecto y diseño de la estructura propuesta. Como parte esencial de este trabajo, cabe destacar, que la metodología estará basada en investigaciones de tipo documental comparativas y esta información será evaluada para obtener resultados, lo más precisos posibles, en cuanto a el problema fundamental y sus derivados de tiempos y costos reducidos.

El objetivo fundamental de esta tesis no será obtener una conclusión satisfactoria de las respuestas teóricas expuestas, sino plantear una respuesta visual mediante un diseño detallado, real El presente trabajo estará enfocado en diseñar una estructura de acero apernada para viviendas de tipo modular y en analizar la efectividad de estas construcciones, así como sus ventajas en cuanto a la reducción de tiempo y costos.

La necesidad de realizar un diseño de estructura metálica apernada, se debe al acelerado crecimiento demográfico en nuestro país y, por supuesto, en el resto del mundo, esto conlleva a una gran demanda de viviendas urbanas dedicadas a solucionar un problema cada vez más evidente y preciso, de una vivienda modular de este tipo, para dejar en claro, los resultados que se han obtenido durante la investigación, el procesamiento, el impacto y sus beneficios.

CAPITULO I

EL PROBLEMA A INVESTIGAR.

1.1. Tema:

“Análisis y diseño de estructura de acero apernada para vivienda tipo modular y su incidencia en la reducción de tiempos y costos.”

1.2. Planteamiento del problema:

Debido al acelerado crecimiento demográfico de nuestro país y el mundo en general; lo cual conlleva a un gran aumento de nuevas familias que requieren un espacio propio para desarrollarse como tal, lo que se traduce en que cada año la demanda de viviendas es mayor, lo cual se convierte en un problema social que se lo podría solucionar con planes habitacionales los cuales requieren un diseño constructivo rápido y económico.

Más cuando hablamos de diseños constructivos podríamos decir que existe gran diversidad de sistemas constructivos mismos que se han efectuados a lo largo de décadas , más por costumbre o tradición que por asunto de seguridad o practicidad , es de conocimiento general que los países llamados del primer mundo después de haber experimentado en carne propia los desastres naturales pudieron crear sistemas inteligentes y seguros , ya en los desastres naturales que han sucedido últimamente se ha podido observar la resistencia de los materiales de construcción y sus diseños estructurales , el sistema constructivo, es por eso que en los Estados Unidos de Norteamérica y Europa se utiliza mucho el sistema estructural laminado en caliente y con uniones apernadas para viviendas , en nuestro país hoy por hoy este sistema tan solo se lo utiliza a nivel industrial mas no a nivel de viviendas urbanas de lo cual se obtiene que nuestras construcciones urbanas conserven el mismo concepto de hace décadas ; trabajando con materiales pesados rígidos y casi inelásticos, lo cual los deja vulnerables a la acción sísmica y limitada a la necesidad de energía eléctrica en obra . Con respecto a esta necesidad, este Proyecto de Investigación contempla presentar un diseño de vivienda sismo resistente y versátil para su armado en obra con el propósito de desestimar

la falta de energía eléctrica y todo el tiempo que requeriría el proceso de soldadura y las pruebas de calidad "IN SITU" lo cual nos permitiría el privilegio del ahorro de tiempo y dinero.

Demografía del Ecuador

Según datos publicados por el INEC sobre el censo de población y vivienda 2010, el Ecuador crece 2.5 millones de habitantes cada 10 años. La diferencia entre el censo del 2001 al 2010 fue de 9 años y no 11 años como entre 1990 y el 2001 cuando el Ecuador subió su población de 9.6 millones en 1990 a 12.2 millones en el 2001, Una diferencia de 2.6 millones de habitantes en 11 años, y de 12.1 millones de habitantes en el 2001 a 14.5 millones en el 2010, Una diferencia de 2.4 millones de habitantes en 9 años. Se estima que para el próximo censo que sería en el año 2020 la población ecuatoriana sería de 17.0 a 17.5 millones de habitantes y para el 2030 el Ecuador tendría 21 millones de habitantes, posiblemente pasándole a Chile en población o emparejándose ambas naciones sudamericanas.
(Censo de población y vivienda 2010 INEC 2010)

ESTRUCTURA DE POBLACIÓN

Hombres: **6'830.674** Mujeres: **6'879.560**

Según	Edad:
0-14 años: 34.9% (hombres 2, 430,303; mujeres 2, 351,166)	
15-64 años: 60.6% (hombres 4, 116,289; mujeres 4, 198,667)	
65 años y más: 4.5% (hombres 284,082; mujeres 329,727) (2003 est.)	
Edad	Media:
Total: 28.4 años	(2010)
Hombres: 22 años.	

Árbol del Problema.



Causas:

1.- Ordenamiento Territorial Inadecuado.

Las grandes ciudades debido a su mayor desarrollo son el destino de los pequeños poblados, creando las siguientes causas:

- a).- Migración interna.
- b).- Asentamientos desordenados.

2.- Poco acceso a planes de vivienda de empresa privada y del estado.

Debido a que los sistemas constructivos actuales no son accesibles para las grandes mayorías tenemos como resultado:

- a).- Inalcanzable perfil requerido por las inmobiliarias.
- b).- Insuficiente inversión pública y privada en viviendas.

3.- Desinterés en sistema innovador que reduzca tiempo de construcción.

Cada día se torna indispensable en reducir más los tiempos y los costos de las viviendas, ya sea por la prioridad con la que el comprador necesita su casa

o porque las constructoras quieren aprovechar el tiempo sin lluvias; lo cual si es posible, pero en ese punto es donde la mayoría de las constructoras solo apuestan por los sistemas convencionales ya que no se quieren arriesgar con nuevos sistemas por temor a fracasar y no buscan más información, por lo que todo se reduce a:

- a).- Desinterés en información técnica innovadoras.
- b).- Desconocimiento de sistemas nuevos actuales

Efectos:

1.- Aumento de invasiones en zonas marginales.

Existe otro grupo de personas, las cuales no pueden calificar a los programas habitacionales, porque son subempleados o desempleados, debido a su afán de conseguir su casa propia optan por invadir los predios privados o inadecuados, ocasionando las siguientes demandas hacia las autoridades municipales y gubernamentales

- a).- asentamiento en zonas de riesgo para la salud y la vida.
- b).- demanda de servicios básicos.

2.- Desesperación por adquirir su casa.

En su afán y desesperación por conseguir su casa propia y sin los recursos necesarios que los respalden muchas personas incurren en este gravísimo error:

- a).- Endeudamiento irresponsable.
- b).- Frustración y Resentimiento social.

3.- Desaceleración del ramo de la construcción.

Al ser inaccesible dichas viviendas a las mayorías populares, se produce una recesión en el aparato de la construcción, cuya naturaleza es el crecimiento, lo cual repercute de la siguiente manera:

- a).- Oportunidades diluidas de generación de futuros empleos.
- b).- Decrecimiento económico del país.

1.3. Formulación del problema.

Una vez conocida situación actual y las consecuencias causadas se formula la siguiente pregunta:

¿De qué manera incide en la reducción de tiempo y costos este diseño de construcción de vivienda con estructuras de acero apernadas tipo modular?

1.4. Delimitación del problema.

Cada año en nuestro país aumenta la cifra de nuevas familias, las cuales requieren de un espacio propio e independiente para su desarrollo. Esto trae como consecuencia el incremento gradual en la demanda de viviendas y ocasiona un problema social.

1.5. Justificación de la investigación.

El actual sistema convencional de construcción de viviendas es netamente tradicional y generalmente de hormigón armado; pero este sistema debido a su peso necesita una cimentación pesada y asentada sobre un suelo resistente natural o modificado para resistir todo el peso de la estructura de hormigón, el cual es mayor al de una estructura metálica, además que dependiendo del aumento de su altura; el esfuerzo y tensiones de la estructura se multiplican considerablemente, lo cual limita o supedita su geometría y su resistencia.

Otro factor de gran importancia es el tiempo de montaje de la estructura metálica en obra, por esta razón es que nuestro proyecto con SISTEMA DE APERNADO TIPO MODULAR propone distanciar mucho más la relación de tiempo entre "FABRICACION EN TALLER vs MONTAJE EN OBRA; alcanzando una relación 80% y 20% respectivamente.

Además este diseño nos ofrece una ventaja de suma importancia que es el de ser desmontable de darse el caso sin afectar la integridad de los elementos de dicha estructura y respetando la norma RTE INEN 037.

1.6. Sistematización de la investigación.

Partiendo de esta pregunta de la FORMULACIÓN DEL PROBLEMA, nacen las siguientes interrogantes específicas:

- ¿Resultaría más económico este sistema con respecto a los existentes de este tipo?
- ¿Resultaría factible que este nuevo producto sea más rápido y versátil, que los existentes en el mercado actual ecuatoriano?
- ¿Resultaría estructuralmente sismo resistente este diseño de construcción de vivienda con estructuras de acero apernadas?

1.7. Objetivo general de la investigación.

Diseñar un sistema constructivo de vivienda tipo modular basado totalmente en el ensamblaje apernado a fin de ser una alternativa económica e innovadora.

1.8. Objetivos específicos de la investigación.

- Diseñar un sistema de construcción de vivienda; que logre brindar un costo inferior a los existentes con estas características.
- Diseñar un sistema con estructura de acero apernadas para una vivienda que permita el montaje modular apernado a fin de reducir su tiempo de ejecución.
- Diseñar una estructura de categoría sismo resistente, prevista para fenómenos de este tipo.

1.9. Límites de la investigación.

Campo: Clasificación de la UNESCO

Sector Geográfico: Cantón Guayaquil.

Campo: Construcción

Área: Urbanizaciones sector vía a Daule.

Aspectos: social.

Propuesta: Diseño y sistema construcción de una casa con sistema versátil de ensamblaje apernado.

1.10. Identificación de las variables.

INDEPENDIENTE: Creación de un diseño estructural constructivo apernado de vivienda.

DEPENDIENTE: Mayor rapidez y ayudaría a reducir su costo final.

1.11. Hipótesis.

Creación de un diseño estructural constructivo apernado de vivienda que a más de darle rapidez ayudaría a reducir su costo final.

1.12. Generales y particulares

Hipótesis Generales:

La creación de un diseño estructural mediante el sistema constructivo de acero apernado tiene un menor tiempo de ejecución y resultan más económicas.

Particulares:

Las viviendas modulares que se realizan con el sistema constructivo de acero apernado tienen un menor tiempo de ejecución y menos costo final

1.13. Operacionalización de las variables.

DEPENDIENTE:

Tabla 1 Variable Dependiente

CONCEPTO	CATEGORIA DIMENSIÓN	INDICADORES	ITEMS	TÉCNICAS INSTRUMENTOS Y POBLACION
Mayor rapidez y ayudaría a reducir su costo final.	Reducción de costos y tiempo	Tiempo de construcción	¿Cómo reducir el costo de la construcción?	Método comparativo
		Gastos de construcción	¿Cómo reducir el tiempo de la construcción?	

Elaborada por el autor.

INDEPENDIENTE

Tabla 2 Variable Independiente

CONCEPTO	CATEGORIA DIMENSIÓN	INDICADORES	ITEMS	TÉCNICAS INSTRUMENTOS Y POBLACION
Creación de un diseño estructural constructivo apernado de vivienda modular	Diseño estructural apernado	Factibilidad de la estructura	¿Cómo verificar la efectividad de la construcción?	Investigación documental
	Vivienda modular	Rapidez y bajos costos de construcción	¿Cómo demostrar el poco tiempo de construcción y los bajos costos?	Método comparativo

CAPITULO II

FUNDAMENTACION TEORICA.

2.1. Antecedentes y Referentes.

El avance de técnicas de construcción, perfeccionamiento de materiales y diseño de estructuras con múltiples fines es el resultado de años de búsqueda de soluciones a lo largo de la historia y cabe señalar que siempre ha estado lidiando con el problema de la demanda en proporción al crecimiento demográfico, estilos contemporáneos y condiciones geográficas. Estos avances han permitido la realización de estructuras de comportamiento técnico satisfactorio junto con una notable reducción del costo y del tiempo de ejecución en general, haciendo posible la aceleración del crecimiento urbanístico.

El estudioso del tema, MacCormac (2013) expresa que:

Aunque el primer metal que usaron los seres humanos probablemente fue algún tipo de aleación de cobre, tal como el bronce (hecho a base de cobre, estaño y algunos otros aditivos), los avances más importantes en el desarrollo de los metales han ocurrido en la fabricación y uso del hierro y de su famosa aleación llamada acero. Actualmente el hierro y el acero comprenden casi el 95% en tonelaje de todos los metales producidos en el mundo. (pág. 68)

Las estructuras de acero tienen un precedente histórico que se remonta a la antigua Grecia donde se han encontrado templos que fueron construidos utilizando vigas de hierro forjado con el fin de hacer las estructuras más resistentes. De igual forma sucedió en la Edad Media donde se empleaba el hierro en sus más grandes construcciones: las catedrales medievales.

Los ejemplos anteriores demuestran que el empleo del metal en las construcciones se remonta a siglos de antes de nuestra era pero es necesario señalar que la utilización de hierro como elemento estructural tiene sus comienzos en Londres en el siglo XVIII con los inicios de la Revolución Industrial.

Aunque primer uso del metal para una estructura grande tuvo lugar en Shropshire, Inglaterra (aproximadamente a 140 millas al noroeste de Londres) en 1779, ahí se construyó con hierro colado el puente Coalbrookdale en forma de arco de 100 pies de claro sobre el Río Severn. Se dice que este puente (que aún está en pie) fue un hito en la historia de la ingeniería porque cambió el curso de la Revolución Industrial al introducir al hierro como material estructural. Supuestamente este hierro era cuatro veces más fuerte que la piedra y treinta veces más que la madera lo que aseguraba la permanencia de este. (Sawyer, 1979, págs. 46-49)



Ilustración 1: Puente Coalbrookdale

Fuente: (Galeón.com, 2013)

Precisamente es en el siglo siguiente que surge la primera casa prefabricada, conocida como la Casa Colonial Portátil e ideada por el carpintero británico John Manning, quien en 1830 inventa una casa de madera transportable.

Jack (2013) analiza que posteriormente con la evolución del mercado de prefabricación se inicia la inclusión del metal para darle fortaleza a las estructuras y comienza la producción de piezas en serie, tomando partido en obras arquitectónicas emblemáticas como son el Palacio de Cristal de Joseph Paxton y la Torre Eiffel de Gustave Eiffel.

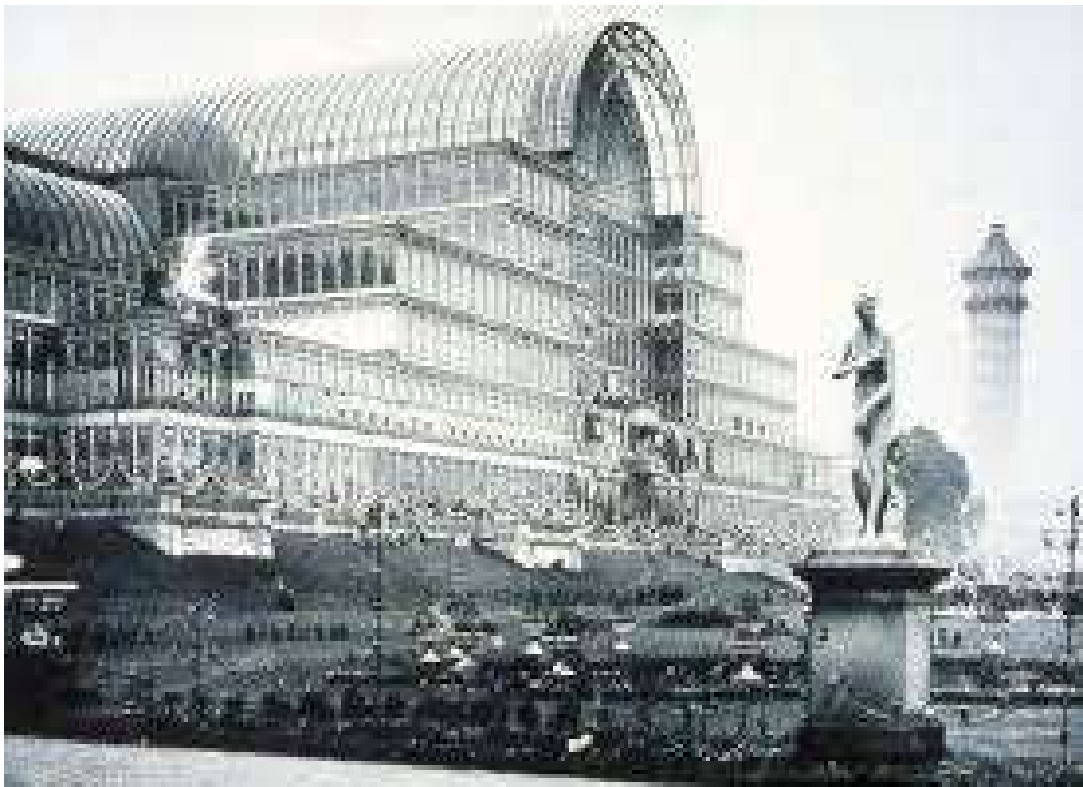


Ilustración 2: Palacio de cristal

Fuente: (academiaplay.es)



Ilustración 3 Torre Eiffel

Fuente: (shop.deviantart.com, 2016)

Benjamín (1930) Con el hierro, apareció por vez primera en la historia de la arquitectura un material artificial de construcción. Pasó a través de una evolución cuyo ritmo se aceleró en el transcurso del siglo, y recibió un impulso decisivo cuando resultó que la locomotora, con la que se habían estado haciendo experimentos desde finales de la década de 1820, sólo podía ser utilizada sobre raíles de hierro. El raíl fue la primera unidad de construcción, el precursor de la viga. El hierro era evitado en las casas viviendas, y servía para arcadas, salas de exposición, estaciones de ferrocarril y otros edificios que cumplieran finalidades transitorias. Simultáneamente, se ampliaron las zonas arquitectónicas en las que se empleaba el vidrio, pero las condiciones sociales para su creciente

utilización como material de construcción sólo surgieron un centenar de años más tarde (pág. 3).

El desarrollo a gran escala de las estructuras de metal tiene su comienzo a finales del siglo XIX y principios del siglo XX con la llegada de La Escuela de Chicago. El desarrollo arquitectónico a pesar de que comienza con casas de madera, dado los incendios de 1871 y 1874 deciden pasar a la construcción con piedras y posteriormente es suplantada también por las estructuras de acero apenado, ya que dichas estructuras pueden soportar fuertes pesos y permiten alcanzar mayor altura.



Ilustración 4 Home Insurance Building

Fuente: (/www.pinterest.com)

Sin embargo, no es hasta la segunda década de 1900 que se logra la fusión entre las casas prefabricadas de madera con los materiales como el hierro y el vidrio. Las viviendas prefabricadas toman gran popularidad en estos años y son vendidas miles de estas pues pasan a formar parte de los productos de una empresa dedicada a la venta por catálogo en Estados Unidos

Teniendo en cuenta lo antes expuesto y el valor demostrado por las estructuras de metal, en la actualidad, los arquitectos y diseñadores han decidido revitalizar la casa prefabricada mediante la utilización del concepto modular, el diseño de productos que cuentan con los mejores acabados de la prefabricación y también han decidido agregar la individualidad que poseen las casas de construcción tradicional, solo que con la ventaja de una menor cifra de costo.

2.2. Marco conceptual.

2.2.1. Definición de viviendas prefabricadas.

El concepto de viviendas prefabricadas no se ha podido agrupar en una definición exacta, es decir que hasta ahora solo se encuentran teorías aproximadas que logran reunir varias de sus características.

Por lo que en sentido general se consideran viviendas prefabricadas a las piezas que conforman la edificación y que son construidos en diversas industrias, a manera de rompecabezas. Dichas piezas pueden estar formadas de diversos materiales constructivos como el hormigón, concreto, metal o de madera.

Fernández (1973) valora que el método mencionado tiene una semejanza conceptual con los pequeños bloques de LEGO, pues estos pueden ser acomodados de acuerdo un orden solicitado y permiten construcciones rápidas de entre dos y tres meses.

Por último cabe destacar que la definición de viviendas prefabricadas es semejante a la de las casas modulares, cuyo concepto es una estructura formada por molduras de metal, normalmente estándares, estas son completadas con paneles que pueden ser de diversos materiales y encajan perfectamente en los espacios vacíos.

2.2.2. Clasificación de las Viviendas Prefabricadas

Actualmente la industria de las casas prefabricadas cuenta con diversos tipos de viviendas modulares. Estas pueden estar erigidas a partir de la combinación de la madera con otros materiales o diseñadas con hormigón, en conjunto con elementos como el metal o cristal. Sin embargo los estudios han confirmado que el ensamblaje de casas modulares, con base de estructura de acero, son de creación más rápida, segura y de menor costo.

Para catalogar los tipos de casas modulares se deben tener en cuenta los aspectos de movilidad y por otro lado los materiales empleados para su fabricación.

Clasificación de las casas modulares según el aspecto de movilidad.



Ilustración 5 Casas modulares móviles:

Fuente: (casascarbonell.es)

Son aquellas no están fijadas a un espacio específico y por tanto permiten la transportación de la vivienda, normalmente para esto es conectada automóvil.



Ilustración 6 Casas modulares fijas:

Fuente: (habitissimo.es)

Estas estructuras están instaladas en una parcela correspondiente y por tanto no pueden ser desplazadas del lugar.

Por otro lado como se ha mencionado anteriormente, las casas prefabricadas pueden ser clasificadas en función de los materiales con los que se han fabricado.

Clasificación de las casas modulares según el uso de materiales.



Ilustración 7 Casas de madera:

Fuente: (casasdemaderaymas.wordpress.com)

Estas como su nombre lo indica son precisamente de este elemento natural, pero hay que señalar que existen diversos tipos de madera, los cuales pueden ser más elaborados y por consiguiente más industrializados. Las casas de madera tienen la ventaja de ser menos pesadas que las que se construyen con otros materiales, como el hormigón o el acero. Las casas móviles normalmente suelen ser de madera o de PVC.



Ilustración 8 Casas de hormigón:

Fuente: (decorablog.com, 2010)

Estas son denominadas así porque están compuestas de bloques de hormigón. El período de construcción de las casas de hormigón se realiza en la fábrica y luego se montan los módulos en el lugar que estará situada la vivienda. Las ventajas estructurales de estas casas son indudables pues la robustez de este material y sus posibilidades estéticas han ocasionado que estas viviendas sean cada vez más solicitadas.



Ilustración 9 Casas de acero

Fuente: (estructurasmetalicasbogota.com, 2014)

Como las mencionadas anteriormente, estas casas también constituyen un tipo de casa modular. Son las estructuras más perdurables y sólidas que existen hasta el día de hoy y del mismo modo que las de hormigón, estas nos brindan excelentes posibilidades estéticas. Las reformas en las viviendas, que empleen este material se pueden efectuar con un precio relativamente bajo.

2.2.3. Ventajas de las viviendas prefabricadas con estructura de acero.

Después de aportar una pequeña información de los diferentes tipos de viviendas modulares y características específicas de materiales utilizados, las casas prefabricadas con estructura de acero serán el tema principal de la investigación.

Las casas de acero prefabricadas consisten en sistemas de elaboración y montaje de sus componentes de forma relativamente sencilla. Nos proporcionan una diversidad de diseños y esquemas estructurales, logrando así que la combinación de modelos sea prácticamente infinita y asegurando la adaptabilidad en terrenos complicados o lugares de difícil acceso.

Las ventajas del acero como base estructural son incuestionables pues las estructuras de estas son de ensamblaje prefabricadas en serie, por lo que posibilitan facilidades en el acoplamiento. Por otro lado, su adherencia mediante el uso de los pernos permite dar formas más complejas y variadas a edificaciones, que difícilmente podrían ser creadas usando otros métodos.

Las viviendas modulares fundadas en estructuras prefabricadas de acero requieren de un menor tiempo en el proceso de construcción. Además resultan de menor costo debido a que el acero estructural posee ventajas importantes como una mayor facilidad para ensamblar las diferentes piezas por medio de conexiones simples como son la soldadura y los pernos; celeridad en el proceso de montaje; capacidad para laminarse en una gran

cantidad de tamaños y formas; la reutilización, debido a la posibilidad de venderlo como chatarra pues el acero es el material reciclable por excelencia.

Las piezas de acero son más pesadas que las de otros materiales, en cambio poniendo como ejemplo las piezas de hormigón, las de acero son 12 veces más resistentes. En cualquiera de los casos estos permiten un manejo favorable de sus partes al tener menores dimensiones, por consiguiente estas requerirán de menor cantidad de trabajadores para su ensamblaje, siempre que posean una mayor especialización en esta mano de obra.

Estudios realizados por Jack (2013) demuestran que las ventajas de las estructuras de acero son altamente rentables en comparación a las de otros materiales, por lo que hace viable su utilización debido a:

Alta resistencia:

La alta resistencia del acero permite el soporte de mayores cargas, lo cual equivale a un menor peso en las estructuras. Esto supone gran importancia en construcciones que presenten deficiencias de cimentación así como en grandes puentes o edificios altos con grandes luces. Es decir que aporta resistencia al peso con una menor cantidad de material.

Ductilidad:

Es la propiedad que tiene este metal de someterse a deformaciones impuestas por grandes esfuerzos y tensiones sin fallar, por lo que lo convierte en menos susceptible a fuerzas que provengan de la naturaleza.

Cabe destacar que la combinación de estas dos primeras ventajosas propiedades del acero lo hacen tenaz, es decir que aun presentando grandes deformaciones será capaz de resistir grandes fuerzas durante largos periodos de tiempo.

Durabilidad:

El acero tiene una alta durabilidad, esto se evidencia al ver estructuras centenarias por todo el mundo que aún siguen en pie y sin deterioro aparente. Esto demuestra que dicho metal tiene una vida útil extremadamente larga y que puede ser prolongada, aun mas, con un mantenimiento adecuado. Esta propiedad, en conjunto con la uniformidad que el metal posee, hace que no muestre cambios visibles en su estructura y garantiza la vitalidad de la obra, propiedad que se ve disminuida en las construcciones de concreto que son propensas a deformaciones.

Elasticidad:

Esta propiedad posibilita el cálculo exacto de los momentos de inercia en edificaciones creadas con base de acero a diferencia de las de hormigón, en las que los cálculos son aproximados y especulativos.

Existen muchas ventajas en lo que respecta a estructuras de acero cuando se las compara con otros materiales tales como el concreto y la madera. Estos beneficios serán expuestos en las siguientes categorías:

- Utilización de espacios: Está basado en que por la ligereza y estructura es posible lograr una distribución más óptima de los espacios arquitectónicos.
- Facilidad de futuros cambios: Está determinado por el tipo de estructura a utilizar que internamente permite realizar movimientos y modificación en función de los intereses espaciales.
- Ahorros en los costos y tiempo de construcción. Estas construcciones son muy económicas desde el punto de vista monetario y del tiempo empleado en su construcción. Para la mayoría de los propietarios es importante contar con una estructura que le permita ajustarse a su presupuesto.

Como ejemplo de las ventajas expresadas anteriormente está la evidencia en los aportes realizados ante el sismo del presente año en el país al que serán donadas 297 viviendas modulares a Ecuador, debido a que los materiales que componen estos habitáculos permiten su construcción en “mes o mes y medio”. Se envían los cimientos, la estructura de acero galvanizado, con toldos de plástico para poder cubrirlas e incluso su fácil montaje permitirá que las propias familias afectadas puedan construirlas. (Periodico El tiempo. , 2016, pág. 1)

2.2.4. Desventajas de las estructuras de acero.

El acero como material estructural posee desventajas como la alta susceptibilidad a la corrosión por exposición al agua y al aire, el costo de protección contra el fuego dado que el metal es un alto conductor de calor propagando un incendio a otras partes de las edificaciones y en el caso de estar presente en estructuras altas el factor del pandeo por la alta flexibilidad del metal puede ser otra de sus desventajas. Estos elementos pueden ocasionar una subida en los costos del proyecto con el mantenimiento posterior y permanente requerido para la duración del edificio. (2013)



Ilustración 10 Corrosión

Fuente: (e-struc.com, 2015)

El acero es susceptible a la corrosión pues está expuesto al aire y al agua, como una medida cautelosa debe pintarse periódicamente, otra medida para evitar esta desventaja es el empleo de aceros intemperizados. Aunque este tipo de acero puede ser bastante efectivo en ciertas situaciones para limitar la corrosión, existen casos donde su uso no es factible.

En algunas de estas situaciones, la corrosión puede ser un serio inconveniente. Por ejemplo, las fallas por corrosión y fatiga pueden ocurrir si los miembros de acero se someten a esfuerzos cíclicos y a ambientes corrosivos.

La resistencia a la fatiga de los miembros de acero puede reducirse considerablemente si las piezas se emplean en ambientes químicos agresivos y sometidos a cargas cíclicas.

Costo de la protección contra el fuego:

Aunque los miembros estructurales son incombustibles, sus resistencias se reducen considerablemente en temperaturas que comúnmente se alcanzan en incendios, cuando los otros materiales de un edificio se queman. Además, el acero es un excelente conductor del calor, de manera que los miembros de acero sin protección transmiten suficiente calor como para extender a diferentes secciones o compartimientos incendiados de un edificio a elementos adyacentes del mismo edificio e incendiar el material presente. En consecuencia, la estructura de acero de un edificio debe protegerse mediante materiales con ciertas características aislantes, y el edificio deberá acondicionarse con un sistema de rociadores para que cumpla con los requisitos de seguridad del código de construcciones de la localidad en que se halle.

Han ocurrido muchos incendios devastadores en inmuebles vacíos en los que el único material combustible es el mismo inmueble.

Susceptibilidad al pandeo:



Ilustración 11 Pandeo

Fuente: (construyafacil.org, 2013)

Cuanto más largos y esbeltos sean los miembros a compresión, tanto mayor es el peligro de pandeo. En la mayoría de las estructuras, el uso de columnas de acero es muy económico debido a sus relaciones elevadas de resistencia a peso. Sin embargo, en forma ocasional, se necesita algún acero adicional para rigidizarlas y que no se pandeen. Esto tiende a reducir su economía.

Fatiga:

Otra característica inconveniente del acero es que su resistencia se puede reducir si se somete a un gran número de inversiones del sentido del esfuerzo, o bien, a un gran número de cambios en la magnitud del esfuerzo de tensión. (Se tienen problemas de fatiga sólo cuando se presentan tensiones.) En la práctica actual se reducen las firmezas estimadas de tales miembros, si se

sabe de antemano que estarán sometidos a un número mayor de ciclos de esfuerzo supuestos a cambio, que cierto número límite.

Fractura frágil

Bajo ciertas condiciones, el acero puede perder su ductilidad y la fractura frágil puede ocurrir en lugares de acumulación de esfuerzos. Las cargas que producen fatiga y muy bajas temperaturas agravan la situación. Las condiciones de esfuerzo triaxial también pueden conducir a la fractura frágil.

Cuando se estudian las importantes desventajas que presentan estas estructuras de metal, se debe recordar que las casas modulares de este tipo no son obras de grandes magnitudes. Debido a este factor se elimina la desventaja de pandeo pues son construcciones de menor envergadura, los mantenimientos posteriores se reducen consiguiendo economía en la obra y rapidez de ensamblaje.

Por lo tanto, no está recomendado el uso de estructuras metálicas en los siguientes casos:

- Edificaciones con grandes acciones dinámicas.
- Edificios ubicados en zonas de atmósfera agresiva, como marinas, o centros industriales, donde no resulta favorable su construcción.
- Edificios donde existe gran preponderancia de la carga del fuego, por ejemplo almacenes, laboratorios, etc.

A pesar de las desventajas que este material pueda poseer, es necesario resaltar que en el Ecuador y alrededor del mundo el acero es empleado por sus grandes ventajas, es decir que estas son mayores y superiores a los inconvenientes que este puede presentar.

Las estructuras metálicas al igual que los prefabricados de hormigón suponen un gran futuro para las construcciones, ya que el inminente desarrollo del nivel de vida de un país requiere prácticas y métodos constructivos que reduzcan costos y necesiten menor mano de obra. Estas obras de acero permiten mayores luces ocupando menos espacios y por otra parte, son fáciles de construir en zonas comerciales y de grandes poblaciones.

Las construcciones con estructura de acero, generalmente están compuestas por acero ordinario, autopatinable, inoxidable y aluminio presentando características de durabilidad y más difíciles de ser corroídos por la incidencia del medio en que se encuentren, esto sucede gracias a procesos actuales de perfeccionamiento en técnicas de fundido de las piezas prefabricadas de metal, asegurando que esta evolución disminuya los gastos por mantenimiento y aumente la durabilidad del material desde su misma creación.

Se puede basar el análisis y diseño de estructura de acero apenada en las facilidades que suponen estas construcciones, demostradas a lo largo de los años, por ofrecer ligereza a las edificaciones además de uniformidad, permitiendo hacer estructuras de mayores alturas sin peligro de colapsar. Esto viene acompañado de menor cantidad de mano de obra y por ende menores precios a pagar, haciendo la construcción más económica y rápida.

El diseño estructural abarca la determinación de un sistema de resistencia idóneo que cuando se vea sometido a las diversas cargas que puedan actuar sobre la construcción civil, mantenga las características de seguridad y funcionalidad. Por lo que esto permite que la estructura se mantenga de manera intacta y uniforme.

Se puede afirmar que es seguro cuando se han tenido en cuenta, no sólo las cargas que cotidianamente actuarán sobre la edificación sino las que sean producto de sucesos con un período de recurrencia muy alto, como por ejemplo: los sismos, vientos de muy alta velocidad, o cargas verticales muy superiores a las esperadas. No se trata solamente de evitar el colapso sino

también de evitar que debido a las deformaciones producidas por un sismo de diseño, se deterioren los cerramientos exteriores e interiores y las instalaciones eléctricas, mecánicas, de comunicaciones, hidráulicas y sanitarias, cuyo costo de reposición puede representar hasta el 70% de toda la obra. Además, de nada valdría que los elementos principales no se cayeran, si en un sismo los elementos no estructurales se desploman sobre los ocupantes.

El concepto de seguridad incluye que aun cuando se presente la falla, esta sea de tal naturaleza que se advierta a tiempo para preservar la vida de las personas. El sistema estructural será funcional cuando, además de ser seguro, resulte cómodo para los usuarios; esto es, que bajo la acción de las cargas normales no presente vibraciones incómodas ni deflexiones muy grandes que deterioren los acabados arquitectónicos.

Por ser un material bueno para resistir esfuerzos, capaz de cubrir luces grandes con estructuras livianas, de relativamente fácil armado y desmontaje y porque sus estructuras son capaces de sufrir adiciones sin problemas, entre muchas más características, el acero estructural es un material idóneo para diferentes tipos de estructuras, entre ellas las estructuras aporticadas, siendo un sistema constructivo bastante confiable

2.2.5. Análisis sobre el acero

Cabe destacar que el acero estructural es el nombre que recibe la combinación de hierro, carbono y pequeñas proporciones de otros elementos tales como silicio, azufre, fósforo y oxígeno.

En el caso de los aceros al carbono comunes, el hierro tiene un 95 por ciento del total compartido con diminutas cantidades de níquel, aluminio, oxígeno, silicio, nitrógeno, manganeso y cobre. Existen clasificaciones dependiendo de su composición:



Ilustración 12 Acero carbonizado:

Fuente: (said-dominguez.blogspot.com, 2011)

Consiste en la aplicación de una cobertura de zinc a una lámina para protegerlo contra muchos tipos de corrosión.



Ilustración 13 Acero inoxidable:

Fuente: (fundicionmetales.blogspot.com, 2013)

Son aceros de alta aleación que contienen más del 10 % de cromo, por lo que aumenta las características de resistencia del acero en sí.

2.2.6. Propiedades de las estructuras de acero.

Para que el ingeniero pueda entender el comportamiento de las estructuras de acero, primeramente debe familiarizarse con las propiedades de éste; pues no pueden desarrollarse métodos satisfactorios de diseño, a menos que se tenga toda la información completa relativa a las relaciones esfuerzo-deformación del material que se usa.

Dicho material está constituido casi en su totalidad de hierro puro y el resto proviene de metaloides tales como el carbono, azufre, fósforo, silicio, etc., y metales en número variable como el manganeso, cromo, cobre, níquel, molibdeno, etc. En especial, es el contenido de carbono lo que diferencia el hierro del acero, pues éste último contiene por lo menos un 0.12% de carbono. Aunque en cantidades muy pequeñas, los metaloides y los metales, que con el hierro, componen el acero, modifican de manera muy sensible las cualidades de éste. (G.Kienert, 1972, pág. 20)

Debido a la mezcla entre un metal y un no metal (el hierro y el carbono), el acero mantiene las propiedades del metal (el hierro) pero renovadas con la adición del carbono y de otros elementos metales y no metales. Por lo que el acero es una de las aleaciones más populares y especialmente en el área de la construcción ha sido muy empleado por su respuesta positiva a los esfuerzos a los que se encuentran sometidas las estructuras.

Si una pieza de acero estructural dúctil es sometida a una fuerza de tensión, ésta empezará a alargarse y si ocurre un incremento en esta fuerza de tensión, a razón constante, la magnitud del alargamiento aumentará en forma lineal y ascendente hasta ciertos límites.

A modo de especificación, el alargamiento se duplicará cuando el esfuerzo pase de 6000 a 12 000 psi (pounds per square inch; se usará lb/plg) y cuando el esfuerzo de tensión obtenga un valor cercano a los tres cuartos de la resistencia última del acero, el alargamiento comenzará a aumentar de forma más rápida, sin un incremento correspondiente del esfuerzo.

El mayor esfuerzo para el que todavía es válida la ley de Hooke o el punto más alto de la porción recta del diagrama esfuerzo-deformación se denomina límite proporcional.

El mayor esfuerzo que un material puede resistir sin deformarse permanentemente se llama límite elástico. Este valor rara vez se mide realmente y para la mayoría de los materiales de ingeniería, incluido el acero estructural, es sinónimo del límite proporcional. Por esta razón, se usa a veces el término límite proporcional elástico.

El esfuerzo en el que se presenta un incremento brusco en el alargamiento o deformación sin un incremento en el esfuerzo, se denomina esfuerzo de fluencia. Es el primer punto del diagrama esfuerzo-deformación para el cual la tangente a la curva es horizontal.

El esfuerzo de fluencia es para el ingeniero, la propiedad más significativa del acero, pues la mayoría de los procedimientos de diseño se basan en este valor. Más allá del esfuerzo de fluencia hay un intervalo en el que ocurre un incremento considerable de la deformación sin incremento del esfuerzo.

La deformación que se presenta antes del esfuerzo de fluencia se denomina deformación elástica y por otro lado, la deformación que ocurre después del esfuerzo de fluencia, sin incremento de esfuerzo, se denomina deformación plástica.

Esta última deformación es generalmente igual en magnitud a 10 o 15 veces la deformación elástica. La fluencia del acero sin esfuerzo al parecer, no representa una seria desventaja, por lo contrario parece ser una característica

muy útil, pues con frecuencia ha prevenido la falla de una estructura. Si el esfuerzo en un punto de una estructura de acero dúctil alcanza el punto de fluencia, esa parte de la estructura cederá localmente sin aumento en el esfuerzo, impidiendo de esta forma una falla prematura. Esta ductilidad permite que sean redistribuidos los esfuerzos en una estructura de acero.

Otra forma de describir el fenómeno mencionado, es aseverar que los altos esfuerzos producidos por la fabricación, el montaje o la carga tienden a igualarse entre sí. También puede mencionarse que una estructura de acero tiene una reserva de deformación plástica que le posibilita la resistencia a sobrecargas e impactos repentinos. Si no tuviera esta capacidad, se podría fracturar repentinamente como el vidrio u otros materiales análogos.

Después de la deformación plástica, existe un rango en el cual es necesario un esfuerzo adicional para producir deformación adicional, a esto se le denomina endurecimiento por deformación. Esta porción del diagrama esfuerzo-deformación no resulta muy importante para los proyectistas actuales porque las deformaciones son muy grandes mostrando un diagrama típico de esfuerzo-deformación de un acero estructural dulce o de bajo contenido de carbono.

En el punto de falla los aceros dulces poseen deformaciones unitarias que corresponden a valores que oscilan entre 150 y 200 veces los correspondientes a la deformación elástica. En realidad, la curva alcanza su esfuerzo máximo y luego disminuye poco a poco antes de la falla. Se presenta una evidente reducción de la sección transversal del miembro (que se denomina estricción del elemento) justo antes de que el miembro se fragmente. (Los miembros estructurales a compresión deben ser robustos, ya que los miembros a compresión esbeltos sujetos a cargas de compresión tienden a pandearse lateralmente y sus propiedades se ven muy afectadas por los momentos que se generan.)

Los diagramas de esfuerzo-deformación preparados para aceros con temperaturas superiores a 93,33 °C serán más redondeados y no lineales y no presentan puntos de fluencia bien definidos.

Los aceros (particularmente aquellos con contenido de carbono más bien alto) en realidad pueden incrementar un poco su resistencia a la tensión al ser calentados a una temperatura de aproximadamente 371,11 °C. A medida que las temperaturas se elevan al rango de 426,67 °C a 537,78 °C, las resistencias se reducen drásticamente, y a 648,89 °C la resistencia es muy escasa. Se muestra una variación de las resistencias de fluencia para varios grados del acero cuando sus temperaturas aumentan desde la temperatura ambiente hasta 982,22°C y 1037,78°C.

Las temperaturas con las magnitudes referidas pueden alcanzarse fácilmente en las estructuras de acero durante incendios, en zonas localizadas de los miembros durante el proceso de soldado y en fundiciones sobre flamas abiertas.

Cuando las secciones de acero se enfrían a menos de 0 °C, sus resistencias aumentan un poco pero, por otro lado, tendrán descensos considerables en propiedades como la ductilidad y tenacidad.

Una propiedad sumamente importante de una estructura que ha sido sometida a esfuerzos, pero no más allá de su punto de fluencia, es que ésta recobrará su longitud original cuando se eliminen las cargas. Si se esfuerza más allá de ese punto, recuperará sólo parte de su longitud inicial.

Este hecho ofrece la posibilidad de probar una estructura existente cargándola y descargándola. Si después de que las cargas se retiran, la estructura no recupera sus dimensiones originales, significa que se ha esforzado más allá de su punto de fluencia.

El acero es una aleación que está compuesta casi por completo de hierro (generalmente más del 98%). Contiene también pequeñas cantidades de carbono, silicio, manganeso, azufre, fósforo y otros elementos.

El carbono es el elemento que tiene la mayor influencia en las propiedades del acero. La dureza y la resistencia del acero aumentan con el porcentaje de carbono.

Un incremento del 0.01 por ciento del contenido de carbono causará que la resistencia de fluencia del acero se eleve aproximadamente 0.5 klb/plg (ksi). Desafortunadamente, una mayor cantidad de carbono hará que el acero sea más frágil y afectará adversamente su soldabilidad.

Si se reduce el contenido de carbono, el acero se hará más suave y más dúctil, pero también más débil. La adición de elementos tales como cromo, silicio y níquel produce aceros con resistencias considerablemente más altas. Aunque con frecuencia son muy útiles, estos aceros son considerablemente más caros y con frecuencia no son tan fáciles de fabricar.

Los aceros con comportamiento frágil tienen un intervalo considerable donde el esfuerzo es proporcional a la deformación unitaria, pero no tienen esfuerzos de fluencia claramente definidos. Sin embargo, para aplicar muchas de las fórmulas dadas en las especificaciones de diseño para el acero estructural, es necesario contar con valores definidos del esfuerzo de fluencia, independientes de si los aceros son dúctiles o frágiles. Si un miembro de acero se deforma más allá de su límite elástico y luego se descarga, éste no retornará a una condición de deformación cero. Al descargarlo, su diagrama de esfuerzo-deformación unitario seguirá una nueva trayectoria. El resultado es una deformación permanente o residual.

La línea que representa la relación de esfuerzo-deformación para aceros templados y revenidos gradualmente se aparta de una línea recta, de modo que no existe un punto de fluencia bien definido. Para estos aceros el esfuerzo de fluencia se define por lo general como el esfuerzo en el punto de descarga

que corresponda a alguna deformación unitaria residual arbitrariamente definida (0.002 es el valor común).

En otras palabras, cuando se incrementa la deformación unitaria mediante una cantidad designada y dibujamos una línea desde ese punto, paralela a la porción de línea recta del diagrama de esfuerzo-deformación unitaria, hasta que la nueva línea corte a la anterior. Esta intersección es el esfuerzo de fluencia en esa deformación unitaria particular. Si se usa 0.002, a la intersección se le llama usualmente el esfuerzo de fluencia para 0.2 por ciento de deformación unitaria paralela.

2.2.7. Tipos de conexiones con estructuras de acero.

Jack (2013) estudió que en estructuras de acero, existe la posibilidad de diseñar las vigas como simplemente apoyadas o empotradas, dependiendo de cómo se considere la conexión. Esta ventaja de poder elegir entre el tipo de conexión permite vigas de menos peralte, debido a que el momento máximo negativo es menor que el momento máximo positivo de las vigas simplemente apoyadas.

En el campo estructural de las conexiones en acero existen dos tipos de conexiones:

Las conexiones tipo FR comúnmente se designan como conexiones rígidas o continuas propias de marcos. Se supone que son suficientemente rígidas o que tienen un grado de restricción tal, que los ángulos originales entre los miembros permanecen virtualmente sin cambio bajo cargas.

Las conexiones tipo PR tienen una rigidez insuficiente para mantener sin cambio a los ángulos originales bajo carga. Se incluyen en esta clasificación las conexiones simples y semirrígidas.

En sentido general han quedado descritos y analizados los principales elementos que conforman la construcción de viviendas modulares de estructuras de acero apernado.

2.2.8. Pernos

Para hablar de este tema se debe comenzar valorando que los pernos son tornillos que se usan para conectar elementos de acero. Existen diferentes tipos de pernos:

Ilustración 14 Pernos



Fuente: (metalstructuresolutions.net, 2012)

Pernos ordinarios o comunes. Estos se conocen como A307, estos se elaboran con aceros al carbono con características de esfuerzos y deformaciones muy parecidas a las del acero A36. Se fabrican en diámetros que oscilan desde 5/8 pulgadas hasta 1/2 pulgada en incrementos de 1/8 pulgada.

Estos pernos se fabrican mayoritariamente con cabezas y tuercas cuadradas pues de esta manera disminuyen los costos, se producen también con cabezas hexagonales las que tienen muy buena presencia y son más fáciles de manipular y necesitan espacios menores para girarlas, pero su resistencia no es mayor que la de los tornillos de alta resistencia o remaches.

Pernos de alta resistencia: Estos tornillos se producen a base de acero al carbono tratado térmicamente y aceros aleados, poseen una resistencia a la tensión de dos o más veces a la de los tornillos ordinarios. Dentro de estos existen dos tipos básicos, los A325 hechos de acero al carbono tratado térmicamente y los A490 de mayor resistencia tratados térmicamente pero elaborados con aleaciones. Estos pernos de alta resistencia se utilizan para todo tipo de estructuras, desde edificios pequeños hasta grandes y altas edificaciones; así como en puentes.

Estos pernos de alta resistencia se pueden apretar hasta alcanzar esfuerzos muy altos de tensión, por lo que las conexiones realizadas con ellos quedan fuertemente afianzadas entre la tuerca del tornillo y su cabeza, lo que permite que las cargas se transfieran principalmente por fricción.

Ilustración 15 Detalles de pernos



Fuente (metalstructuresolutions.net, 2012)

De estos pernos se fabrican con una alta resistencia a partir del acero 449 con diámetros mayores de 3,81 cm que es el diámetro máximo de los A325 y A490; estos pueden usarse como pernos de anclaje.

Las Normas ecuatorianas de la Construcción (2015) establece regulaciones con respecto a los pernos, las mismas están basadas en lo siguiente:

Todos los pernos deberán ser Pernos de Alta Resistencia Pretensados (completamente tensados) y deberán cumplir los requerimientos para superficies de contacto de deslizamiento crítico de acuerdo con la Sección J3.8 de la Especificación AISC 360-10 con una Superficie Clase A. Sin embargo, las superficies de contacto para conexiones a momento con placas extremas pueden revestirse con recubrimientos no ensayados para resistencia al deslizamiento, o con recubrimientos con un coeficiente de deslizamiento menor que aquel de una Superficie Clase.

Tipos de agujeros

Deben usarse agujeros estándar o agujeros de ranura corta perpendiculares a la carga aplicada. Para arriostramientos diagonales, agujeros holgados pueden usarse cuando la conexión es diseñada como una junta de deslizamiento crítico y el agujero holgado está solamente en una capa. Alternativamente, otros tipos de agujeros se permiten si han sido incluidos en la Sección 9.1, en el ANSI/AISC 358-05 y sus suplementos.

Resistencia Disponible al Cortante

La Resistencia disponible al cortante de juntas empernadas con agujeros estándar deberá calcularse como si la junta fuera de contacto de acuerdo a la Sección J3.6 y J3.10 de la Especificación AISC 360-10, excepto que la resistencia nominal al aplastamiento en los agujeros de los pernos no debe tomarse mayor que $2.4dt F_u$.

Pernos y Soldaduras en una Junta

Los pernos y las soldaduras no deben diseñarse para “compartir” fuerzas en una junta o la misma componente de fuerza en una conexión. Una fuerza en un miembro, tal como la fuerza axial en un arriostamiento, debe ser resistida en su totalidad en la conexión por un solo tipo de junta, es decir, totalmente por pernos o totalmente por soldaduras. Una conexión en la cual los pernos resisten una fuerza que es normal a la fuerza resistida por las soldaduras, tal como en una conexión a momento en la cual las alas soldadas transmiten flexión y el alma empernada transmite cortante, no es considerada que comparte la fuerza. (pág. 37)

2.3. Marco legal.

En Ecuador existen leyes establecidas para cada una de las etapas de la construcción de una obra: planificación, contratación, construcción y a cada una de estas también le corresponde su marco legal relacionado con el control, en otras palabras su Fiscalización.

Las normas legales que servirán como base en la elaboración del tema son las siguientes:

- Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública:

Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública (2015) en la que se establece el Sistema Nacional de Contratación Pública y determina los principios y normas para regular los procedimientos de contratación para la adquisición o arrendamiento de bienes, ejecución de obras y prestación de servicios, entre otros aspectos relacionados con el tema.

- Reglamento General de la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública.

El Reglamento General de la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública (2011) tiene por objeto el desarrollo y aplicación de la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública, la que es de aplicación obligatoria por todas las entidades del país.

Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Norma Ecuatoriana de la Construcción (2015). Esta norma es de vital importancia en el tema de investigación. En el país las políticas y normativas de vivienda a nivel nacional son formuladas por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. Dicha norma favorece el proceso ordenado y controlado del acceso a tener una vivienda, la densidad de las urbes y los asentamientos de la población.

Entre los elementos más importantes que se regulan en este documento se encuentran:

La Fiscalización.

Hay diversos conceptos para supervisar una edificación, pero partiendo del significado de la palabra supervisión es una palabra compuesta que viene del latín “visus” que significa examinar un instrumento dándole el visto bueno; y del latín “super” que significa privilegio, ventaja o distinción, por lo que tiene como significado “examinar detalladamente para dar el visto bueno”.

Otro concepto de fiscalización es apuntalar y vigilar la coordinación de actividades de tal manera que se realicen de forma satisfactoria.

Por lo que podemos decir que la fiscalización de obra es dar el visto bueno después de examinar la edificación de acuerdo a las bases de licitación y normas de calidad que rigen en el país. Los objetivos que tiene la fiscalización es vigilar la duración, costos y la calidad que va tener la edificación.

Control de calidad:

Se puede definir el concepto de control de calidad como el conjunto sistemático de esfuerzos, principios, prácticas y tecnología de una organización de producción o industria para asegurar, mantener o superar la calidad del producto al menor costo posible. La intensidad del control de calidad depende del conocimiento que tengan las personas, principalmente los ejecutivos sobre su utilidad, las necesidades y magnitud de la obra de producción y de la disponibilidad de elementos y de organización que se tenga.

Cubicación:

Se entiende por CUBICACIÓN aquella actividad destinada a determinar las cantidades de las partes constituyentes de una obra de edificación y todas sus componentes.

Estas cantidades se obtienen en partidas tales como:

- Excavaciones
- Enfierraduras
- Hormigones
- Albañilerías

Planillaje:

La planilla de obra es aquella en la que constan los rubros contratados por la entidad para cada uno de los proyectos con su respectiva unidad, cantidad, fecha de elaboración, volúmenes y precios unitarios.

Control de presupuesto:

El control a los presupuestos tiene por objeto medir la eficiencia en el cumplimiento de metas, programas y políticas en la etapa de su ejecución. En la práctica, éste control consiste en un análisis comparativo de las cifras realmente ejecutadas contra las contempladas en los diferentes presupuestos, sobre la base de los informes de desempeño que deben ser

efectuados en determinados periodos o cuando los niveles de decisión lo consideren necesario.

Ese control generalmente se efectúa a cuatro (4) niveles de acuerdo con su grado de responsabilidad; ellos son:

1. Nivel de gerencia
2. Nivel de departamento
3. Nivel de producto.
4. Nivel de Presupuesto. Algunos presupuestos pueden no cumplirse cabalmente en el momento de su ejecución, por decisión o negligencia de la gerencia.

Control de obras:

Comprende el determinar parámetros comparativos entre lo que estaba planeado y lo que está sucediendo en el campo. Esta evaluación facilitará la corrección de posibles desviaciones y la optimización de recursos.

Ensayo de materiales:

Con el ensayo de los materiales deben determinarse los valores de resistencia, verificarse las propiedades y establecerse el comportamiento de aquellos bajo la acción de las influencias externas. El factor económico juega un rol de importancia en el campo de la fabricación en general, imponiendo un perfecto conocimiento de los materiales a utilizar, de manera de seleccionarlos para cada fin y poder hacerlos trabajar en el límite de sus posibilidades, cumpliendo con las exigencias de menor peso, mejor calidad y mayor rendimiento. En los ensayos físicos se determinan generalmente la forma y dimensiones de los cuerpos, su peso específico y densidad, contenido de humedad, etc., y en los ensayos mecánicos la resistencia, elasticidad y plasticidad, ductilidad, tenacidad y fragilidad, etc.

Planificación:

En la planificación y programación de la ejecución de una obra, se trata de definir el calendario de ejecución de un conjunto de actividades. Al hacerlo es lógico que pensemos en primer lugar en todas aquellas actividades de obra productivas, que afectan directamente a la empresa responsable de la ejecución, es decir el constructor. No obstante el constructor no actúa solo. Sus actividades condicionan, y a la vez son condicionadas por las actividades de otros agentes que intervienen en el proceso: el promotor, equipo redactor del proyecto, equipo de dirección de las obras, subcontratista e industriales, proveedores de materiales y elementos, la administración, compañías de servicio, etc.

Contratación:

Es el contrato que consiste en la obligación que contrae el contratista de hacer una obra determinada, y el contratante, de pagarle la correspondiente retribución

Ejecución:

En los últimos años se ha visto la necesidad de reducir los costos, trabajos innecesarios y la necesidad de una interacción entre las fases de concepción del proyecto y la ejecución de obras, como medio para lograr mayor competitividad; consecuencia de ello es que muchas empresas constructoras han integrado sus áreas de gestión-proyectos-obras.

La producción, tiene como una de sus funciones permitir la traducción de las especificaciones técnicas del producto en procedimientos y secuencias de producción, minimizando la ejecución inadecuada o incompleta de esas especificaciones. Los proyectos de producción, cuyo objetivo principal es el de integrar el proyecto y la obra, presentan soluciones adecuadas para mejorar los procesos de ejecución de una determinada actividad constructiva.

La manera tradicional de proyectar una obra es, que una etapa del proceso continúa al término de otra y así sucesivamente originando una secuencia de actividades y una falta de integración y retroalimentación de dicho proceso. El gran fracaso de ésta manera de proyectar es la falta de comunicación y coordinación de las actividades

Las normas reflejan la realidad del país y en las mismas se tiene en cuenta que Ecuador está localizado en una zona denominada como de alto riesgo sísmico, por lo que se llevó a cabo un proceso de actualización de la Normativa Técnica referida a la Seguridad Estructural de las Edificaciones. Esta labor tuvo como objetivo fundamental establecer nuevas normas de construcción basadas en los progresos tecnológicos que se han ido desarrollando en Ecuador y el resto del mundo en los últimos años.

Al respecto la Norma Ecuatoriana de la Construcción. Estructuras de Acero (2015) establece que:

Las Disposiciones Sísmicas para Edificios de Acero Estructural, llamadas de aquí en adelante como Disposiciones, gobernarán el diseño, la fabricación y el montaje de los elementos de acero estructural y conexiones de los Sistemas Resistentes a Cargas Sísmicas (SRCS), empalmes y bases de columnas que no son parte del SRCS, en edificios y en otras estructuras diseñadas, fabricadas y montadas de una manera similar a los edificios con elementos resistentes a carga lateral y vertical. (pág. 18)

Con estas nuevas normativas se procura dar una solución a las peticiones sociales realizadas acerca de la mejora y seguridad de las edificaciones, a su vez esta es una forma de cuidar y preservar la vida de los ciudadanos y brindar a la población un desarrollo urbano sostenible. A raíz del terremoto ocurrido en abril 16 del presente año quedó debidamente probado mediante inspecciones técnicas que las edificaciones afectadas no cumplían con los requisitos establecidos, lo que motiva ejercer una mayor exigencia en el cumplimiento de las normativas

En cuanto a la ejecución de las viviendas objeto de investigación las mismas se ejecutan a través del empernado en este caso la Norma Ecuatoriana de la Construcción. Estructuras de Acero (2015) exigen específicamente que

Para el personal que ejecuta tareas de inspección de empernado, no existe norma para supervisar el empernado, tal como sí existe para las tareas de soldadura. Sin embargo, las empresas que realizan el Plan de Garantía de Calidad (PGC) deberán tener un protocolo escrito para determinar la idoneidad de la calificación del personal a cargo de estas tareas de inspección. De forma similar, los procedimientos internos del programa de Control de Calidad (PCC) del contratista deberán contener los criterios para calificación de su personal a cargo de estas tareas. (pág. 39)

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION.

3.1. Métodos de investigación.

Los métodos de investigación que serán utilizados en el proyecto son:

3.1.1 Método inductivo-deductivo.

Mediante este método se apreciarán las diferentes actividades que ejecutan los ingenieros vinculados a la proyección de viviendas como: la realización de diseños y cálculos de estructura de los diferentes elementos que conforma este tipo de edificación, basadas en estructuras metálicas.

Al poder observar y catalogar los hechos se podrán precisar las pautas principales para el perfeccionamiento de la metodología actual, utilizando referencias de casos anteriores o similares comprobados y del uso de técnicas de investigación que harán posible el análisis en forma específica de cada uno de los procesos que se realizan en este campo.

3.1.2. Método analítico sintético.

Este método permite comprobar las dimensiones de la problemática en cuestión, sobre la proyección de viviendas modulares, en su caso muy específico de estructura de metal, en relación a sus ventajas y desventajas, elementos que serán analizados de manera detallada para consolidar la información procesada y formular un criterio válido que conlleve al mejoramiento de las técnicas existentes.

3.1.3 Método de inducción completa:

A través de este método, se estudian los elementos que conforman la investigación haciendo posible sacar una conclusión definitiva. Es decir, mediante el estudio de la información recopilada acerca de las viviendas

prefabricadas con estructura de metal, se demostrará la factibilidad de estas edificaciones con respecto a las construidas mediante el las técnicas constructivas tradicionales basadas en el hormigón armado.

La observación.

Es en esta técnica, en la que más se fundamenta el investigador para conseguir información de los procesos. Radica en observar con atención los hechos que le servirán de base para llevar a cabo la investigación y el diseño.

Existen dos tipos de observación: la científica y la no científica

Mediante esta técnica se observará científicamente realizándose una preparación previa para poder observar como es la secuencia y ejecución de las técnicas constructivas: en el sistema tradicional y en estructura metálica en ambos casos se analizará: la forma y tiempos de ejecución, secuencia, colocación, los medios y normas de protección que se utilizan en cada tipo de sistema constructivo, lo que permitirá hacer una valoración para contar con los elementos necesarios para la posterior elaboración del cronograma de ejecución del diseño propuesto. Todos estos elementos se analizarán y se guardará dicha información y posteriormente se comenzará con su estudio.

En cuanto a los materiales que conforman la estructura de aceros, se observarán las características de los aceros laminados, preparación de los elementos en los talleres, la conformación de estos, corte, taladrado y punzonado, uniones y la protección que se aplica contra la corrosión

La observación, no científica, es la que se realiza sin un objetivo definido y sin haberse preparado previamente para ello. Ambas se diferencian en la intención con que se realizan.

Método comparativo.

El método comparativo o de contrastación, consiste en situar dos o más fenómenos, uno al lado del otro, para determinar sus similitudes y diferencias y de esto obtener conclusiones que precisen un problema o que constituyan caminos futuros para mejorar el conocimiento sobre el tema.

En este caso se realizará una comparación entre el sistema de construcción tradicional, basado en estructuras de hormigón armado y de acero apunzado. De esta forma podremos definir cuál de los dos es más factible y ventajoso, además de que tendremos en cuenta los costos y el tiempo que se emplea para su montaje.

Técnicas de investigación documental.

Estas son una variante de la investigación científica y tiene como objetivo central el estudio de diversos procesos de orden histórico, sociológicos, entre otros. Emplea técnicas precisas de la documentación existente, que de forma directa o indirecta, hacen una contribución a la información ya existente.

La investigación documental se define como un fragmento básico del proceso de investigación científica y auxilia con la estrategia de la observación y reflexión sistemática a cerca de las teorías que se han propuesto sobre el tema.

3.3.4 Técnicas de investigación de campo.

La investigación de campo se muestra a través del manejo de una variable externa no comprobada, en condiciones controladas de forma rigurosa. Tiene como objetivo describir el modo o las causas por las que se origina un acontecimiento o situación específica. Es conocida también como investigación "in situ", es decir en el lugar, pues se realiza en el sitio donde está ubicado el objeto de estudio.

En el caso de la investigación se procederá a aplicar esta técnica, a los efectos de conocer en qué ambiente se realizará la implantación del objeto de estudio para poder valorar los elementos como: el tratamiento anticorrosivo a aplicar a este tipo de estructura metálica y el estudio de suelo.

En el caso del suelo, se debe tener en cuenta mediante esta técnica de investigación el tipo de suelo, sus características, sus propiedades físico-químicas, la resistencia a compresión del estrato, es decir la capacidad que posee de resistir las cargas.

Se debe analizar como técnica de investigación de campo la trilogía existente entre estructura, cimentación y suelo, resultando de gran importancia en el caso nuestro tener en cuenta que: al ser este sistema tipo esqueleto donde las cargas llegan al suelo de forma concentrada a través de las columnas se debe usar lo más racionalmente una cimentación aislada, definiendo la estructura el tipo de cimentación que se utilizará.

3.2. Recursos, fuentes, cronogramas y presupuesto para la recolección de datos.

3.2.1. Fuentes primarias.

Las fuentes primarias o directas son las informaciones adquiridas “de primera mano”, es decir, las que consigue el propio investigador, en resumen se refiere a la búsqueda bibliográfica, como por ejemplo:

- Documentos originales.
- Artículos científicos.
- Libros.
- Tesis.
- Artículos de revistas especializadas originales y no interpretados.
- Noticias.
- Arte Visual.

3.2.2. Fuentes secundarias.

Las fuentes secundarias son las que han analizado e interpretado las fuentes primarias, es decir información procesada. Como por ejemplo:

- Libros de texto.
- Artículos de revistas.
- Resúmenes
- Crítica literaria y comentarios.
- Enciclopedias.
- Compilaciones.
- Biografías.
- Listado de referencias.

1. Presupuesto para la recolección de datos.

A continuación se desglosa los gastos a incurrir en el proceso investigativo:

Tabla 3: Presupuesto

Conceptos:	USD:	USD total:
Gastos para recabar información sobre las técnicas de construcción:		80
Suministros y materiales	20	
Alimentación	25	
Movilización	15	
Servicios Básicos	20	
Gastos para el estudio y diseño de la estructura metálica de acero apernado.		95
Suministros y materiales	30	
Alimentación	25	
Movilización	15	
Servicios Básicos	25	
Total de Gastos Incurridos		175

Elaborado por: el autor

3.3. Tratamiento a la información – procesamiento y análisis.

Las investigaciones, normalmente, comienzan con el tratamiento de los datos secundarios, indagando en las fuentes internas y externas. La compilación de dichos datos deber ser estructurada y organizada, con el objetivo de obtener la calidad máxima de la información y que de esta manera podamos tomar las decisiones correctas.

Este plan para agrupar la información primaria debe estar supervisado por expertos en el tema, que a su vez, serán los encargados de aprobar su diseño y de analizar e interpretar los resultados, de la forma más cuidadosa y correcta.

Para el procesamiento y análisis de la información recolectada se llevará a cabo el siguiente plan de procesamiento de la información:

- Recopilación y síntesis de la información.
- En la parte práctica del tema se trabajará en el diseño y cálculo de la estructura, cronograma de ejecución y presupuesto de obra.
- Se presentarán los resultados obtenidos de la aplicación del programa de cálculo SAP 2000, el cronograma de ejecución basado en el Microsoft Project aplicados al diseño objeto de investigación.
- Se presentará el diseño de estructura de acero apertada para vivienda tipo modular.
- Se emitirán conclusiones y recomendaciones con el fin de poder demostrar la factibilidad de estas viviendas en cuanto a tiempo de ejecución y costos y recomendar se generalice la utilización de este sistema constructivo en el país.

3.4. **Presentación de Resultados.**

Como resultado de la aplicación de las técnicas e instrumentos citados en los numerales anteriores, se tiene lo siguiente:

Según los métodos, técnicas e instrumentos utilizados anteriormente podemos afirmar que las construcciones de viviendas modulares con estructura de acero son factibles en cuanto a costos y reducción de tiempos de obra.

Podemos afirmar que en estas construcciones la mano de obra utilizada es menor, tomando en cuenta el sistema de construcción tradicional. Por otra parte, esta mano de obra debe ser especializada lo que conlleva a una mayor rapidez en el ensamblaje.

La factibilidad de las construcciones con estructura de acero se debe a la facilidad de diseño, gracias a las piezas de ensamblaje prefabricadas donde la efectividad aumenta y esto es directamente proporcional a los cálculos de construcción, que se pueden realizar con mayor exactitud.

Los beneficios resultantes de estas cimentaciones de acero apernado se deben, como ya ha sido expuesto, a tiempos y costos reducidos, sin embargo explicando detalladamente nos referimos a tiempos cuando se habla de suplir la necesidad de viviendas a una demanda poblacional y no de una demanda de lujos, rápida edificación, diseños variados, adaptabilidad a terrenos de difícil modificación y sobre todo un reducido costo empleando una fuerza de trabajo menor.

Los resultados obtenidos, gracias a la investigación documental, son evidentes, estas construcciones son la respuesta real y moderna a los problemas demográficos y de viviendas que enfrenta nuestro país y el mundo.

CAPITULO IV

LA PROPUESTA.

4.1. Título de la Propuesta.

La propuesta que quedará plasmada en el presente capítulo se titula:

Diseño de estructura de acero apernada para vivienda tipo modular, y su incidencia en la reducción de tiempos y costos.

4.2. Justificación de la Propuesta.

La propuesta que se presentará en el trabajo de investigación está basado en un análisis y estudio realizado a los dos sistemas constructivos: el tradicional de hormigón armado pues como ya se ha valorado anteriormente el mismo se ejecuta en un mayor tiempo y mediante una cimentación muy pesada, resultando costoso y el sistema de sistema de estructuras de acero apernada basado en soldadura de uniones en el lugar de implantación de la obra resultando más económica desde el punto de vista del tiempo y de presupuesto.

Dicha propuesta resulta de gran importancia teniendo en cuenta que para el futuro pueden tener altos índices de uso por la población ecuatoriana teniendo en cuenta sus beneficios los que quedaran demostrados en el trabajo.

4.3. Objetivo general de la Propuesta.

El objetivo de la propuesta va encaminado a diseñar un sistema constructivo de vivienda tipo modular basado totalmente en el ensamblaje apernado a fin de ser una alternativa económica e innovadora. Este objetivo quedará ejecutado en el presente capítulo del trabajo.

4.3.1. Objetivos específicos de la Propuesta.

Los objetivos específicos de la propuesta se cumplirán en el presente trabajo, ya que se procedió al diseño de una vivienda la que obra en los anexos de la investigación, realizada en el sistema constructivo de estructura de acero apernado.

Para demostrar que el mismo tiene un costo inferior a las que se realizan en hormigón armado, se procedió a elaborar los presupuestos de la vivienda que consta en el diseño tanto en el sistema constructivo tradicional como en el de estructuras de acero, el que se muestra a continuación:

Tabla 4 Presupuesto de obra gris del sistema constructivo tradicional

PRESUPUESTO DE OBRA GRIS SISTEMA CONSTRUCTIVO TRADICIONAL					
	RUBROS	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
ESTRUCTURA	Elaboracion y colocacion de acero en columnas nivel 0,00	KG	1,75	284,70	498,23
	Encofrado de columnas	M2	21,30	21,60	460,08
	Hormigon en columnas nivel 0,00	M3	140,00	1,62	226,80
	Desencofre de columnas	M2	6,30	21,60	136,08
	Encofrado de losa nivel 2,95	M2	18,60	37,21	692,11
	Elaboracion y colocacion de acero y malla en losa nivel 2,95	KG	1,75	729,31	1276,29
	Hormigon en losa nivel 2,95	M3	155,00	4,46	691,30
	Elaboracion y colocacion de acero en columnas nivel 2.95	KG	1,75	284,70	498,23
	Encofrado de columnas nivel 2,95	M2	18,60	21,60	401,76
	Hormigon en columnas nivel 2.95	M3	155,00	1,62	251,10
	Desencofre de columnas	M2	6,30	21,60	136,08
	Encofrado de losa nivel 6,00	M2	18,60	48,28	898,01
	Elaboracion y colocacion de acero y malla en losa nivel 6,00	KG	1,75	946,28	1655,99
	Hormigon en losa nivel 6.00	M3	155,00	5,79	897,45
	Desencofre de losa nivel 2,95	M2	6,30	37,21	234,42
	Desencofre de losa nivel 6,00	M2	6,30	48,28	304,16
					VALOR NETO

Elaborado por el autor

Tabla 5 Presupuesto de obra gris en el sistema constructivo de estructura metálica.

PRESUPUESTO DE OBRA GRIS SISTEMA CONSTRUCTIVO ESTRUCTURA METALICA					
	RUBROS	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
ESTRUCTURA	Elaboracion y colocacion de columnas	KG	2,15	1895,00	4074,25
	Elaboracion y colocacion de vigas y vigetas principales nivel 2,95	KG	2,15	1195,30	2569,90
	Colocacion de Stell Deck	M2	4,50	37,21	167,45
	Elaboracion y colocacion de estructura de cubierta	KG	2,40	389,25	934,20
	Elaboracion y colocacion de cubierta	M2	4,50	48,28	217,26
	Colocacion de malla electrosoldada nivel 2,95	M2	5,25	37,21	195,35
	Hormigon en losa nivel 2,95	M3	140,00	2,60	364,00
				VALOR NETO	8.522,40

Elaborado por el autor

Este objetivo deja claramente demostrado la diferencia en costos económicos de un sistema a otro en cuanto a la obra gris, representando el sistema constructivo con estructuras de acero apernado una ventaja importante sobre el sistema tradicional, elemento a tener en cuenta en los procesos constructivos.

Otro objetivo está encaminado en diseñar un sistema con estructura de acero apernado para una vivienda que permita el montaje modular apernado a fin de reducir su tiempo de ejecución.

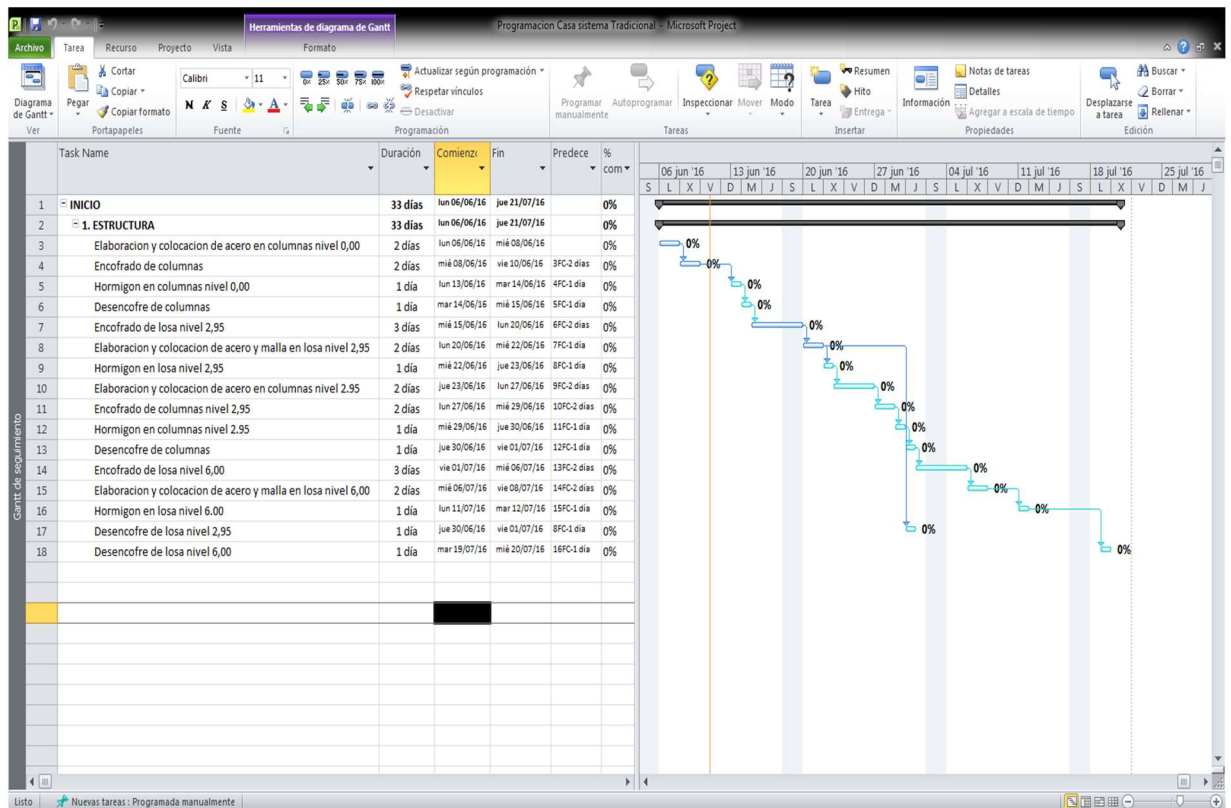
El mismo se ha trabajado y ha quedado demostrado a través de dos cronogramas de ejecución de obra realizada en base al diseño que se ilustra

en anexos y dicho análisis se realizó para cada uno de los sistemas constructivos, los mismos se detallan a continuación:

Para realizar el siguiente análisis comparativo en tiempo de ejecución entre un sistema tradicional y un sistema de estructuras metálicas, los mismos se realizaron utilizando el sistema Microsoft Project.

Se calcularon los volúmenes y cantidades de trabajo de cada uno de los sistemas constructivos y se procedió a introducir toda esa información al Project y obteniendo los siguientes resultados:

Figura 1 Cronograma de ejecución sistema tradicional de hormigón armado.

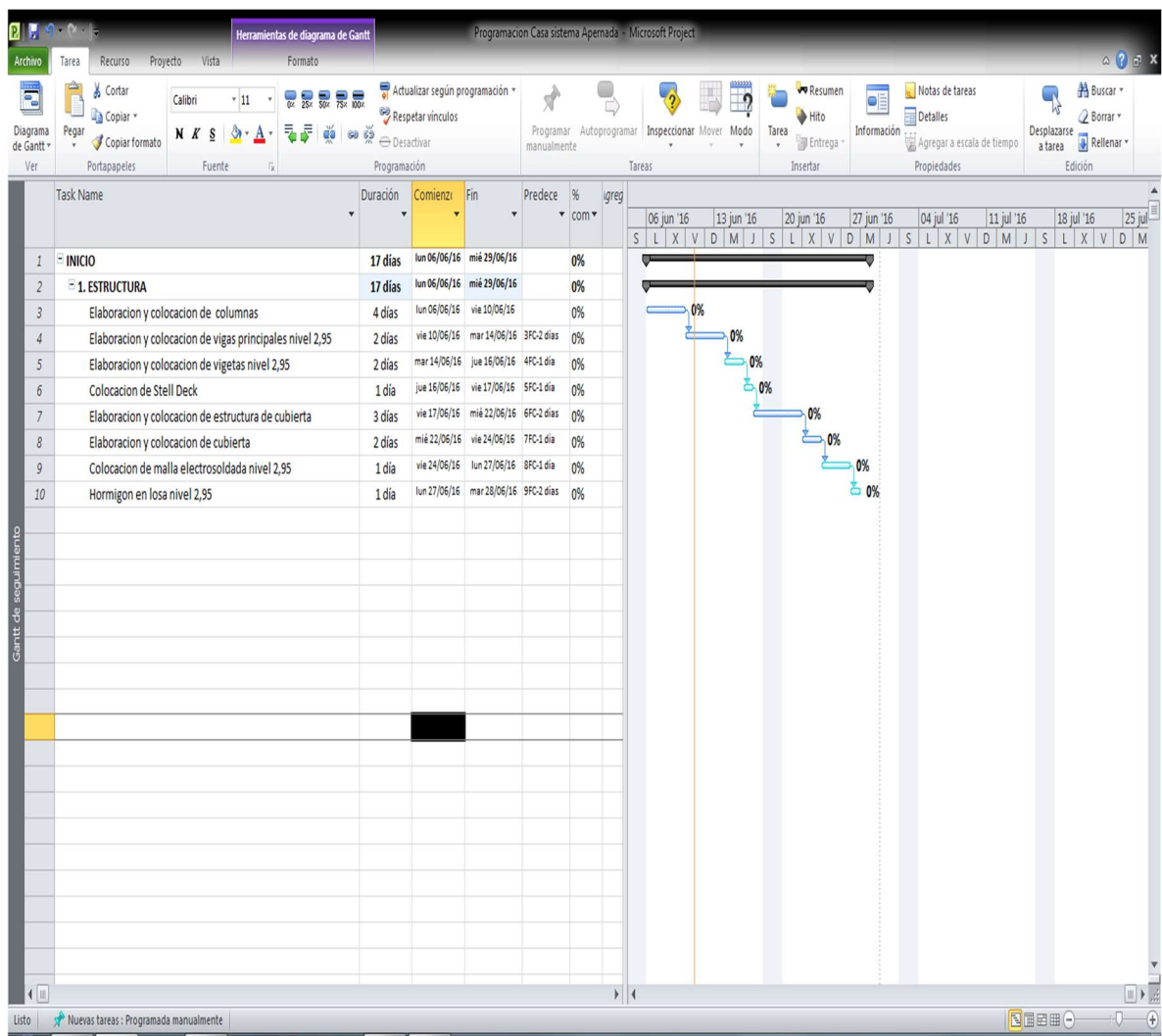


Elaborado por el autor

Analizando los resultados del Project para el sistema constructivo tradicional se concluye que el tiempo estimado de ejecución de 33 días.

Cronograma de ejecución sistema constructivo de estructuras de acero.

Figura 2 Cronograma de ejecución sistema constructivo de estructuras de acero.



Elaborado por el autor.

Analizando los resultados del Project para el sistema constructivo de estructuras metálicas tiene como resultado un tiempo estimado de ejecución de 17 días.

Por tanto podemos concluir que el sistema constructivo de estructuras metálicas se puede ejecutar en un 48,5 por ciento más rápido que el sistema tradicional ahorrando 16 días de ejecución lo que conlleva a una disminución de los costos de mano de obra y gastos indirectos

4.4. Hipótesis de la Propuesta.

La hipótesis de la propuesta está planteada como: La creación de un diseño estructural constructivo apertado de vivienda que a más de darle rapidez, ayudaría a reducir su costo final.

4.5. Listado de contenidos y Flujo de la Propuesta.

Para la iniciación de la investigación se tendrán en cuenta los siguientes elementos:

- Características del sistema constructivo.
- Características de la vivienda que se va a diseñar.
- Elaboración del diseño de la vivienda que se encuentra ilustrada en anexos.
- Análisis de las láminas que se muestran en anexos para sobre esta base proceder a la elaboración del presupuesto de obra gris que muestre los gastos en que se incurre en los dos sistemas constructivos.
- Análisis de las láminas que se muestran en anexos para sobre esta base proceder a la elaboración del cronograma de ejecución de obra gris que muestre el tiempo de ejecución en que se incurre en los dos sistemas constructivos.

- Análisis de las láminas que se muestran en anexos para sobre esa base realizar el cálculo estructural que se detalla en el desarrollo de la propuesta.

4.5.1. Listado de Contenidos.

1. Análisis del sistema constructivo.

Ingresar toda la información concerniente al sistema constructivo de estructuras metálicas de acero apernado lo que permitirá contar con los elementos necesarios para ejecutar la construcción.

2. Programas.

Análisis de los programas de cálculo y diseño que se aplicarán en el proyecto ejecutivo de construcción de una vivienda modular en estructuras metálicas de acero apernada.

3. Diseño.

Elaboración y creación tomando como base los elementos anteriores del proyecto de la vivienda modular de acero apernada.

4. Cálculo estructural.

Elaboración del cálculo estructural con el fin de diseñar la estructura de la vivienda.

5. Elaboración del Presupuesto.

En base al diseño y el cálculo de los volúmenes de obra por actividades se procede a la elaboración del presupuesto de obra para conocer los costos de la misma.

6. Elaboración del cronograma de ejecución de obra.

Tomando en cuenta los elementos anteriores se procede a elaborar el cronograma de ejecución de obra con el fin de

precisar por rubros cual es su tiempo de ejecución hasta totalizar el tiempo de ejecución de la obra.

7. Conformación y elaboración de las estructuras.

Con el diseño y cálculo se procede en el taller a la elaboración y conformación de las estructuras de acero que conformaran la vivienda modular.

8. Transporte de las estructuras hasta la obra y su almacenamiento.

El transporte y almacenamiento de todos los materiales son responsabilidad de la empresa constructora o sea del contratista en obra y ambos pasos se realizarán de tal forma que no sufran alteraciones que ocasionen deficiencias en la calidad de la obra

9. Montaje y ejecución de la obra.

Con el diseño, cálculos estructurales, presupuesto, cronograma de ejecución y las estructuras elaboradas se procede mediante el ensamblaje a realizar el montaje y ejecución de la obra por la empresa constructora hasta su culminación

4.5.2. Flujo de la propuesta

El flujo de la propuesta que se presentará para que se ejecute en la práctica, además de contar con todos los elementos detallados en el contenido se basará ya in situ en:

Como se planteó anteriormente al concluir los trabajos de taller se tendrá que realizar la carga, transporte y descarga del material en obra, y en ella se tendrá en cuenta que durante la erección y montaje, se deben tomar todas las medidas pertinentes y necesarias para que las estructuras no sufran

deformaciones, ni esfuerzos excesivos. Estas actividades deben efectuarse con un equipo apropiado para ello, que garantice la mayor seguridad posible tanto para las piezas como para las personas que intervienen en el montaje y ejecución. Si alguna de las piezas sufre algún maltrato o se deforman, se enderezaran o serán sustituidas, según el caso.

Se utilizarán los equipos de montaje necesarios para ejecutar los trabajos.

Se analizarán y fijaran los anclajes, ya que antes de iniciar el montaje de la estructura se revisará la posición de las anclas, que deben ser colocadas previamente y en caso de que haya discrepancias, en cuanto a las láminas de planta o elevación, sobre las posiciones mostradas en planos, se tomarán las precauciones necesarias para corregirlas o compensarlas.

Se fijaran las conexiones provisionales pues durante el proceso de montaje, los elementos que forman la estructura metálica deben sostenerse de manera individual o ligarse entre sí por medio de tornillos, pernos o soldaduras provisionales que proporcionen la resistencia requerida, bajo la acción de cargas muertas, esfuerzos de montaje, viento o sismo, así mismo la columna ancla que nos es más que el perno anclado en cimentación deben tomarse en consideración que los efectos de cargas producidas por materiales y equipos de montaje.

Para el montaje debe tenerse en cuenta que todos los tipos de sujetadores necesitan tener holguras lo que da lugar a la correcta instalación, este elemento es válido desde el taller hasta el lugar de la obra en este último sitio se requiere realizar una planeación cuidadosa, ya que las conexiones solo se realizan posterior a que todos los miembros que van a ser conectados estén alineados ya en su posición final.

Todo ello facilita que se realice el montaje sin interferencia con todos los miembros previamente montados, permite el ingreso de los pernos al entrar a los orificios barrenados y esto facilita y permite el apriete de los pernos con las herramientas necesarias ya sean manuales o semiautomáticas.

La secuencia de montaje se realiza a partir de una planificación adecuada ya que previamente al montaje de la estructura metálica, estará ejecutada la cimentación correspondiente, con el tiempo mínimo de fraguado logrando que este alcance la resistencia mínima calculada en el proyecto y ya provista ésta de sus correspondientes elementos de unión con la estructura se comienza el montaje de la misma.

Para llevar a cabo las conexiones, conectando los elementos entre sí con pernos temporales de fijación o soldadura provisional cuidando que las piezas queden alineadas, la cantidad de pernos debe ser mínima, solo la suficiente para llevar la junta hasta su ajuste y soportar la acción de carga muerta, el viento y los esfuerzos de montaje.

Las conexiones permanentes se hacen tan pronto el alineamiento este dentro de los límites de tolerancia y a continuación se procede a la sujeción permanente de los pernos. Según se muestra en la siguiente ilustración

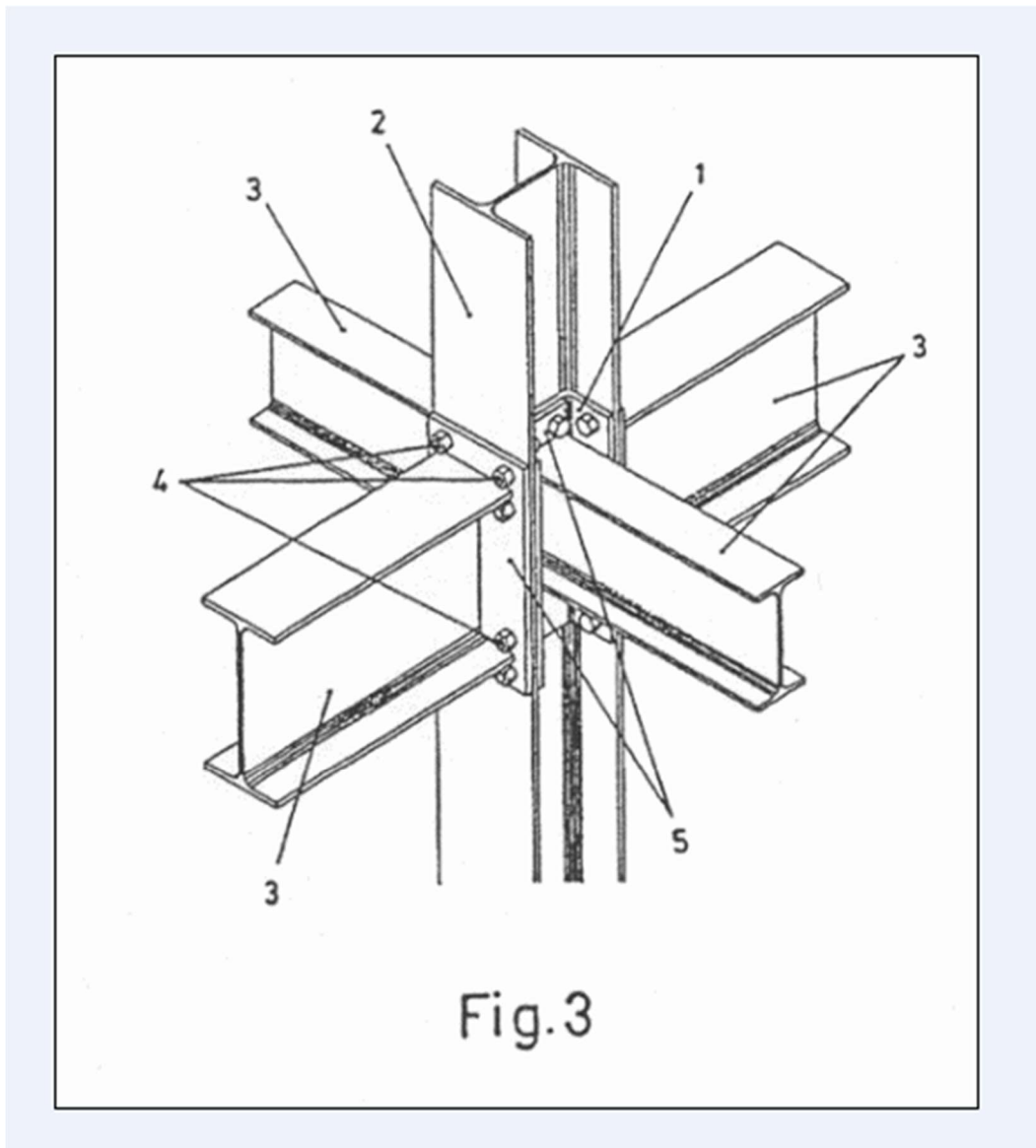


Ilustración 16 Detalle de fijación con pernos entre vigas y columnas

Fuente: (patentados.com, 2014)

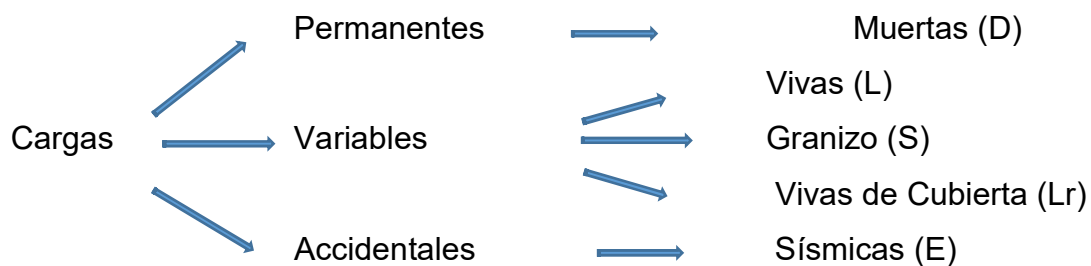
Con posterioridad a este proceso de montaje se procede a trabajar en los restantes elementos constructivos y de acabado de la obra. Según se ilustra a continuación.

4.6. Desarrollo de la Propuesta.

Para desarrollar la propuesta consistente en análisis y diseño de estructura de acero aperturada para vivienda tipo modular, y su incidencia en la reducción de tiempos y costos, se procedió de la siguiente manera:

4.6.1. Cálculo del sistema de cargas

Aplicando la Norma Ecuatoriana de Construcción de cargas se seleccionan las cargas a utilizar para analizar la estructura estas se clasifican en tres grupos,



Las cargas permanentes son el resultado de la suma del peso de todos los elementos que conforman la estructura como vigas, correas, tejas ,paneles stell deck, la losa de entrepiso y las dividiremos en cargas muertas de la cubierta y cargas muertas del entrepiso

Cálculo de cargas muertas de la cubierta. Ver láminas 7, 8 ,9 y 10

- **Tejas grecadas:**

Área de cubierta = 48.28 m²

Peso de las teja = 0.0072 tm/m²

Carga muerta tejas = 48.28 m² x 0.0072 tm/m²

Carga muerta tejas (CMT)= 0.347 tm

- **Correas tipo CF 80.3.0**

Longitud de correas = 36.6 m

Peso de correas = 0.0041 tm/m

Carga muerta de correas = 36.6m x 0.0041 tm/m

Carga muerta de correas (CMC) = 0.150 tm

- **Vigas cajón tipo 120.3**

Longitud de vigas = 17.97 m

Peso de vigas = 0.0089 tm/m

Carga muerta de vigas = 17.97 m x 0.0089 tm/m

Carga muerta de vigas (CMV)= 0.1599 tm

- **Carga muerta de cubierta = CMT+CMC+CMV**

$$= 0.347 \text{ tm} + 0.150 \text{ tm} + 0.1599 \text{ tm}$$

$$\mathbf{D} = 0.657 \text{ tm}$$

- **Cargas vivas de cubierta**

Para este cálculo utilizamos el peso que especifica la Norma Ecuatoriana de Construcción de 0,7 Kn/m².

Área de cubierta = 48.28 m²

Carga viva de cubierta (Lr) = 0,7 Kn/m² = 0.071 Tm/m²

$$= 48.28 \text{ m}^2 \times 0.071 \text{ Tm/m}^2$$

$$\mathbf{Lr} = 3.428 \text{ tm}$$

- **Carga de granizo**

Utilizamos el peso que especifica la Norma Ecuatoriana de Construcción de 0,5 Kn/m² para cubiertas menores de 15 %.

Área de cubierta = 48.28 m²

Carga de granizo (S) = 0,5 Kn/m² = 0.0509 Tm/m²

$$= 48.28 \text{ m}^2 \times 0.0509 \text{ Tm/m}^2$$

$$S = 2.461 \text{ tm}$$

Cargas muertas del entrepiso

- **Tejas de Steel Deck tipo DS50/95xx226**

$$\text{Área de entrepiso} = 37.21 \text{ m}^2$$

$$\text{Peso de teja} = 0.00729 \text{ tm/m}^2$$

$$\text{Carga muerta tejas} = 37.21 \text{ m}^2 \times 0.00729 \text{ tm/m}^2$$

$$\text{Carga muerta tejas (CMT)} = 0.271 \text{ tm}$$

- **Hormigón de 10 cm**

$$\text{Área de la losa} = 37.21 \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen de hormigón} = 2,64 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso del hormigón simple} = 2300 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Carga muerta del hormigón} = 2.64 \text{ m}^3 \times 2300 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Carga muerta del hormigón (CMH)} = 6072 \text{ kg} = 6.07 \text{ Tm}$$

- **Malla electro soldada de 150x150x5 tipo U-131**

$$\text{Área de la losa} = 37.21 \text{ m}^2$$

$$\text{Peso de la malla} = 2,06 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga muerta de la malla} = 37.21 \text{ m}^2 \times 2.06 \text{ kg /m}^2$$

$$\text{Carga muerta de la malla (CMM)} = 76.65 \text{ kg} = 0.0766 \text{ Tm}$$

- **Carga muerta del entrepiso** = CMT+CMH+CMM
= 0.271 tm + 6.07 tm + 0.0766 tm

$$D = 6.42 \text{ tm}$$

Cargas vivas del entrepiso

Utilizamos el peso que especifica la Norma Ecuatoriana de Construcción de 2,0 Kn/m² para viviendas unifamiliares.

Área de entrepiso = 37.21 m²

$$\begin{aligned}\text{Carga viva de entrepiso (L)} &= 2.0 \text{ Kn/m}^2 = 0.204 \text{ Tm/m}^2 \\ &= 37.21 \text{ m}^2 \times 0.204 \text{ Tm/m}^2 \\ L &= 7.59 \text{ tm}\end{aligned}$$

Teniendo el resultado del cálculo de las cargas las mismas se agrupan en dos combinaciones:

Combinación de carga 1: Carga muerta del entrepiso y carga viva de entrepiso.

Combinación de carga 2: Carga muerta de cubierta, carga viva de cubierta y carga de granizo.

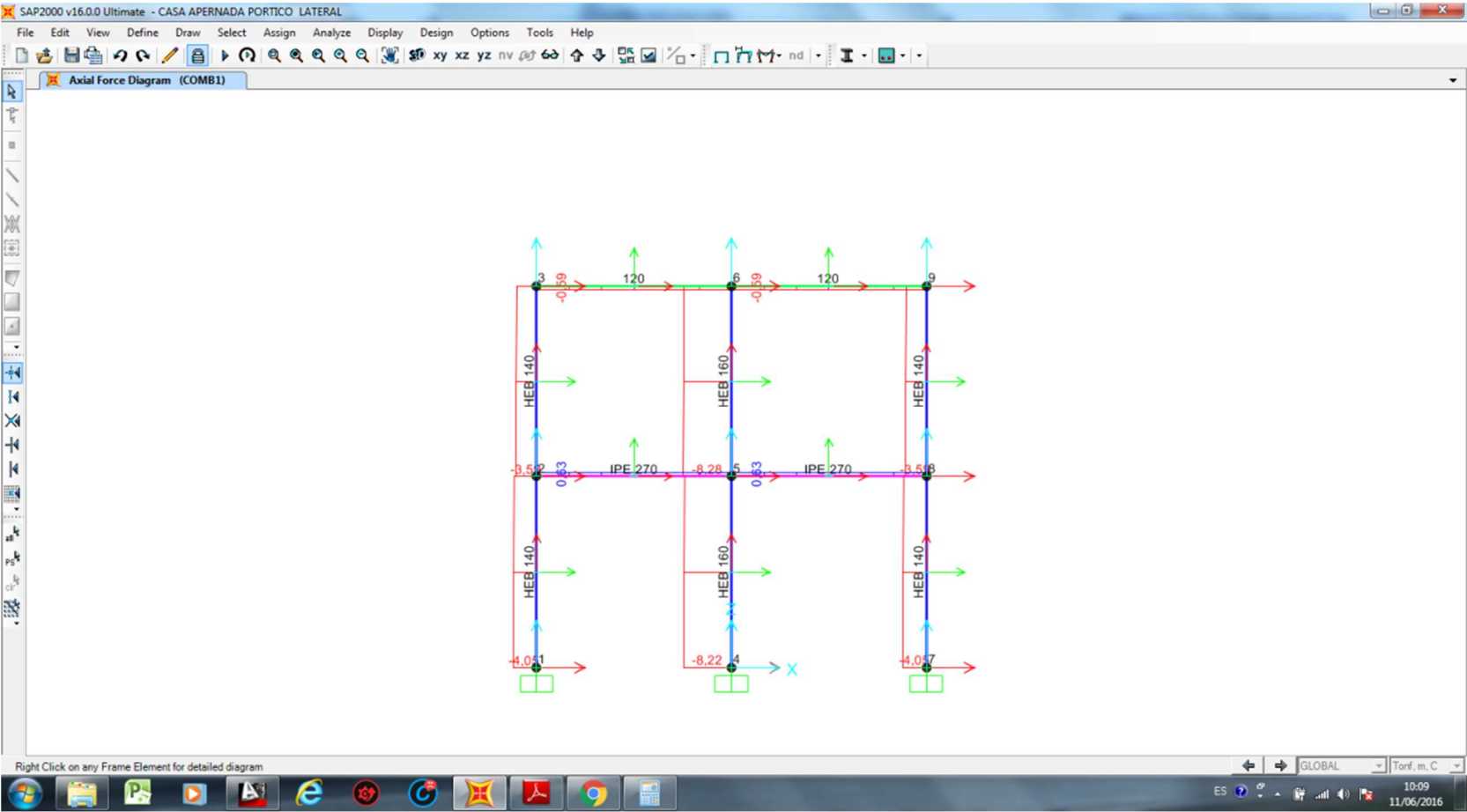
Resultados gráficos utilizando el programa de cálculo SAP 2000:

Para analizar la estructura diseñada se procede a dividir la estructura en dos pórticos teniendo en cuenta el porcentaje de las cargas que tributan a cada eje. Ver referencia en Lámina 4 que consta en anexos.

Pórtico ejes B 1, 2, 3 al cual tributan el 50 % de las cargas de la estructura

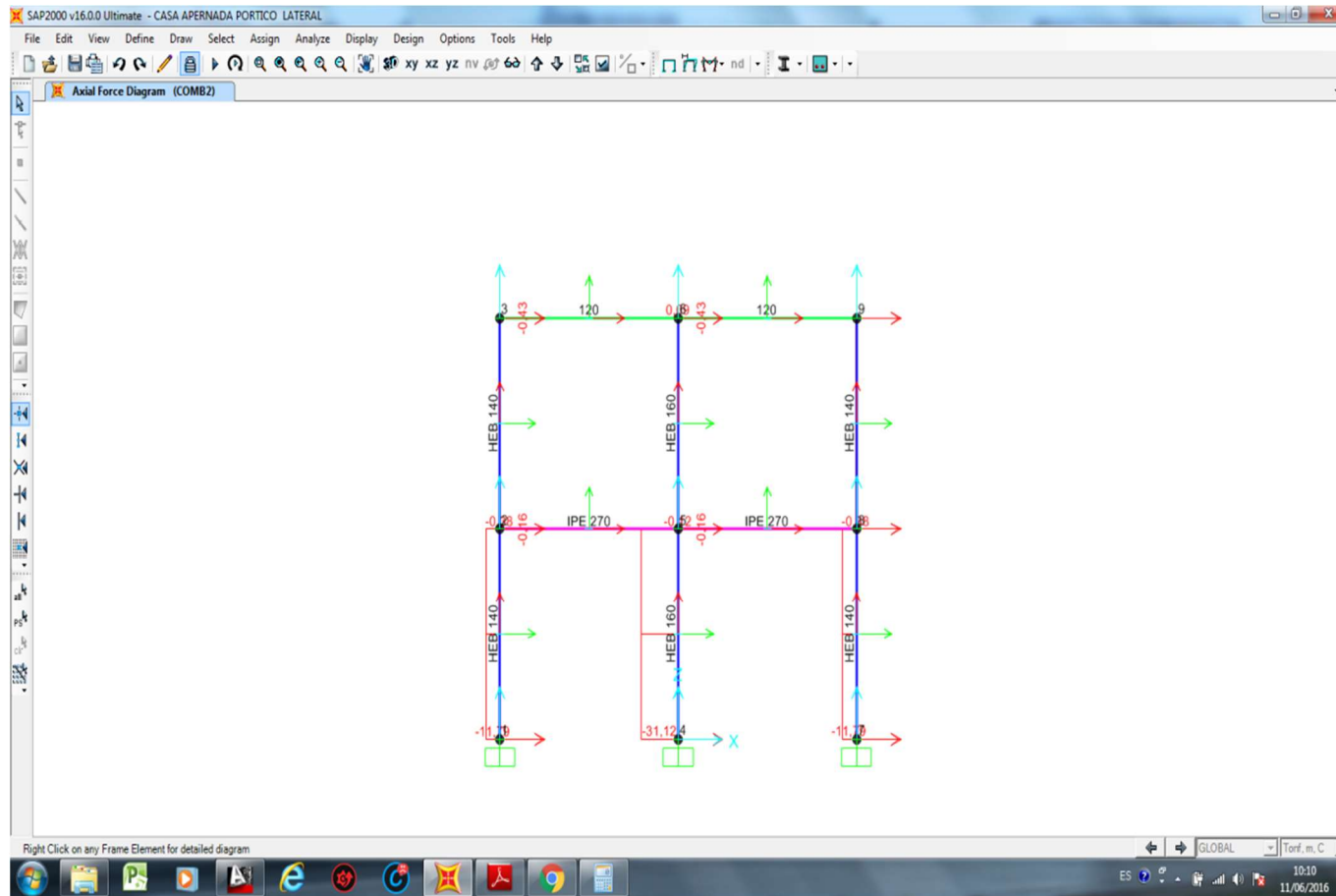
Pórtico ejes A y C 1, 2, 3 al cual tributan el 25 % de las cargas de la estructura.

Figura 3 Diagrama de fuerza axial con los valores para cada una de las secciones con la combinación de carga 1. Pórtico ejes B 1, 2, 3



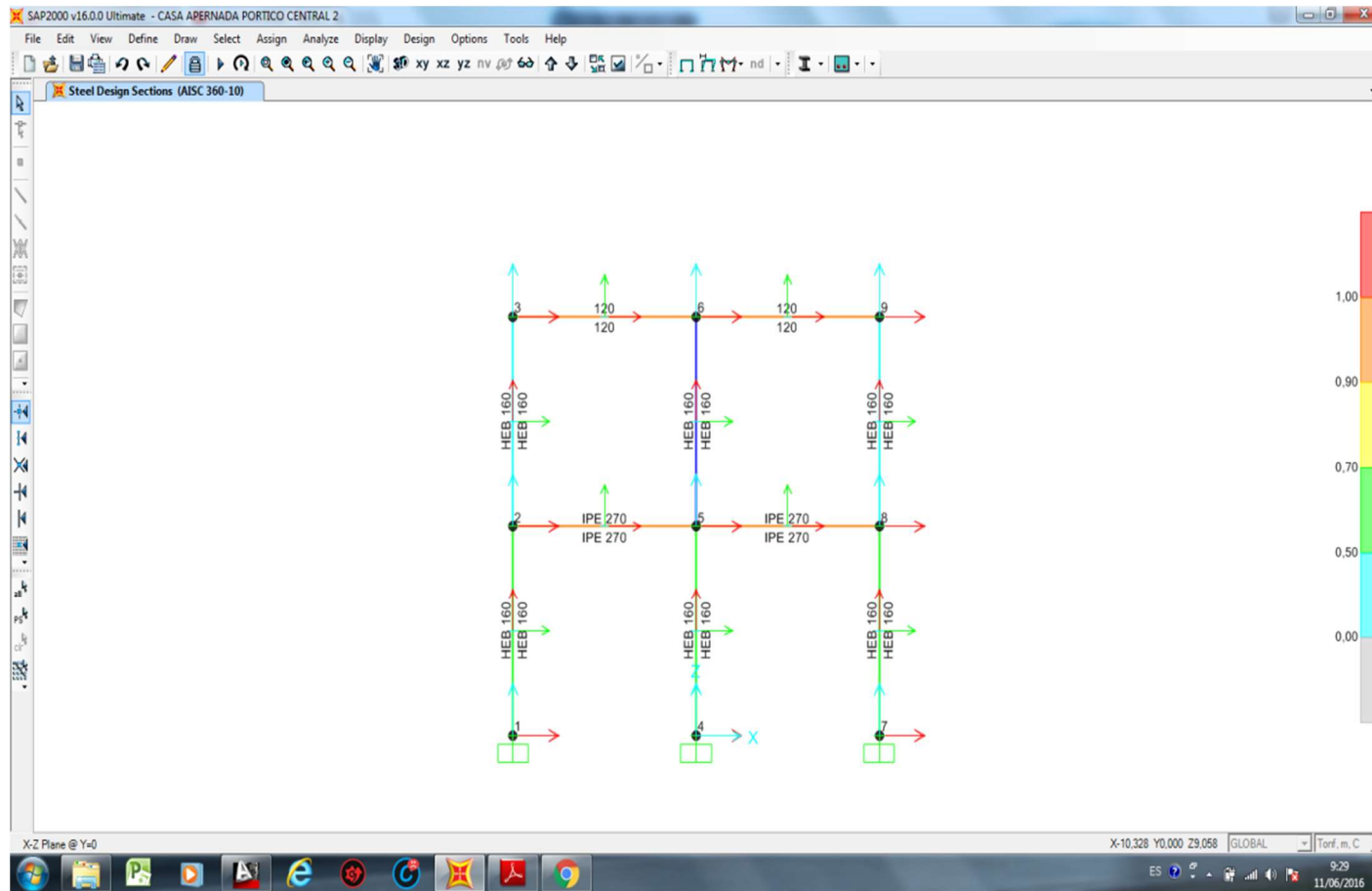
Elaborado por el autor.

Figura 4 Diagrama de fuerza axial con los valores para cada una de las secciones con la combinación de carga 2.



Elaborado por el autor

Figura 5 Por ciento de trabajo de las secciones



Elaborado por el autor

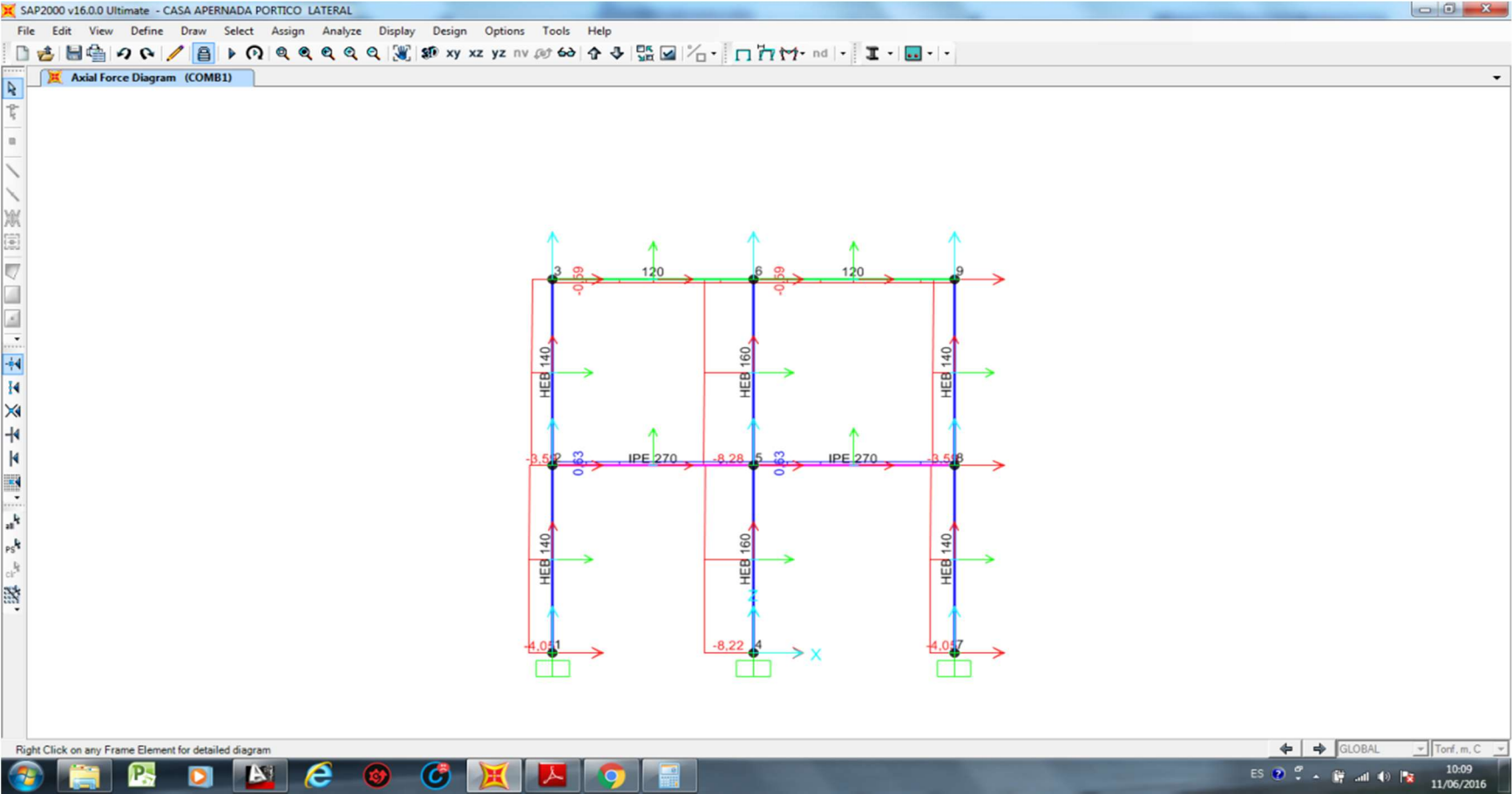
Interpretando los resultados del grafico se puede observar que todas las secciones de los perfiles cumplen ya que no trabajan al máximo de su capacidad de carga, se analizaran elementos por elementos.

Las columnas de planta baja HEB160 trabajan entre un 50 y 70 por ciento de su capacidad de carga, en el segundo nivel disminuye la capacidad de carga de las columnas entre el 0 y el 50 por ciento, al ser perfiles metálicos se decide mantener una sección uniforme en toda la columna ya que trabajaran como un solo elemento estructural sin ningún tipo de articulación.

Las vigas IPE 270 y Cajón de 120 se encuentran entre el 70 y 90 por ciento de su capacidad de carga por tanto también cumplen para soportar la carga de la estructura

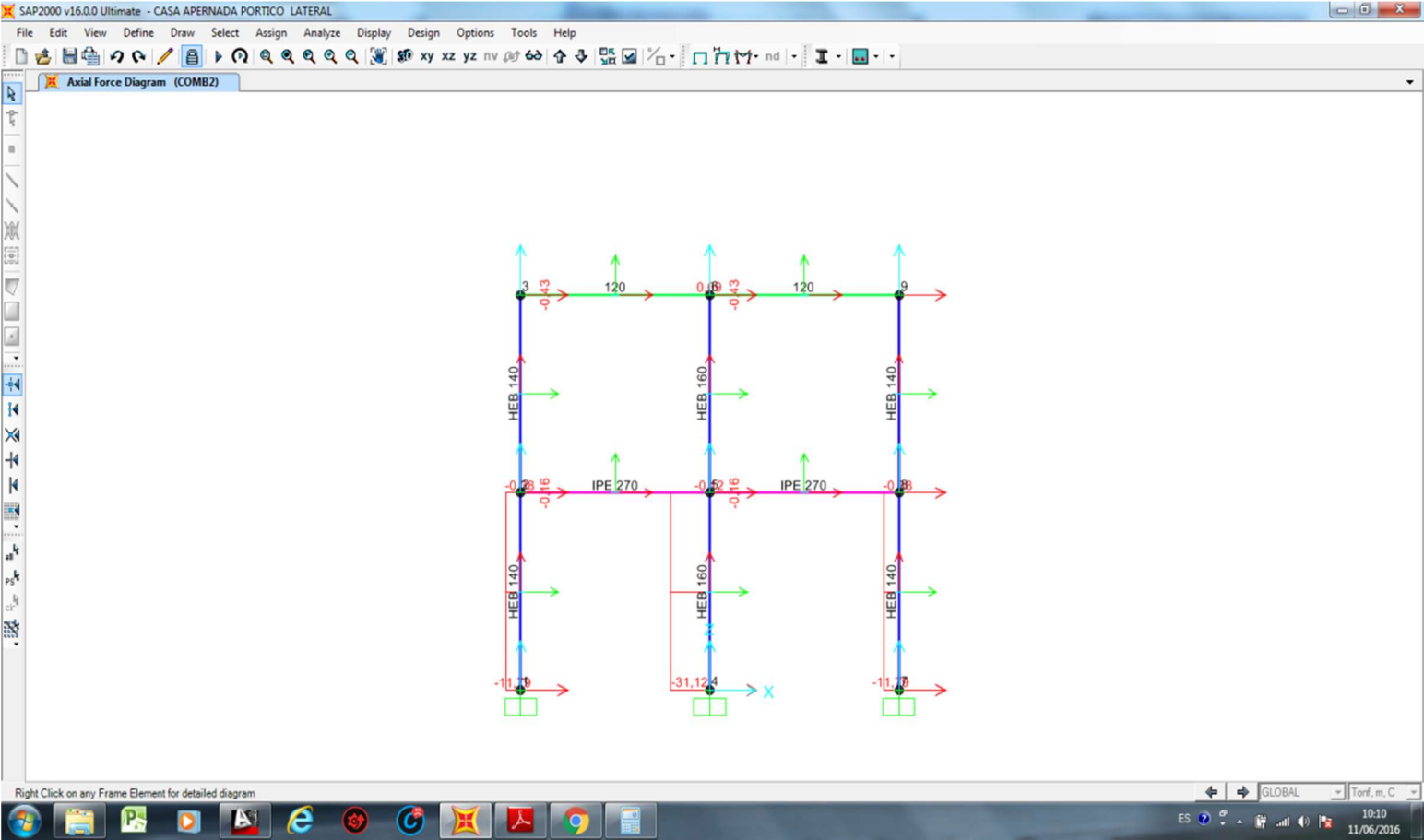
Por lo tanto podemos concluir que los elementos estructurales que conforman el pórtico de los ejes B 1, 2, 3; resisten la carga a la cual están sometidos ya que trabajan a menos del 100 por ciento de su capacidad

Figura 6 Diagrama de fuerza axial con los valores para cada una de las secciones con la combinación de carga 1. Pórtico ejes A y C 1, 2, 3



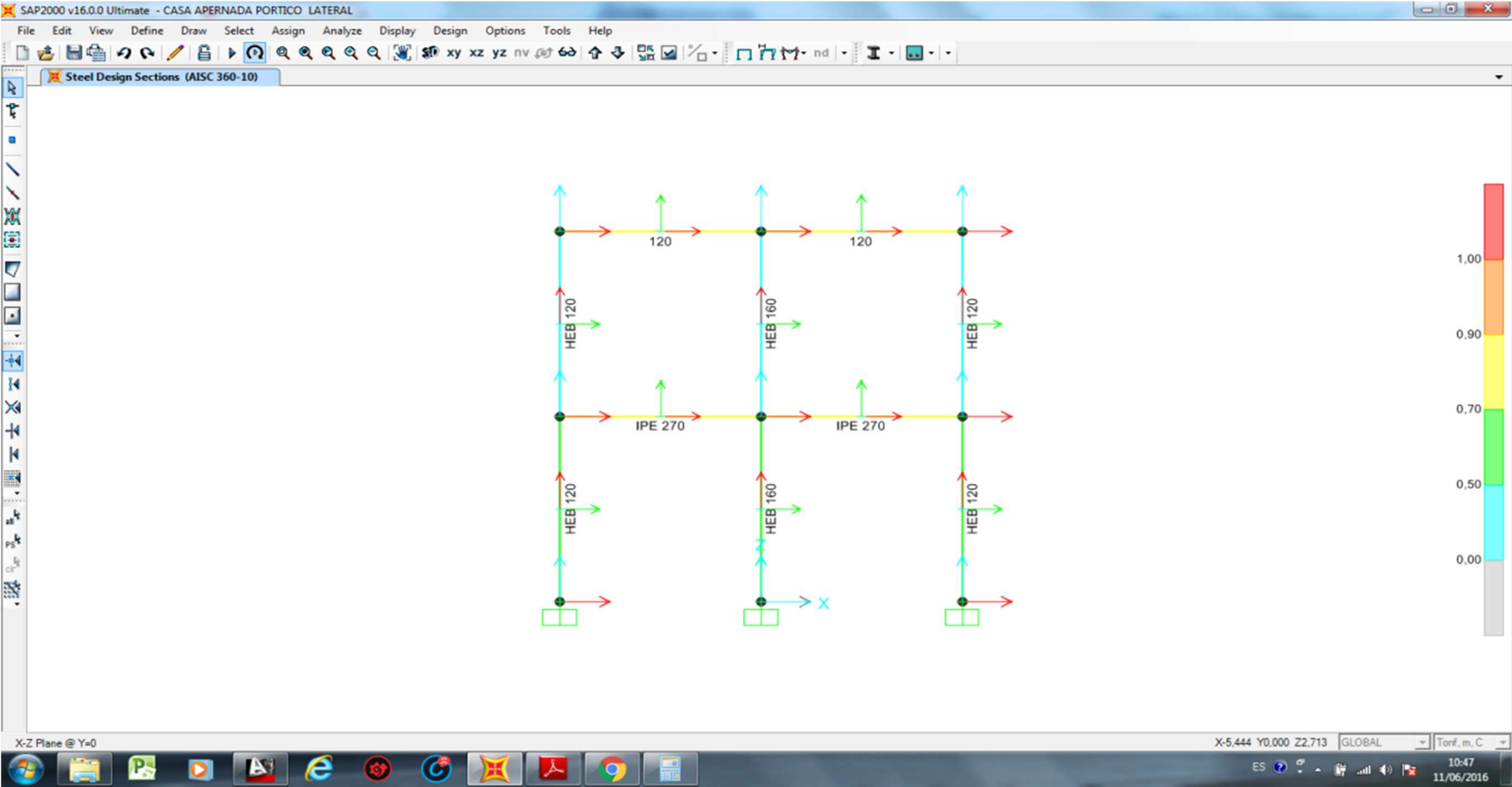
Elaborado por el autor

Figura 7 Diagrama de fuerza axial con los valores para cada una de las secciones con la combinación de carga 2.



Elaborado por el autor

Figura 8 Porcentaje de trabajo de las secciones



Elaborado por el autor

Interpretando los resultados del gráfico se puede observar que todas las secciones de los perfiles cumplen, ya que no están trabajando al máximo de su capacidad de carga, a continuación se analizarán cada uno de sus elementos:

Las columnas de planta baja HEB 120 y HEB160 trabajan entre un 50 y 70 por ciento de su capacidad de carga, en el segundo nivel disminuye la capacidad de carga de las columnas entre el 0 y el 50 por ciento, al ser perfiles metálicos se decide mantener una sección constante en toda la columna ya que trabajaran como un solo elemento estructural sin ningún tipo de articulación.

Las vigas IPE 270 y Cajón de 120 se encuentran entre el 70 y 90 por ciento de su capacidad de carga por tanto también cumplen estas secciones para soportar la carga de la estructura.

Por lo tanto podemos concluir que los elementos estructurales que conforman el pórtico de los ejes A y C 1, 2,3 resisten la carga a la cual están sometidos ya que trabajan a menos del 100 por ciento de su capacidad.

4.7. Impacto/Producto/Beneficio obtenido.

El impacto/producto/ beneficio obtenido se manifiesta de la siguiente manera:

Panorama actual:

Se comenzará analizando el sistema tradicional en el que se realizan la mayoría de las construcciones actualmente el que mismo como ya se ha valorado, genera grandes gastos económicos y se dilata el tiempo de ejecución de la obra por depender de materiales como el acero y el hormigón los que de manera conjunta conforman sus estructuras, las mismas se realizan con una cimentación pesada, depende además de procesos lentos como el encofrado y desencofrado, la ejecución de la cimentación, además del hormigonado de las vigas, columnas y cubiertas.

Muchas estructuras realizadas en hormigón armado están agrietadas y muchas se han roto como resultado de la contracción. Dichas grietas se pueden desarrollar dentro de unos días de la puesta de la estructura.

En el panorama actual las construcciones en estructuras de acero no son las más comunes en la actualidad, sin embargo se realizan en cortos periodos de tiempo resultan muy confiables, se elaboran en talleres lo que permita que su ejecución se acorte por traerse a las obras por piezas o sea semielaborados lo que da lugar a que solo in situ se realice la colocación y ensamblaje de sus elementos, los que son más ligeros y económicos que el del el sistema tradicional.

Beneficio obtenido:

El costo beneficio ha quedado demostrado en el trabajo de investigación mediante el diseño, presupuesto y cronograma de ejecución de la vivienda realizada con estructura de acero apernada, las mismas desde el punto de vista constructivo permite una implantación rápida y segura en cortos periodos de tiempo como 17 días; lo que permitiría aumentar el número de viviendas en el país y reducir notablemente los costos de las construcciones

La implantación y generalización de este sistema constructivo tiene un alto impacto costo beneficio no solo para las empresas constructoras como para la población en general ya que solucionaría problemas de carácter social generados por el déficit de viviendas y por sus altos costos, siendo los beneficios en todos los aspectos, mayores que los costos.

5. Conclusiones.

A partir de los análisis realizados; así como del diseño de la propuesta realizada en el trabajo de investigación se puede afirmar se ha arribado a las siguientes conclusiones:

El sistema constructivo basado en estructuras de acero apernado es moderno, novedoso, confiable, es homogéneo y es muy resistente a esfuerzos de toda clase como: flexo compresión, compresión, cortante y torsión; las vigas de acero son de menor tamaño y peso que las de otros materiales.

El sistema constructivo de estructuras de acero apernado para nuestro país resulta de gran valor ante desastres naturales como a los terremotos a los que somos muy sensibles, debido a la gran resistencia que ofrece en proporción a su peso, lo que hace la construcción menos vulnerable de ser dañada.

Quedó demostrado en la investigación las notables ventajas del sistema constructivo con estructuras de acero apernado con respecto al sistema constructivo tradicional de hormigón armado, siendo desde el punto de vista práctico constructivo mucho más factible.

Se demostró que la construcción de una vivienda de hormigón armado de las dimensiones y características del diseño realizado en el trabajo de investigación tiene un tiempo de ejecución de 33 días; mientras que la vivienda modular de acero apernado se construye en tan solo 17 días; existiendo una diferencia de 16 días entre una y otra. Lo que demuestra de manera evidente el ahorro de tiempo que representa la modalidad mediante las estructuras metálicas de acero apernado.

Se demostró que el ahorro de tiempo en la construcción de una vivienda de acero apernado está dado en los elementos metálicos que ya llegan a la obra semielaborados, listos para ensamblar y montar lo que evita demoras en el proceso de construcción; mientras que en el sistema tradicional los procesos de

cimentación, encofrado, desencofrado, hormigonado, vuelve lento el proceso constructivo.

En cuanto a los costos económicos del sistema de estructuras de acero apernado es evidente el ahorro, según se demostró mediante el presupuesto de obra gris que consta en el trabajo; ya que existen materiales más económicos y se reduce en su ejecución los gastos de mano de obra, con respecto a los utilizados en el proceso constructivo de hormigón armado. No obstante por cuestiones de precio pueden llegar en algún momento a tener una similitud, pero esta es insignificante ante el tiempo de ejecución y la superioridad del sistema de estructuras metálicas.

En sentido general queda demostrado que resulta incomparable los resultados positivos del sistema de acero apernado con respecto a los restantes; toda vez que al estar compuesto por elementos estructurales pre elaborados , representa que la unión de estos de forma simple da lugar a reducciones sustanciales como ya se ha explicado en los tiempos de ejecución y costos, son confiables, tienen una menor masa con respecto a las restantes estructuras, tiene la posibilidad de ser industrializados y admitir las condiciones de prefabricación lo que facilita su desarrollo, fomento y el proceso constructivo en general.

Recomendaciones

Es importante tomando como base las conclusiones expuestas en el trabajo de investigación se tengan en cuenta las siguientes recomendaciones:

Trabajar en la difusión y análisis mediante encuentros con los profesionales a través de los Colegios de Arquitectos e Ingenieros, Universidades, entre otras organizaciones; con el fin de intercambiar, estudiar y valorar las ventajas y características del sistema constructivo de acero apernado.

Fomentar el análisis a partir de las edificaciones existentes en el país construidas mediante el sistema constructivo de acero apernado con el fin de que sirvan de experiencia y punto de partida para su fomento dentro del medio de la construcción.

Valorar por parte de los organismos estatales vinculados al área de la construcción la posibilidad adquirir y fomentar los talleres que elaboran las estructuras metálicas, con el fin de contar con los suficientes recursos para poder implantar y generalizar este sistema constructivo en el país

Valorar por parte de los organismos estatales vinculados al área de la construcción la implementación de este sistema en la construcción de viviendas en el país para resolver problemas de tipo social, ya que por su rapidez de ejecución y costos posibilitaría un crecimiento considerable de viviendas en el país; así como los mismos protegerían a la población ante desastres naturales.

Fuentes Bibliográficas

- /www.pinterest.com. (s.f.). /www.pinterest.com. Obtenido de*
/www.pinterest.com: <https://www.pinterest.com/javier1774/arquitectura/>
academiaplay.es. (s.f.). academiaplay.es. Obtenido de academiaplay.es:
<http://academiaplay.es/las-exposiciones-universales-y-su-legado/#>
Benjamín, W. (1930). Paris: Capital of the 19th Century. Paris: Garnier.
casascarbonell.es. (s.f.). casascarbonell.es. Obtenido de
<http://www.casascarbonell.es/trasladar-una-casa-de-madera/>
casasdemaderaymas.wordpress.com. (s.f.).
casasdemaderaymas.wordpress.com. Obtenido de
casasdemaderaymas.wordpress.com:
<https://casasdemaderaymas.wordpress.com/>
construyafacil.org. (2013). construyafacil.org. Obtenido de construyafacil.org:
<http://www.construyafacil.org/2013/08/Pandeo-de-Columnas.html>
decorablog.com. (2010). decorablog.com. Obtenido de decorablog.com:
[http://www.decorablog.com/maison-du-beton-disenada-por-atelier-st/](http://www.decorablog.com/maison-du-beton-disenada-por-atelier-st/erickbojorque.blogspot.com)
erickbojorque.blogspot.com. (2012). erickbojorque.blogspot.com. Recuperado
el 3 de junio de 2016, de erickbojorque.blogspot.com:
<http://erickbojorque.blogspot.com/2010/10/estructuras-metalicas.html>
e-struc.com. (2015). e-struc.com. Obtenido de e-struc.com: [http://e-](http://e-struc.com/2015/04/17/corrosion-del-acero-estructural-dos-casos-reales/)
[struc.com/2015/04/17/corrosion-del-acero-estructural-dos-casos-reales/](http://e-struc.com/2015/04/17/corrosion-del-acero-estructural-dos-casos-reales/)
estructurasmetalicasbogota.com. (2014). estructurasmetalicasbogota.com.
Obtenido de estructurasmetalicasbogota.com:
<http://estructurasmetalicasbogota.com/portfolio-item/gravida-ullamcorper/>
Fernandez, J. (1973). Prefabricación. Teoría y Práctica. Madrid: Editorrrs
Técnicos Asociados.
fundicionmetales.blogspot.com. (2013). fundicionmetales.blogspot.com.
Obtenido de fundicionmetales.blogspot.com:
[http://fundicionmetales.blogspot.com/2013/04/metales-ferrosos-acero-](http://fundicionmetales.blogspot.com/2013/04/metales-ferrosos-acero-de-baja-y-alta.html)
[de-baja-y-alta.html](http://fundicionmetales.blogspot.com/2013/04/metales-ferrosos-acero-de-baja-y-alta.html)
G.Kienert. (1972). Construcciones metalicas remachadas y soldadas. Tomo I.
Madrid: Urmo S.A.

Galeón.com. (2013). Galeón.com. Obtenido de Galeón.com:
<http://puentes.galeon.com/tipos/pontsmetal.htm>

habitissimo.es. (s.f.). habitissimo.es. Obtenido de
<http://www.habitissimo.es/presupuestos/valencia/campamento/construir-casa-prefabricada-de-hormigon-madera-y-con-grandes-ventanales>

Jack, M. (2013). *Diseño de estructuras de Acero*. Quinta edición . Mexico D.F: Alfaomega.

Ley Organica del Sistema Nacional de Contratación Pública. (2015). *Ley Organica del Sistema Nacional de Contratación Pública*. Quito: Asamblea Constituyente.

Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción*. Quito: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.

Norma Ecuatoriana de la Construcción.Estructuras de Acero. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción.Estructuras de Acero*. Quito: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.

patentados.com. (2014). patentados.com. Recuperado el 3 de junio de 2016, de patentados.com: <http://patentados.com/img/2007/sistema-de-union-rigida-atornillada-para-estructuras-metalicas.png>

Periodico El tiempo. . (21 de mayo de 2016). *Viviendas modulares para damnificados*. *El Tiempo*, pág. 1.

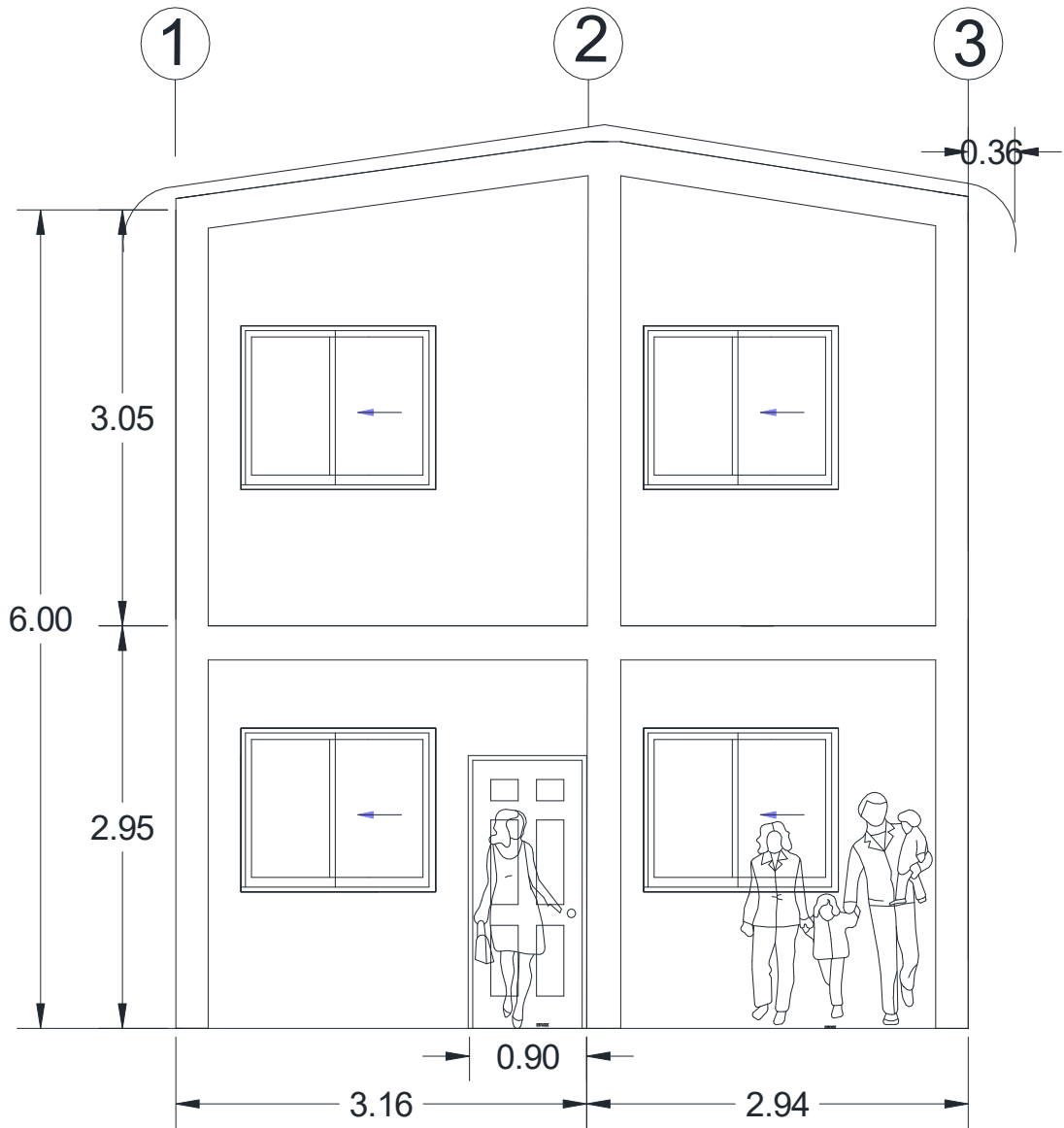
Reglamento General de la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública. (2011). *Reglamento General de la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública*. Quito: Asamblea Nacional.

said-dominguez.blogspot.com. (2011). said-dominguez.blogspot.com. Obtenido de said-dominguez.blogspot.com: <http://said-dominguez.blogspot.com/2011/10/estructuracion-de-edificios-en-marcos.html>

Sawyer, M. (1979). *World First Iron Bridge*. New York: ASCE.

shop.deviantart.com. (2016). shop.deviantart.com. Obtenido de shop.deviantart.com:
<http://shop.deviantart.com/?qh=product:wallart/print&q=eiffel%20tower>

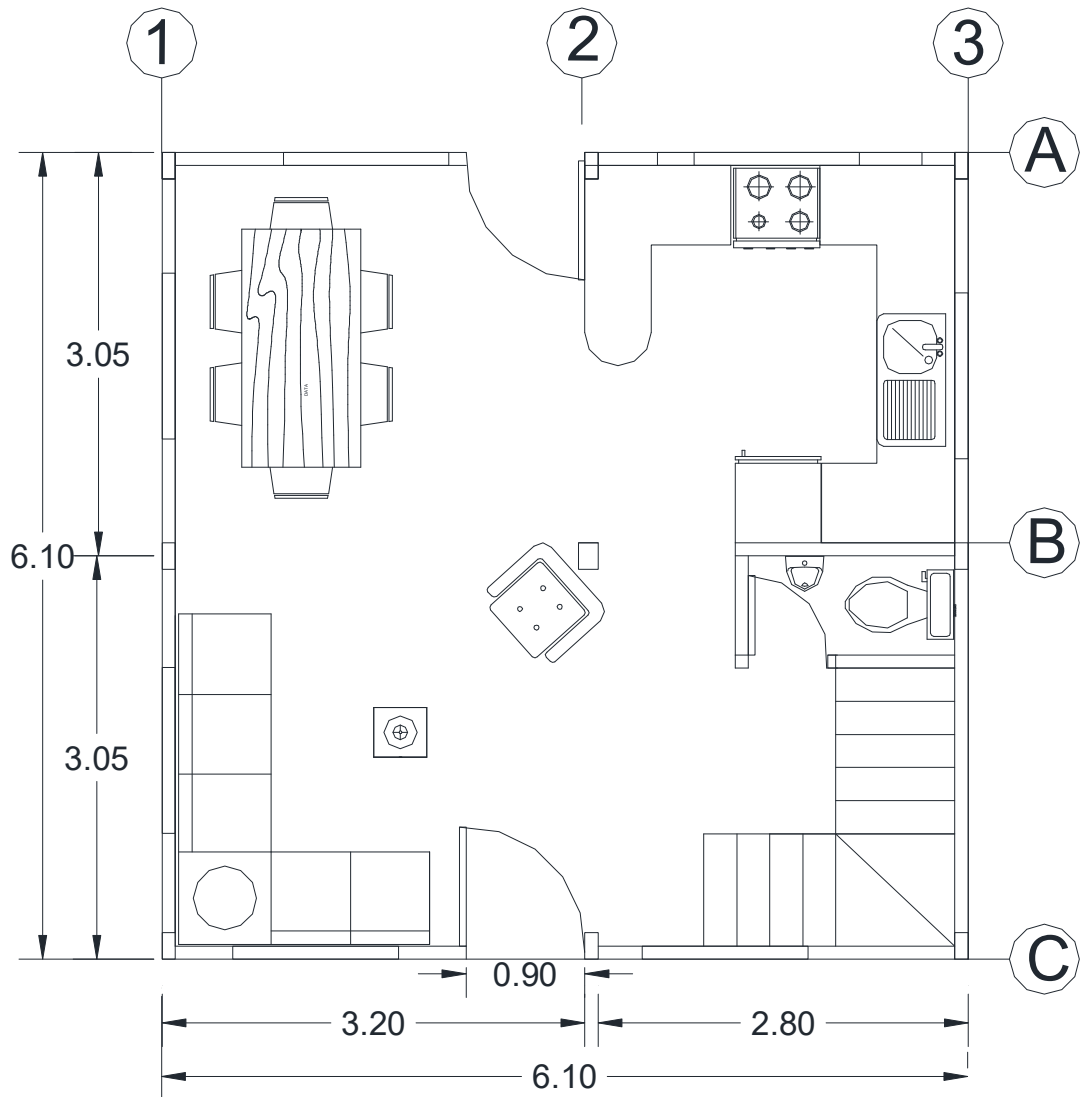
ANEXO I LAMINA #1 FACHADA.
FIG. 10



ELABORADO POR EL AUTOR

UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE	
FACULTAD DE INGENIERÍA - INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN	
PROYECTO: ESTRUCTURA METALICA APERNADA DE VIVIEDA TIPO MODULAR	
CONTIENE:	FACHADA.
EGRESADO: LUS EDUARDO ANALLISA PALLO	FECHA: SEPT - 2016
TUTOR: MSC.ING.LEONARDO ECHEVERRIA F.	ESCALAS: 1: 25
L-1	

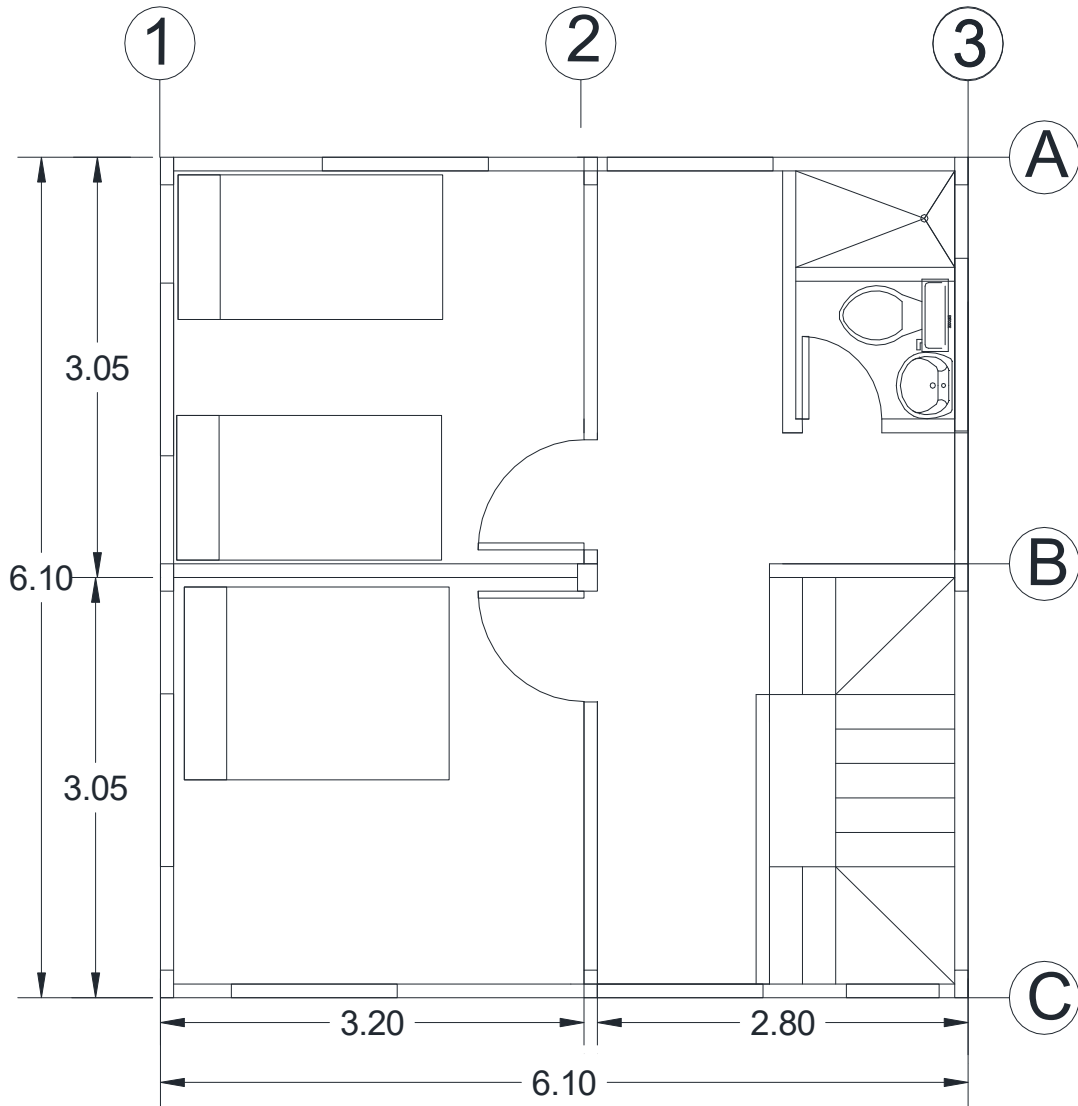
ANEXO II LAMINA #2 PLANTA BAJA.
FIG. 11



ELABORADO POR EL AUTOR

UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE	
FACULTAD DE INGENIERÍA - INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN	
PROYECTO: ESTRUCTURA METALICA APERNADA DE VIVIEDA TIPO MODULAR	
CONTIENE: PLANTA BAJA.	
EGRESADO: LUIS EDUARDO ANALUISA PALLÓ	FECHA: SEPT - 2016
TUTOR: MSC. ING. LEONARDO ECHEVERRÍA F.	ESCALAS: 1: 25
L-2	

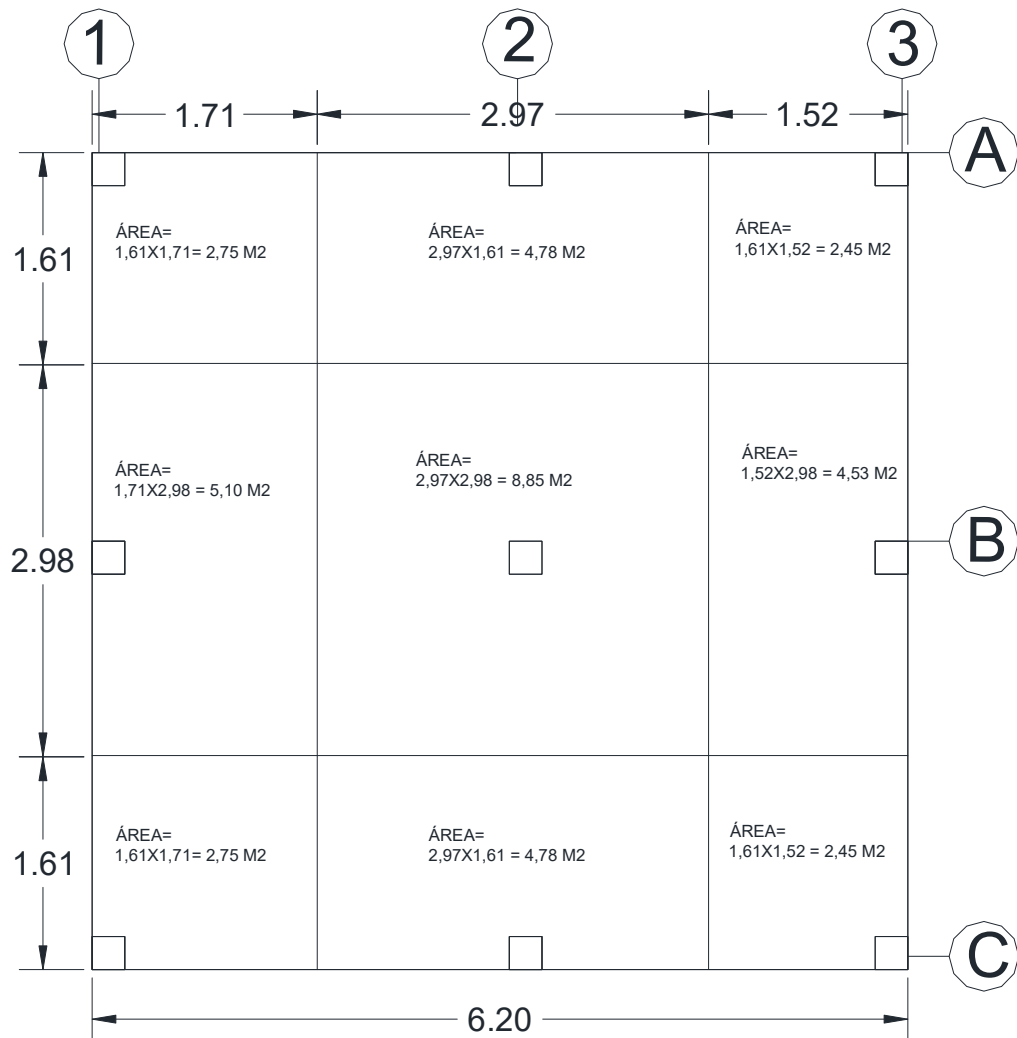
ANEXO III LAMINA#3 PLANTA ALTA.
FIG. 12.



ELABORADO POR EL AUTOR

UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE	
FACULTAD DE INGENIERÍA - INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN	
PROYECTO: ESTRUCTURA METALICA APERNADA DE VIVIENDA TIPO MODULAR	
CONTIENE: PLANTA ALTA.	
EGRESADO: LUIS EDUARDO ANALUISA PALLO	FECHA: SEPT - 2016
TUTOR: MSC.ING. LEONARDO ECHEVERRIA F.	ESCALAS: 1: 25
L-3	

ANEXO IV LAMINA#4 ÁREAS TRIBUTARIAS . FIG. 13

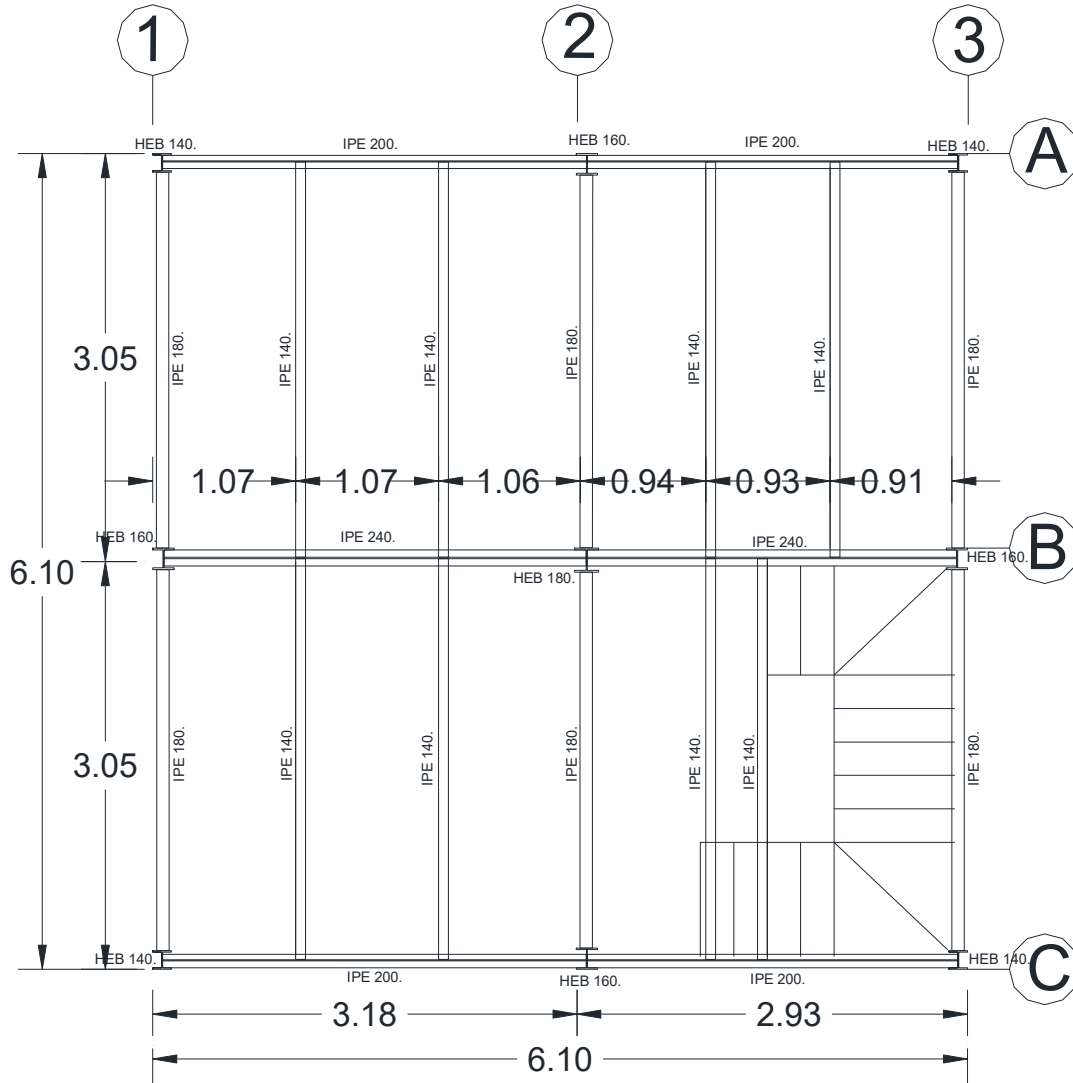


ELABORADO POR EL AUTOR

UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE	
FACULTAD DE INGENIERÍA - INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN	
PROYECTO: ESTRUCTURA METALICA APERNADA DE VIVIENDA TIPO MODULAR	
CONTIENE: ÁREA TRIBUTARIA DE CARGAS.	
EGRESADO: LUIS EDUARDO ANALUISA PALLO	FECHA: SEPT - 2016
TUTOR: MSc. ING. LEONARDO ECHEVERRÍA F.	ESCALAS: 1" = 25'
L-4	

ANEXO V LAMINA# 5 IMPLANTACION DE LOSA.

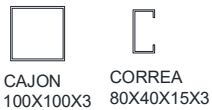
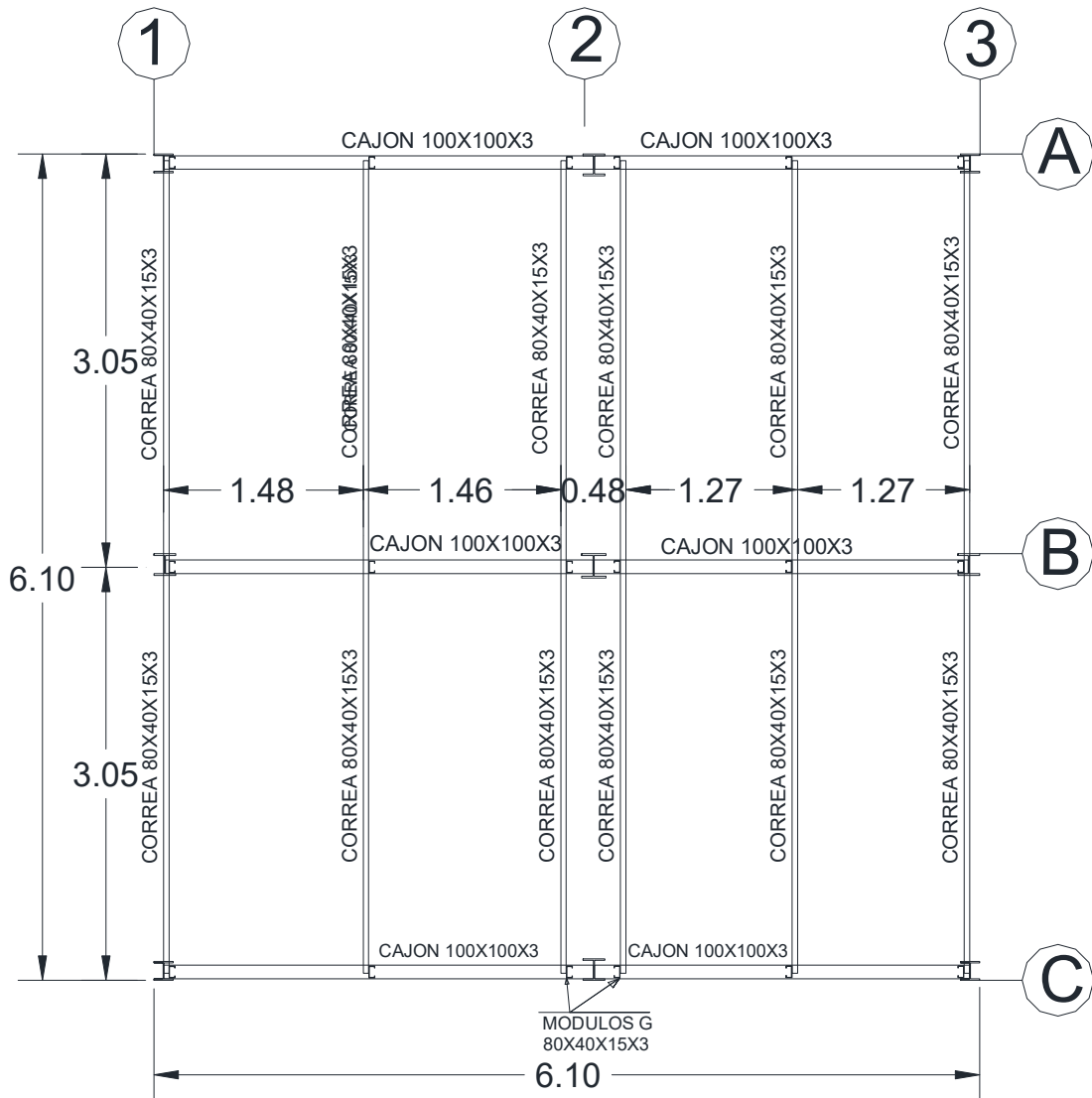
FIG. 14



ELABORADO POR EL AUTOR

UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE		
FACULTAD DE INGENIERÍA - INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN		
PROYECTO: ESTRUCTURA METALICA APERNADA DE VIVIENDA TIPO MODULAR		
CONTIENE: IMPLANTACIÓN DE LOSA.		
EGRESADO: LUIS EDUARDO ANALUISA PALLÓ	FECHA: SEPT. - 2016	L-5
TUTOR: MSC.ING.LEONARDO ECHEVERRÍA F.	ESCALAS: 1" = 25'	

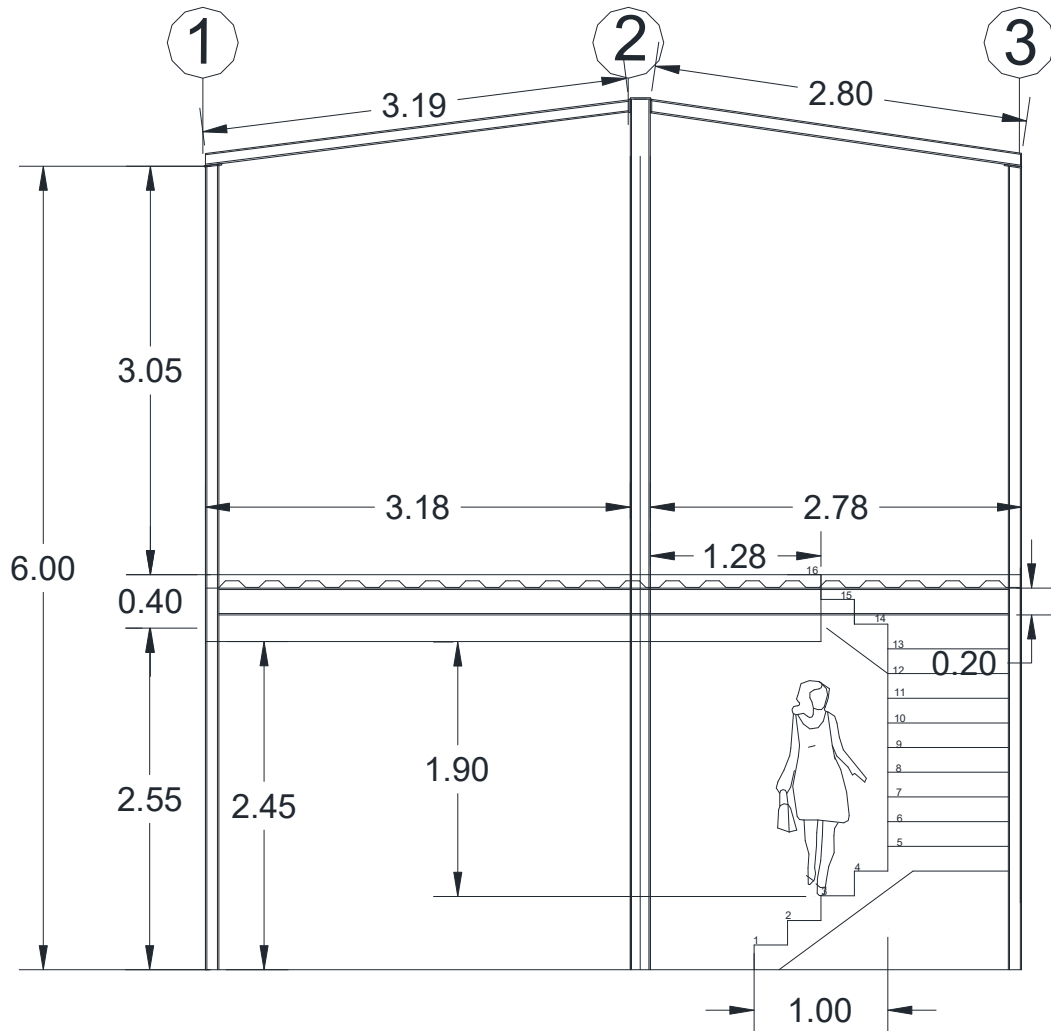
ANEXO VI LAMINA# 6 ESTRUCTURA DE CUBIERTA. FIG. 15



ELABORADO POR EL AUTOR

UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE	
FACULTAD DE INGENIERÍA - INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN	
PROYECTO: ESTRUCTURA METALICA APERNADA DE VIVIEDA TIPO MODULAR	
CONTIENE: ESTRUCTURA DE CUBIERTA.	
EGRESADO: LUIS EDUARDO ANALISA PALLO	FECHA: SEPT - 2016
TUTOR: MSC.ING. LEONARDO ECHEVERRIA F.	ESCALAS: 1: 25
L-6	

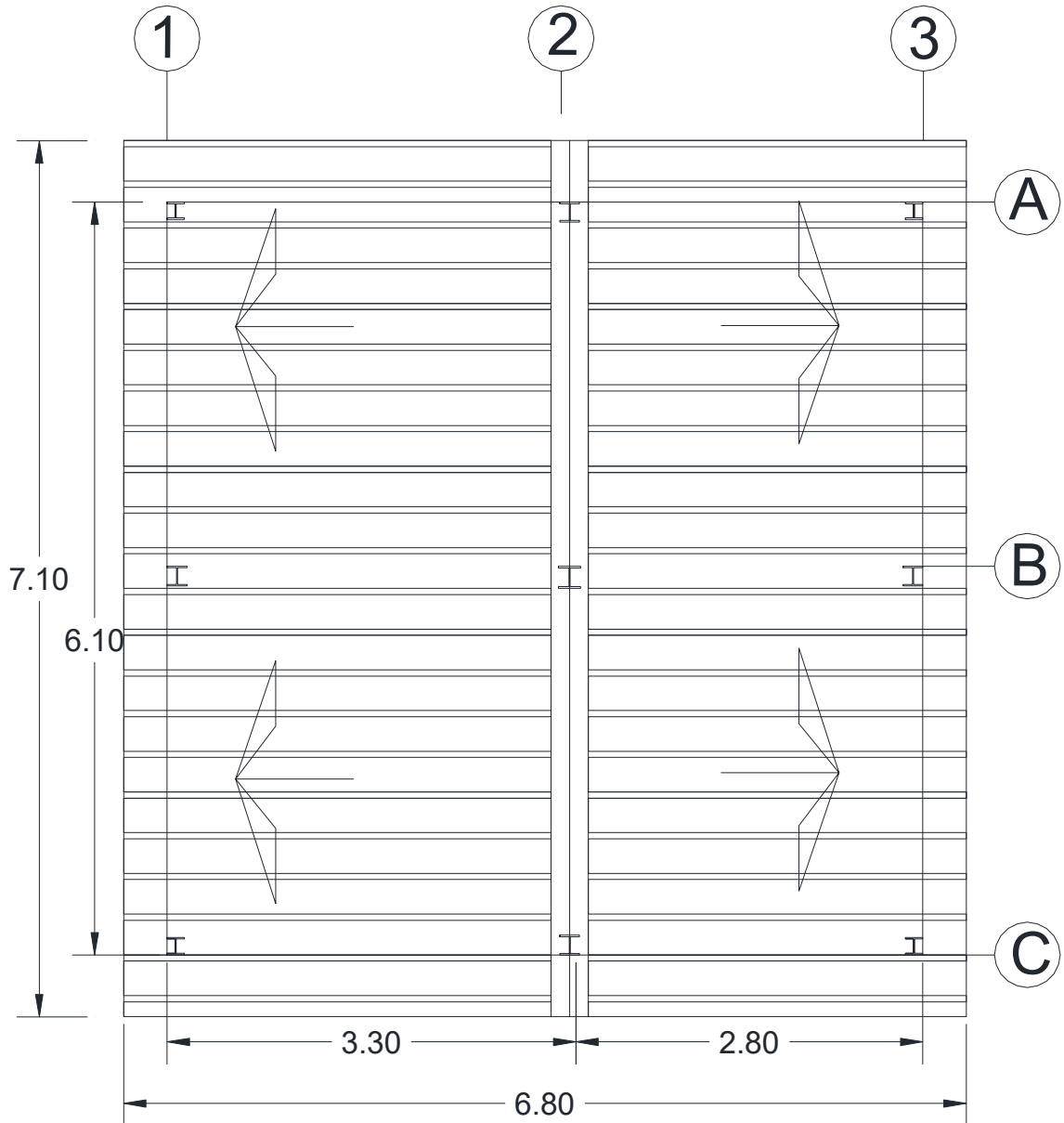
ANEXO VII LAMINA#7 CORTE ARQUITECTÓNICO.
FIG. 16



ELABORADO POR EL AUTOR

UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE	
FACULTAD DE INGENIERÍA - INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN	
PROYECTO: ESTRUCTURA METALICA APERNADA DE VIVIENDA TIPO MODULAR	
CONTIENE: CORTE ARQUITECTONICO.	
EGRESADO: LUIS EDUARDO ANALUISA PALLLO	FECHA: SEPT - 2016
TUTOR: MSc.ING.LEONARDO ECHEVERRIA F.	ESCALAS: 1: 25
L-7	

ANEXO VIII LAMINA# 8 IMPLANTACION DE CUBIERTA
FIG. 17



ELABORADO POR EL AUTOR

UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE	
FACULTAD DE INGENIERÍA - INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN	
PROYECTO: ESTRUCTURA METALICA APERNADA DE VIVIEDA TIPO MODULAR	
CONTIENE: IMPLANTACIÓN CUBIERTA.	
EGRESADO: LUIS EDUARDO ANALUISA PALLO	FECHA: SEPT - 2016
TUTOR: MSC. ING. LEONARDO ECHEVERRIA F.	ESCALAS: 1: 25
L-8	