

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**

### **DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE UNA VIVIENDA FAMILIAR TIPO, UTILIZANDO EL SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN COMPUESTA ACERO - HORMIGÓN**

#### **PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO**

**ALLAUCA ALLAUCA DAVID LEONARDO**  
(leodav9176@hotmail.com)

**MERIZALDE AYALA JULIO ANDRÉS**  
(merizaldejulio@gmail.com)

**DIRECTOR: ING. CARLOS OSWALDO BALDEÓN VALENCIA**  
(carlos.baldeon@epn.edu.ec)

**CODIRECTOR: ING. FREDY RAFAEL LLULLUNA LLUMIQUINGA**  
(fredy.llulluna@epn.edu.ec)

**QUITO, MAYO 2015**

## DECLARACIÓN

Nosotros, **David Leonado Allauca Allauca y Julio Andrés Merizalde Ayala**, declaramos que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**DAVID L. ALLAUCA A.**

---

**JULIO A. MERIZALDE A.**

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por los señores: **DAVID LEONARDO ALLAUCA ALLAUCA Y JULIO ANDRÉS MERIZALDE AYALA** bajo mi supervisión.

---

**Ing. Carlos Baldeón Valencia MDI**

**DIRECTOR DE PROYECTO**

---

**Ing. Fredy Rafael Llulluna**

**CODIRECTOR DE PROYECTO**

## DEDICATORIAS

El presente proyecto no podría haber sido posible sin la ayuda de DIOS que ha sido quien me ha dado la vida y la oportunidad de seguir adelante para conseguir los objetivos que me he propuesto. A mi familia que siempre me ha apoyado en todo el transcurso de la universidad, a mi mama que siempre estuvo conmigo en cada momento de mi vida a mi hermana Lu que siempre me dio aliento y me ha apoyado. A mis amigos de la universidad que apoyaron en el desarrollo de la tesis con sus conocimientos. Al ingeniero Carlos Baldeón que nos supo guiar en el correcto camino con sus conocimientos para la culminación de este proyecto.

Y sobre todo a mi amigo Julio que sin su aporte con su empeño a seguir adelante no hubiera sido posible la culminación de la tesis.

A una buena amiga que nos apoyó desinteresadamente en la culminación de la tesis. “Que hubiera sido de nosotros sin ti Lu”.

David

Dedico esta disertación a mi madre Mónica por el apoyo incondicional, por sus sabios consejos, y por ser mi modelo a seguir. A mi padre Julio, que aunque no ha estado físicamente presente, se que el siempre ha estado junto a mi guiando mis pasos. A mi familia que me ha brindado su apoyo siempre que lo he necesitado y me han impulsado a superarme en todos los aspectos. Y a Dios por darme la fortaleza y sabiduría para continuar y cumplir mis metas.

Julio



## AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo no hubiera sido posible sin la ayuda de DIOS quien nos ha dado la vida y la oportunidad de vivirla.

A mis padres que han sido mi ejemplo a seguir con sus valiosos consejos que siempre me dan.

A mis hermanos que han estado apoyándome incondicionalmente en cada momento de mi vida para seguir adelante.

A mis amigos que con sus aportes ha sido posible culminar el presente proyecto, y a mi amiga Nathaly que siempre estuvo apoyándome en cada momento.

David

Agradezco a la Escuela Politécnica Nacional que forjó mi aprendizaje, por los valores inculcados para convertirme en un profesional y sobre todo una persona de bien. Al Ingeniero Carlos Baldeón por la ayuda, paciencia y compromiso que nos ha brindado en la realización de este proyecto, además de sus conocimientos y experiencia que nos brindó cuando fuimos sus alumnos. Al Ingeniero Jorge Escobar por su amistad sincera mostrada a lo largo de la carrera. Al Ingeniero Rafael Bastidas por su apoyo, interés y consejos brindados además de colaborarnos con sus conocimientos para realizar un buen trabajo.

Agradezco mi madre Mónica por el amor que me brinda cada día y el sacrificio que ha realizado para que yo pueda estudiar sin que me falte nada. A mis amigos que siempre me han apoyado y con los cuales hemos compartido éxitos y fracasos dentro y fuera de la universidad. A mi compañero de tesis y gran amigo David por su compañía, apoyo y actitud positiva en las dificultades que se han presentado, pero sobre todo por brindarme su amistad. A mi compañera de equipo Lucy que siempre me impulsa a superarme y ha sido una parte importante en mi vida. A todos sinceramente muchas gracias.

**Julio**

## **RESUMEN**

En nuestro medio la mayoría de construcciones de viviendas utilizan sistemas de concreto y mampostería. En la actualidad con la introducción de sistemas de construcción compuesta se busca utilizarlos en todo tipo de estructuras gracias a que presentan grandes beneficios, principalmente en resistencia y costos, con respecto a sistemas de construcción convencionales.

En el presente trabajo se realizará un análisis de cargas que intervienen en la estructura de acuerdo a su funcionalidad (cargas vivas y cargas muertas) y a su ubicación geográfica (cargas sísmicas, de viento, etc.). Obtenidas las cargas se realiza un predimensionamiento para los elementos estructurales (vigas compuestas y columnas compuestas), optimizando el diseño mediante software y llevando a cabo al final un análisis de costos del proyecto y una comparación de costo con una estructura de hormigón armado.

## PRESENTACIÓN

En el Ecuador el diseño de edificios y residencias es en su mayoría realizada con hormigón armado, lo que genera mayores tiempos en la construcción. El diseño de edificaciones con estructuras compuestas por el momento no es muy utilizado en nuestro medio a pesar de que requiere menos tiempo en el montaje de la estructura y por consiguiente menos costo haciendo que las construcciones sean más rentables. Este método de construcción en nuestro país se encuentra creciendo y se puede apreciar cada vez más edificios que utilizan acero y hormigón para facilitar el montaje.

La mampostería en las edificaciones por lo general utiliza bloques de hormigón, las paredes con el sistema Hormi2 están creciendo en las construcciones debido a sus buenas propiedades mecánicas y así mismo al tener menos tiempo en el montaje.

El presente proyecto de titulación establece el diseño de la estructura de la vivienda tipo con el método compuesto acero-hormigón. Tomando como referencia las necesidades arquitectónicas y las normas vigentes para el diseño de estructuras que son: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 11), AISC 360-10 y AISC 341-10.

## TABLA DE CONTENIDO

|  |      |
|--|------|
| DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE UNA VIVIENDA FAMILIAR TIPO, UTILIZANDO EL SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN COMPUESTA ACERO - HORMIGÓN..... | i    |
| DECLARACIÓN.....   | ii   |
| CERTIFICACIÓN.....   | iii  |
| DEDICATORIAS.....  | iv   |
| AGRADECIMIENTOS.....   | v    |
| RESUMEN.....   | vi   |
| PRESENTACIÓN.....  | vii  |
| ÍNDICE DE IMÁGENES.....  | xi   |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....   | xi   |
| INDICE DE TABLAS.....  | xiii |
| ÍNDICE DE GRÁFICAS.....  | xiv  |
| SIMBOLOGIA.....  | xv   |
| CAPÍTULO 1.....  | 1    |
| 1.1 GENERALIDADES DEL DISEÑO.....  | 1    |
| 1.1.1 INTRODUCCIÓN.....  | 1    |
| 1.1.2 APLICACIÓN NACIONAL E INTERNACIONAL.....   | 2    |
| 1.1.3 DEMANDA ACTUAL.....  | 5    |
| 1.1.4 DISEÑO ESTRUCTURAL.....  | 6    |
| CAPÍTULO 2.....  | 7    |
| 2.1 MARCO TEÓRICO.....   | 7    |
| 2.1.1 PRINCIPIO DE APLICACIÓN.....   | 7    |
| 2.1.2 MATERIALES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN COMPUESTA.....  | 7    |
| 2.1.3 TIPOS DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN.....  | 11   |

|  |     |
|--|-----|
| 2.1.4 SECCIONES COMPUESTAS.....  | 13  |
| 2.1.5 DEFLEXIONES.....   | 16  |
| 2.1.5 CONECTORES DE CORTANTE.....  | 18  |
| 2.1.6 TIPOS DE CONECTORES.....   | 23  |
| 2.1.7 CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES.....   | 26  |
| 2.1.8 TIPOS DE CONEXIONES EN ESTRUCTURAS.....  | 26  |
| 2.1.9 MÉTODOS DE DISEÑO.....   | 30  |
| 2.1.10 CARGAS DE CONSTRUCCIÓN SEGÚN EL MÉTODO LRFD.....                                | 31  |
| 2.1.11 DISEÑO POR FACTORES DE CARGA Y RESISTENCIA (MÉTODO LRFD).....                   | 34  |
| 2.1.12 ANSI/AISC 358-10. CONEXIONES PRECALIFICADAS PARA MARCOS DE ACERO.....           | 35  |
| 2.1.13 NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN.....                                       | 35  |
| CAPÍTULO 3.....  | 36  |
| DISEÑO DE LA VIVIENDA TIPO.....  | 36  |
| 3.1.1 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS ESTRUCTURALES PARA EL DISEÑO DE LA VIVIENDA..... | 36  |
| 3.1.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA ESTRUCTURA.....                                  | 37  |
| 3.1.3 DEFINICIÓN DEL PROYECTO.....   | 39  |
| 3.1.4 ALTERNATIVAS DE DISEÑO.....  | 40  |
| 3.1.5 SOLICITACIONES DE CARGAS.....  | 63  |
| 3.1.6 ANÁLISIS DE CARGAS.....  | 64  |
| 3.1.7 CARGAS SÍSMICAS.....   | 70  |
| 3.1.8 Cargas de viento.....  | 75  |
| 3.2 CÁLCULO Y DISEÑO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES.....                               | 77  |
| 3.2.7 DIMENSIONAMIENTO DE PERNOS DE CORTANTE.....                                      | 111 |
| 3.2.8 DETERMINACIÓN DE ESPESOR DE LA PLACA INTERNA.....                                | 112 |

|   |     |
|---|-----|
| 3.3 SIMULACIÓN DE LA ESTRUCTURA.....                        | 115 |
| 3.3.1 DIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES.....      | 121 |
| 3.3.1.3 RIGIDIZADORES.....                                  | 132 |
| 3.3.2 DISEÑO DE JUNTAS SOLDADAS.....                        | 133 |
| 3.3.3 DISEÑO DEL PERNO DE ANCLAJE.....                      | 139 |
| CAPÍTULO 4.....   | 143 |
| 4.1 PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE.....                 | 143 |
| 4.1.1 INTRODUCCIÓN.....                                     | 143 |
| 4.1.2 MATERIALES.....                                       | 143 |
| 4.1.3 CIMENTACION.....                                      | 146 |
| 4.1.4 FABRICACIÓN Y MONTAJE PARA ESTRUCTURAS METÁLICAS..... | 147 |
| CAPÍTULO 5.....   | 154 |
| 5.1 ANÁLISIS DE COSTOS.....                                 | 154 |
| 5.1.2 MATERIALES.....                                       | 155 |
| 5.1.2 RUBROS.....   | 156 |
| CONCLUSIONES.....   | 186 |
| RECOMENDACIONES.....  | 188 |
| BIBLIOGRAFÍA.....   | 189 |
| ANEXO 1 PLANOS.....   | 193 |
| ANEXO 2 WPS.....  | 194 |
| ANEXO 3 COSTOS PERFILERIA.....                              | 195 |
| ANEXO 4 RESULTADOS SAP2000.....                             | 196 |
| ANEXO 5 PLANOS ARQUITECTONICOS.....                         | 197 |

## ÍNDICE DE IMÁGENES

|  |   |
|--|---|
| Imagen 1 Hotel Gateway Village .....                     | 3 |
| Imagen 2 Columnas Compuestas Ayuntamiento San José ..... | 3 |
| Imagen 3 Torre del Banco de china .....                  | 4 |
| Imagen 4 Columnas reforzadas Puente Napo .....           | 4 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 Diseño Estructural.....  | 6  |
| Figura 2 Sección compuesta en entrepisos .....                                | 14 |
| Figura 3 Secciones compuestas .....   | 14 |
| Figura 4 secciones embebidas .....  | 15 |
| Figura 5 Secciones Vigas compuestas .....                                     | 16 |
| Figura 6 Flexión en vigas.....  | 16 |
| Figura 7 Transmisión de fuerzas.....  | 19 |
| Figura 8 Fuerzas en conector de cortante .....                                | 21 |
| Figura 9 Posición debil.....  | 21 |
| Figura 10 Posición fuerte .....   | 22 |
| Figura 11 Esquema de funcionamiento del Conector .....                        | 22 |
| Figura 12 Tipos de conexiones .....   | 27 |
| Figura 13 Conexiones simples o de corte.....                                  | 27 |
| Figura 14 Conexiones Rígidas o de momento completamente restringida .....     | 28 |
| Figura 15 Conexiones Semi rígidas o de momento parcialmente restringida ..... | 29 |
| Figura 16 Cargas vivas .....  | 32 |
| Figura 17 Cargas de viento.....   | 33 |
| Figura 18 Aproximación de la Estructura .....                                 | 36 |
| Figura 19 Plano arquitectónico Segunda planta .....                           | 64 |
| Figura 20 Plano arquitectónico Primera planta .....                           | 65 |
| Figura 21 Geometría Placa colaborante .....                                   | 66 |
| Figura 22 Mapa Sísmico Ecuador .....  | 70 |
| Figura 23 Zonas sísmicas Quito .....  | 71 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 24 Distribución de cargas Primer piso .....          | 76  |
| Figura 25 Distribución de cargas Segundo piso.....          | 76  |
| Figura 26 Distribución de cargas en Vigas secundarias ..... | 77  |
| Figura 27 Interacción en vigas de sección compuesta .....   | 78  |
| Figura 28 Distribución de cargas en Vigas Principales ..... | 83  |
| Figura 29 Distribución de cargas en Vigas en voladizo ..... | 91  |
| Figura 30 Distribución de cargas en la columna .....        | 102 |
| Figura 31 Área tributaria de cargas para la columna .....   | 102 |
| Figura 32 Determinación de K de la columna .....            | 106 |
| Figura 33 Estructura en SAP 2000 .....                      | 115 |
| Figura 34 Introducción de carga muerta .....                | 116 |
| Figura 35 Introducción de carga viva .....                  | 117 |
| Figura 36 Introducción de cargas laterales .....            | 118 |
| Figura 37 Simulación de las vigas de la estructura.....     | 119 |
| Figura 38 Simulación de las columnas de la estructura.....  | 120 |
| Figura 39 Placa Base.....                                   | 121 |
| Figura 40 Columna Compuesta Crítica.....                    | 123 |
| Figura 41 Determinación de K corregido .....                | 125 |
| Figura 42 Soldadura Viga-Columna.....                       | 133 |
| Figura 43 Soldadura Vigas principal-Viga secundaria .....   | 135 |
| Figura 44 Soldadura Columna-Placa base .....                | 136 |
| Figura 45 Soldadura de Ménsulas .....                       | 138 |
| Figura 46 Esquema de gancho con dobles de 180°.....         | 140 |
| Figura 47 Placa colaborante o Deck.....                     | 145 |
| Figura 48 Cimientos.....                                    | 146 |



## INDICE DE TABLAS

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 1 Casa de la calidad.....   | 38  |
| Tabla 2 Documento de especificación .....                               | 39  |
| Tabla 3 Evaluación de criterios .....                                   | 41  |
| Tabla 4 Ponderación Columnas vs. Resistencia.....                       | 43  |
| Tabla 5 Ponderación Columnas vs. Costo.....                             | 43  |
| Tabla 6 Ponderación Columnas vs. Peso .....                             | 44  |
| Tabla 7 Ponderación Columnas vs. Montaje.....                           | 44  |
| Tabla 8 Ponderación final Columnas .....                                | 44  |
| Tabla 9 Ponderación Vigas vs. Resistencia .....                         | 46  |
| Tabla 10 Ponderación Vigas vs. Costo .....                              | 46  |
| Tabla 11 Ponderación Vigas vs. Peso .....                               | 47  |
| Tabla 12 Ponderación Vigas vs. Montaje.....                             | 47  |
| Tabla 13 Ponderación final Vigas .....                                  | 47  |
| Tabla 14 Ponderación Losas vs. Resistencia .....                        | 49  |
| Tabla 15 Ponderación Losas vs. Costo .....                              | 49  |
| Tabla 16 Ponderación Losas vs. Peso.....                                | 50  |
| Tabla 17 Ponderación Losas vs. Montaje .....                            | 50  |
| Tabla 18 Ponderación final Losas.....                                   | 50  |
| Tabla 19 Ponderación Paredes vs. Resistencia.....                       | 53  |
| Tabla 20 Ponderación Paredes vs. Costo.....                             | 53  |
| Tabla 21 Ponderación Paredes vs. Peso.....                              | 53  |
| Tabla 22 Ponderación Paredes vs. Montaje .....                          | 54  |
| Tabla 23 Ponderación final Paredes .....                                | 54  |
| Tabla 24 Ponderación Juntas vs. Resistencia .....                       | 58  |
| Tabla 25 Ponderación Juntas vs. Costo .....                             | 59  |
| Tabla 26 Ponderación Juntas vs. Peso.....                               | 60  |
| Tabla 27 Ponderación Juntas vs. Montaje .....                           | 61  |
| Tabla 28 Ponderación final Juntas.....                                  | 62  |
| Tabla 29 Capacidad de carga Placa colaborante .....                     | 66  |
| Tabla 30 Especificaciones Mallas electrosoldadas .....                  | 67  |
| Tabla 31 Steel Design 1 - Summary Data - AISC-LRFD93.....               | 119 |
| Tabla 32 Concrete Design 1 - Column Summary Data - ACI 318-05/IBC2003.. | 120 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 33 Valores de m y u .....                                  | 122 |
| Tabla 34 Perfiles de vigas utilizados .....                      | 144 |
| Tabla 35 Perfiles de columnas utilizadas .....                   | 144 |
| Tabla 36 Recomendaciones de electrodos .....                     | 146 |
| Tabla 37 Listado de materiales .....                             | 155 |
| Tabla 38 Rubros de la Construcción .....                         | 156 |
| Tabla 39 Análisis de costos Preparación de terreno .....         | 157 |
| Tabla 40 Análisis de costos Suministro de perfiles .....         | 159 |
| Tabla 41 Análisis de costos Fabricación placas base .....        | 161 |
| Tabla 42 Análisis de costos Fabricación placas de cortante ..... | 163 |
| Tabla 43 Análisis de costos Fabricación de ménsulas .....        | 165 |
| Tabla 44 Análisis de costos Fabricación de Anclajes .....        | 167 |
| Tabla 45 Análisis de costos Cimentación .....                    | 169 |
| Tabla 46 Análisis de costos Montaje primer piso .....            | 171 |
| Tabla 47 Análisis de costos Montaje deck primer piso .....       | 173 |
| Tabla 48 Análisis de costos Concreto $f'c = 3$ ksi .....         | 175 |
| Tabla 49 Análisis de costos Montaje segundo piso .....           | 177 |
| Tabla 50 Análisis de costos Montaje deck segundo piso .....      | 179 |
| Tabla 51 Análisis de costos Concreto $f'c = 3$ ksi .....         | 181 |
| Tabla 52 Análisis de costos Paredes .....                        | 183 |
| Tabla 53 Cronograma valorado .....                               | 185 |

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

|  |     |
|--|-----|
| Gráfico 1 Resistencia de la columna .....  | 111 |
| Gráfico 2 Resistencia de la columna corregida .....  | 132 |
| Gráfico 3 Diagrama de flujo de procesos para el diseño de elementos de la estructura ..... | 148 |
| Gráfico 4 Diagrama de flujo para la fabricación de Elementos .....                         | 150 |

## SIMBOLOGIA

$V_h$  = Volumen cubico por metro cuadro de hormigón (Deck)

$P_t$  = Cargas por tuberías

$P_{tf}$  = Cargas por techo falso

$P_b$  = Cargas por baldosas

$P_m$  = Carga por malla electro soldada

$P_{T1}$  = Carga muerta primer piso

$P_{T2}$  = Carga muerta segundo piso

$Z$  = Factor de zona

$V_s$  = Velocidad de onda de corte

$h_n$  = Altura máxima de la estructura expresada en metros

$T_a$  = Periodo de la vibración

$C_t$  = Coeficiente de acuerdo al tipo de edificio

$F_a$  = Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo cortó. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de aceleraciones para diseño en roca, considerando los efectos de sitio.

$F_s$  = Coeficiente de amplificación de suelo. Considera el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del periodo del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos.

$F_d$  = Coeficiente de amplificación de suelo. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio.

$\eta$  = Razón entre la aceleración espectral

$S_a * T_a$  = Espectro de diseño en aceleración

$\phi_p * \phi_E$  = Coeficientes de configuración en planta y elevación

$I$  = Coeficiente de importancia

$R$  = Factor de reducción de resistencia sísmica

$V$  = Cortante basal total de diseño

$W$  = Carga sísmica reactiva

$T_a$  = Periodo de vibración

$I$  = Coeficiente de importancia de la estructura

$R$  = Factor R

$P$  = Presión del aire

$\rho$  = Densidad del aire

$C_e$  = Coeficiente de entorno/altura

$C_f$  = Coeficiente de forma

$V_b$  = Velocidad corregida del viento m/s

$V$  = Velocidad instantánea m/s

$\sigma$  = Coeficiente de corrección

$h_T$  = Altura de la estructura

$P_D$  = Carga muerta

$P_P$  = Carga por peso propio de viga

$P_L$  = Carga viva

$P_G$  = Carga debido al granizo

$P_r$  = Carga Requerida

$P_u$  = Carga concentrada utilizando combinaciones que recomienda LRFD

$f'_c$  = Resistencia del Homigon (ksi)

$A$  = Area minima transversa de la columna

$h$  = Altura

$b$  = Ancho

$t$  = Espesor de lámina columna

$\lambda$  = Parámetro de esbeltez

$E$  = Módulo de elasticidad, Ksi

$F_y$  = Resistencia del acero Ksi

$\lambda_p$  = Parámetro de esbeltez límite para un elemento compacto

$P_{no}$  = Resistencia Nominal a Compresión en longitud cero

$P_p$  = Resistencia nominal para cargas apoyadas directamente sobre el concreto

$A_s$  = Área transversa del perfil

$A_c$  = Área transversal de concreto en columna

$C_2$  = Coeficiente para calcular la rigidez efectiva de un miembro compuesto tipo perfil revestido a compresión

$b_i$  = Ancho del concreto de la columna compuesta

$h_i$  = Altura del concreto de la columna compuesta

$B$  = Ancho transversal del perfil de la columna

$H$  = Altura transversal del perfil de la columna

$I_{sy}$  = Momento de Inercia de la sección columna

$C_3$  = Coeficiente para calcular la rigidez efectiva de un miembro compuesto tipo perfil relleno a compresión

$w_c$  = Densidad del concreto

$E_c$  = Módulo de elasticidad del concreto

$EI_{eff}$  = EI efectivo

$I_{cy}$  = Inercia del concreto

$I_{co}$  = Momento de Inercia de la columna

$L_{co}$  = Altura de la columna

$I_v$  = Momento de Inercia de la viga

$L_v$  = Longitud de la viga

$G$  = Designación nomograma de condición final utilizado en el diseño de la columna para determinar la longitud efectiva

$K$  = Factor de longitud efectiva

$L$  = Altura de la columna ft

$P_e$  = Carga Crítica de pandeo Elástico de Euler

$\phi_c$  = Factor para método de diseño LRFD (0.75)

$P_A$  = Compresión Pura

$r_i = t$

$P_n$  = Fuerza nominal de compresión

$S_x$  = Módulo de sección elástica tomada alrededor del eje x

$M_r$  = Resistencia requerida a flexión por un análisis de segundo orden (combinaciones de carga LRFD)

$Q_n$  = Resistencia de pernos de cortante

$A_{sa}$  = Area transversal perno de cortante

$R_g$  = Efecto del número de pernos

$R_p$  = Efecto de la posición del perno

$F_u$  = Resistencia Última del acero

$V'$  = Carga Transferida a los elementos de cortante

$N$  = Numero de pernos  
 $s$  = Espaciamiento máximo de pernos  
 $V_r'$  = Fuerza longitudinal cortante  
 $P_{rs}$  = Fuerza Externa en el Acero  
 $P_r$  = Fuerza axial requerida usando la combinación de carga LRFD  
 $A_1$  = Área de la perforación de placa  
 $\phi_B$  = Factor de diseño LRFD  
 $R_n$  = Resistencia nominal  
 $w_u$  = Presión de la placa determinada  
 $L_p$  = Ancho de la placa con perforación  
 $t_p$  = Espesor de la placa de cortante  
 $P_p$  = Carga placa base  
 $m, n, u$  = Factores para cálculos de espesor placa base  
 $M_{ux}$  = Momento debido a las cargas de diseño en el eje x  
 $M_{uy}$  = Momento debido a las cargas de diseño en el eje y  
 $P_{ueq}$  = Carga equivalente para diseño de placa base  
 $L$  = Longitud del miembro a tensión  
 $r$  = Mínimo radio de giro de la sección transversal del miembro  
 $\phi$  = Factor de reducción de resistencia  
 $T_n$  = Resistencia nominal de tensión  
 $T_u$  = Carga mayorala en el miembro  
 $T = C$  = Carga a soportar en soldadura  
 $M$  = Momento en el extremo de la viga  
 $d$  = Ancho del patín  
 $t_f$  = Espesor del patín  
 $t_w$  = Ancho del alma  
 $L$  = Longitud del cordón de soldadura  
 $V$  = Fuerza Cortante  
 $g$  = Garganta de soldadura  
 $w$  = Ancho del cordón de soldadura  
 $F_{ysold}$  = Resistencia del Cordón de soldadura  
 $\sigma$  = Esfuerzo Equivalente

$K = K_{8x31}$  = Propiedad de la viga

$L_c$  = Longitud del cordón de soldadura

$b_{fg}, t_{wg}$  = Propiedades de las vigas (tablas AISC 360-10)

$e_z$  = Excentricidad de las ménsulas

$C, C_1$  = Factores de soldadura para ménsulas AISC 360-10 tabla 8.4

$D$  = 16 avos de pulgada de cordón de soldadura por ménsula

$R_n$  = Resistencia de tracción pernos de anclaje

$\phi$  = Factor de Resistencia de tracción de acuerdo al método LRFD

$F_n$  = Tensión de tracción nominal y es igual a  $0,9 \cdot F_u$

$A_b$  = Área bruta del perno

$L_d$  = Longitud básica de desarrollo

$d_b$  = Diámetro de la varilla

$T$  = Fuerza de tensión aplicada sobre cada perno

$M$  = Momento aplicado sobre la placa base

$s$  = Separación entre pernos de anclaje

$n$  = Números de pernos de anclaje

$a$  = Eje neutro de la sección compuesta viga-losa

$A_s$  = Área transversal de la sección de acero

$b_e$  = Ancho efectivo de la viga

$B$  = Longitud mayor del área tributaria

$c$  = Distancia entre el eje neutro del perfil metálico y el eje neutro de la sección compuesta viga-losa ( $a$ )

$C_b$  = Factor de modificación por pandeo lateral torsional

$D$  = Carga muerta distribuida sobre la viga

$L$  = Carga viva distribuida sobre la viga

$L_v$  = Longitud de la viga

$L_p$  = Máxima longitud sin arriostramiento lateral a la cual el miembro no está sujeto a pandeo lateral torsional

$L_r$  = Máxima longitud sin arriostramiento lateral para la cual se alcanza el estado límite de pandeo lateral torsional en el rango inelástico

$L_b$  = Longitud sin apoyo de la viga

$m$  = Coeficiente de relación de longitudes para una distribución de cargas

trapezoidal  $m = \left(\frac{S}{B}\right)^2$

$M_n$  = Resistencia de diseño a tensión

$M_p$  = Momento plástico

$M_u$  = Momento producido por la combinación de cargas

$P_p$  = Peso propio del elemento

$S$  = Longitud menor del área tributaria

$t_s$  = Espesor de la losa de concreto

$V_u$  = Fuerza de cortante aplicada

$V_n$  = Resistencia nominal a cortante

$W_u$  = Combinación de cargas para diseño

$W$  = Carga muerta por unidad de area

$W_l$  = Carga viva por unidad de area

$\Delta L_{max}$  = Deflexión máxima permitida

$\Delta L$  = Deflexión



# CAPÍTULO 1

## 1.1 GENERALIDADES DEL DISEÑO

### 1.1.1 INTRODUCCIÓN

El diseño estructural se refiere al dimensionamiento de los elementos de una estructura después de haber realizado los cálculos, teniendo en cuenta las cargas que afectan al desempeño de la estructura, ya sea esta de acero, concreto o diseño compuesto acero-concreto, el ingeniero debe determinar la sección transversal de los elementos estructurales que resistan las cargas de la estructura, esta selección debe ser también económica.<sup>1</sup>

El ingeniero debe garantizar que la estructura no se caerá, por lo que es muy importante que sea seguro es por ello que la estructura debe soportar las cargas para la cual fue diseñado así mismo debe resistir los estados límites de servicio como: vibraciones, agrietamiento del concreto o daños no excesivos. Para realizar un buen diseño se debe evaluar varias alternativas para así poder determinar cuál estructura soportara las cargas a la cual estará sometida, así también nos indicara cual alternativa es ideal en el diseño de las juntas entre los elementos, para poder reducir costos eligiendo el diseño más óptimo.

La construcción compuesta acero-concreto emplea elementos que cada uno con sus propiedades aporta a una propiedad nueva del elemento construido, para brindar a la estructura mayor resistencia, mayor durabilidad y mayor seguridad.

El diseño de casas con diseño compuesto o construcción compuesta en Ecuador es muy poco utilizado debido a la escasa información que existe en el país, la mayoría de constructores utiliza concreto y mampostería para la construcción de viviendas con la idea de que las estas sean más robustas y resistentes, lo cual puede resultar contradictorio pues le da a la estructura mayor peso y poca resistencia a cargas sísmicas.

El diseño de casas con construcción compuesta ayuda a reducir el peso de la estructura, brinda mayor resistencia, mayor seguridad y es menos costosa que la construcción convencional, además de su rápida construcción. En nuestro

---

<sup>1</sup> Navarrete , Secciones Compuestas de Acero Concreto Metodo LRFD, 2003, pp. 1-2 [23]

país no existen amplios estudios acerca del diseño con estructuras compuestas, no obstante las normas que se utilizan para el diseño de estructuras en nuestro medio son la AISC 2010 de la American Institute of Steel Construction, para los requisitos del concreto estructural se utiliza la norma ACI 2010 de American Concrete Institute y en el Ecuador la norma vigente para la construcción es la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

El propósito de este proyecto es la aplicación de estructuras compuestas a viviendas para demostrar que este tipo de construcción no solo puede ser utilizada en edificios de gran altura sino también para edificaciones menores que tendrán gran resistencia a las cargas a las cuales este trabajando.

### **1.1.2 APLICACIÓN NACIONAL E INTERNACIONAL**

El uso de estructuras compuestas acero-hormigón presentan excelentes propiedades por la combinación del acero con el concreto, haciendo más resistente a la estructura así como también brindando protección al acero frente a factores externos como fuego y corrosión. Las propiedades de las estructuras compuestas nacen de la combinación de las propiedades individuales del acero y del concreto haciendo la estructura compuesta una buena opción para la construcción de edificios, casas entre otros. En nuestro país no es muy común la utilización de este tipo de estructuras, pero se puede ver a nivel internacional que han dado muy buenos resultados.

Entre ellos tenemos el hotel Gateway Village, Charlotte – S.D. Lindsey and Associates ubicado en Atlanta. La estructura de baja a mediana Altura son marcos compuestos.



**Imagen 1 Hotel Gateway Village**

(McCracken & Lopez, 2014)

En Costa Rica en el Ayuntamiento de San José tenemos otra estructura compuesta, en el grafico se puede apreciar la etapa de construcción de las columnas utilizando un perfil embebido de concreto y varillas.



**Imagen 2 Columnas Compuestas Ayuntamiento San José**

(CIMEPI, Segundo Curso Internacional de Diseño de Estructuras Compuestas,  
Agosto 2014)

En el banco de China se tiene súper columnas usado el diseño compuesto para la construcción de este edificio tan alto.



**Imagen 3 Torre del Banco de china**

(megaconstrucciones.net)



**Imagen 4 Columnas reforzadas Puente Napo**

(ULMA C y E, S. Coop., 2015)

### 1.1.3 DEMANDA ACTUAL

Hace ya varios años, principalmente en Estados Unidos, Japón, y Europa se han venido generando cambios en los procesos constructivos tradicionales de hormigón armado o acero estructural, dando paso a nuevos sistemas constructivos especialmente a la construcción compuesta hormigón-acero.

Este tipo de estructuras está proliferando en zonas de alta sismicidad, ya que demuestra beneficios notables en este ámbito. Esto se ha podido demostrar analítica y experimentalmente gracias al avance científico.

El tipo de estructura más usada en nuestro medio es con columnas y vigas principales en hormigón, y vigas secundarias con perfiles de acero estructural, además usando placa colaborante de acero galvanizada sobre la cual se funden las losas.

El sector de la construcción es uno de los que mayormente aportan a la producción interna del país, y uno de los sectores que mayor crecimiento mantienen, teniendo un incremento del 21.6% en el 2011, 14% en el 2012 y 8.6% en el 2013<sup>2</sup>.

Existen empresas en el país que apuntan a este crecimiento en el sector inmobiliario enfocándose al sistema de construcción compuesta. Como NOVACERO con su producto Novalosa, que se trata de una placa colaborante de acero galvanizado. Este sistema ha tenido gran acogida en la construcción ecuatoriana presentando un crecimiento sostenido de la demanda de entre el 12% y 15%<sup>3</sup>. (EL OFICIAL, 2013)

Entre las obras más importantes que han hecho uso del sistema de construcción compuesta en el país están el aeropuerto de Guayaquil y el nuevo aeropuerto de Quito.

---

<sup>2</sup> LIDERES Grupo El Comercio,2015," Construcción, sector clave para levantar la economía ecuatoriana en este 2015"pp10-12 [12]

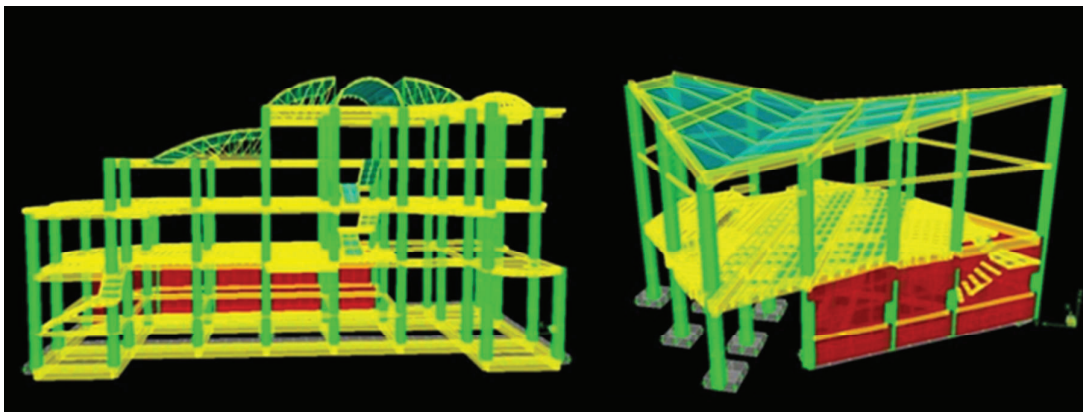
<sup>3</sup> EL OFICIAL información que construye, 2013, "MODERNOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS APLICADOS EN ECUADOR" [10]

### 1.1.4 DISEÑO ESTRUCTURAL

El diseño es un arte, que mediante la aplicación de los conocimientos de la mecánica, puede dimensionar los elementos de una estructura, ya sea esta de acero estructural, concreto reforzado y/o compuesta de acero-concreto. El diseño estructural se realiza a partir de idealizar materiales de los cuales podemos estimar sus características naturales específicas, para construir secciones transversales de tal manera que sean capaces de soportar cargas que no conocemos con exactitud, y sin embargo se comporten satisfactoriamente. Además se debe incluir una distribución adecuada de los miembros estructurales para que se facilite el montaje, y que sean económicas.

El diseño estructural debe garantizar seguridad, funcionalidad y economía, esto quiere decir soportar no solo las cargas a que va estar sometida, si no también cumplir los estados límite de servicio, como desplazamientos y vibraciones sin perjudicar su capacidad para soportar las cargas de la estructura. Es importante la evaluación de varias alternativas de estructuración de los miembros y de sus conexiones, con el fin de llegar a un diseño de costo mínimo, sin sacrificar la resistencia de la misma<sup>4</sup>.

Otro punto de vista a ser tomado en cuenta es la factibilidad de fabricación y montaje así como los materiales e instalaciones disponibles en el mercado.



**Figura 1 Diseño Estructural**

(INGEVOX, 2013)

---

<sup>4</sup> Erazo & Ordoñez, 2013 , Diseño del entramado de acero de la estructura soporte del Edificio "Diamante Premiun Corp" Ubicado en la ciudad de Guayaquil,, pp. 4-5 [11]

## **CAPÍTULO 2**

### **2.1 MARCO TEÓRICO.**

#### **2.1.1 PRINCIPIO DE APLICACIÓN**

Cada material estructural ofrece por separado propiedades y soluciones valiosas en el ámbito de la construcción, por ello el empleo combinado de acero y hormigón en estructuras compuestas posee ventajas innegables desde el punto de vista estructural y constructivo, pues se aprovechan las cualidades de ambos y se eliminan o se disminuyen los defectos de cada material si trabaja solo. Esto se logra mediante un uso racional de técnicas de diseño.

En la etapa de construcción es la estructura de acero la que soporta las cargas del concreto fresco y los equipos de construcción mientras que en la etapa de funcionamiento, las vigas de acero trabajan en sección compuesta con la losa de concreto, que ya ha alcanzado su resistencia, y soportan las cargas de funcionamiento, cargas muertas y cargas vivas.

El sistema de construcción compuesta acero-hormigón trabajando en conjunto, utiliza las mejores características de cada material, logrando así una combinación de la alta resistencia, ductilidad, baja relación peso/resistencia y la rapidez de construcción del acero, con la rigidez, resistencia al fuego, amortiguamiento y economía del hormigón. Así mismo se puede notar una disminución en las principales debilidades de cada material como el pandeo, corrosión, fatiga del acero, y el peso, agrietamiento, y complejidad de manejo del hormigón. Como resultado de esta combinación se obtienen estructuras más eficientes y económicas.

#### **2.1.2 MATERIALES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN COMPUESTA.**

##### **2.1.2.1 Acero Estructural**

El acero es una aleación de hierro y carbono con pequeñas cantidades de manganeso, silicio, azufre y fósforo, siendo uno de los materiales estructurales más importantes y usados en la construcción, esto se debe a sus propiedades



mecánicas que dependen de su composición química entre las propiedades del acero estructural tenemos:

- Elasticidad
- Límite de elasticidad
- Plasticidad
- Límite de fluencia
- Módulo de elasticidad
- Módulo de cortante
- Resistencia al impacto

La alta resistencia del acero estructural hace que sea un material muy confiable al momento de usar en la construcción, otra de las propiedades del acero estructural es la uniformidad ya que no cambia apreciablemente con el paso del tiempo como las estructuras de concreto reforzado.

Otras de las propiedades del acero estructural es la durabilidad, si tiene un adecuado mantenimiento la estructura tendrá una vida larga de uso y “la ductilidad que es la propiedad del acero de soportar grandes deformaciones antes de fallar bajo esfuerzos de tensión muy grandes”<sup>5</sup>. (Navarrete , Secciones Compuestas de Acero Concreto Método LRFD, 2003)

Los aceros tienen una serie de características comunes:

- Módulo de Elasticidad ( E ) 210 GPa
- Módulo de Rigidez (G) 81 GPa
- Coeficiente de Poisson 0.3
- Coeficiente de dilatación térmica  $1.2 \times 10^{-5} (\text{ }^\circ\text{C})^{-1}$
- Densidad  $7850 \text{ Kg/m}^3$

---

<sup>5</sup> Navarrete, 2003, Secciones Compuestas de Acero Concreto Método LRFD pp. 1-2 [23]





**Imagen 5 Estructura en acero**

(ARQHYS, 2015)

### **2.1.2.2 Concreto**

Es la unión de cemento, agua, aditivos, grava y arena lo que nos da una mezcla llamada concreto. El cemento representa sólo el 15% en la mezcla del concreto por lo que es el que ocupa menor cantidad en volumen; sin embargo su presencia en la mezcla es esencial.

Al concreto se le agrega un aditivo el cual tiene diferentes funciones tales como reducir el agua, acelerar la resistencia e incrementar su trabajo<sup>6</sup>.

#### **2.1.2.2.1 Características mecánicas**

La principal característica del hormigón es resistir los esfuerzos de compresión, pero el hormigón no resiste esfuerzos de tracción así como esfuerzos de cortante. Para aumentar la resistencia a los esfuerzos de tracción y cortante se usa barras de acero conocido como hormigón armado o concreto reforzado

---

<sup>6</sup> HOLCIM, 2015, <http://www.holcim.com.mx/productos-y-servicios/concreto.html> [14]

### 2.1.2.2.2 Características físicas del hormigón

Las principales características físicas del hormigón, en valores aproximados, son:

- Densidad: en torno a  $2350 \text{ kg/m}^3$
- Resistencia a compresión: de  $150$  a  $500 \text{ kg/cm}^2$  ( $15$  a  $50 \text{ MPa}$ ) para el hormigón ordinario. Existen hormigones especiales de alta resistencia que alcanzan hasta  $2000 \text{ kg/cm}^2$  ( $200 \text{ MPa}$ ).
- Resistencia a tracción: proporcionalmente baja, es del orden de un décimo de la resistencia a compresión.
- Tiempo de endurecimiento: progresivo, dependiendo de la temperatura, humedad y otros parámetros. De  $24$  a  $48$  horas, adquiere la mitad de la resistencia máxima; en una semana  $3/4$  partes, y en  $4$  semanas prácticamente la resistencia total de cálculo.
- Dado que el hormigón se dilata y contrae en magnitudes semejantes al acero, pues tienen parecido coeficiente de dilatación térmico, resulta muy útil su uso simultáneo en obras de construcción; además, el hormigón protege al acero de la oxidación al recubrirlo<sup>7</sup>.



**Imagen 6 Cocreto fresco**

(Construido, 2015)

---

<sup>7</sup>Wikipedia, 2015, <http://es.wikipedia.org/wiki/Hormig%C3%B3n> [33]

### 2.1.3 TIPOS DE CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN

Según (Holcim S.A., 2015) los tipos de concreto que se conocen son:

**Concreto Ultra Rápido Estructural:** Concreto de alta calidad que cumple con las especificaciones más estrictas de los reglamentos de construcción para zonas sísmicas alcanzando la resistencia a las 24, 48 ó 72 horas.

**Concreto Vivienda Industrializada:** Concreto súper fluido que facilita la colocación y disminuye la necesidad de vibrado del concreto logrando una excelente compactación y acabado superficial alcanzando la resistencia especificada a las 14, 18 ó 24 horas.

**Concreto Autocompactable:** Es un producto que presenta una gran facilidad para fluir por sí mismo sin necesidad de vibrado, aún entre el acero de refuerzo sin segregación ni sangrado.

**Concreto Baja Contracción:** Concreto especialmente diseñado para la construcción de elementos que requieran de un alto desempeño y una gran estabilidad volumétrica.

**Concreto Lanzado:** Producto diseñado para recubrimientos, estabilización de taludes, reparación de estructuras o para construcción de túneles.

**Concreto Ligero:** Concreto de características particulares para reducir peso en las estructuras y cargas a la cimentación o para cuando se requiere concreto con propiedades de aislamiento térmico y acústico.

**Relleno Fluido:** Producto auto nivelable, especialmente diseñado para el relleno de cavidades, zanjas y para la conformación de bases en sustitución de suelos granulares o arcillosos. Fácilmente removible en aplicaciones temporales o de bajo requerimiento de resistencia.

**Concreto Convencional:** Concreto de uso general para todo tipo de construcciones que no requieran características especiales.

**Concreto Estructural:** Concreto de alta calidad que cumple con las especificaciones más estrictas de los reglamentos de construcción para zonas sísmicas.

**Concreto Fluido Convencional:** Concreto ideal para el colado de elementos estrechos de difícil acceso diseñado para facilitar la colocación y disminuir las necesidades de vibrado proporcionando una excelente compactación y acabado superficial.

**Concreto Fluido Estructural:** Concreto de alta fluidez que facilita la colocación y disminuye las necesidades de vibrado en elementos de difícil acceso o densamente armados, dando un excelente acabado superficial. Cumple con las especificaciones más estrictas de los reglamentos.

**Mortero Larga Vida:** Producto de alta trabajabilidad, fluidez y plasticidad para trabajos de albañilería y la elaboración de elementos no estructurales. Por sus características mantiene sus propiedades en estado fresco.

**Mortero Premezclado:** Producto de alta trabajabilidad, fluidez y plasticidad para trabajos de albañilería y la elaboración de elementos no estructurales.

**Concreto Ultra Rápido Convencional:** Concreto de uso general para todo tipo de construcciones, especialmente diseñado para alcanzar la resistencia especificada a las 24, 48 ó 72 horas posteriores al colado.

**Concreto MR:** Ideal para la construcción de pavimentos urbanos, carreteras y patios de acceso o maniobras en proyectos industriales.

**Concreto Alta Resistencia:** Especialmente diseñado para la construcción de edificios de gran altura y elementos de concreto de altas solicitaciones estructurales<sup>8</sup>.

#### **2.1.4 SECCIONES COMPUESTAS.**

Se conoce como sección compuesta a los miembros estructurales formados de dos materiales, en este caso, acero estructural y hormigón. Además para que un miembro conformado por estos materiales sea considerado una sección compuesta, es necesario que cumpla con las normativas y así se garantice la adherencia de los dos materiales para que trabajen como un conjunto. La sección compuesta posee una mayor resistencia pues se aprovechan las propiedades de ambos materiales, esto permite disminuir la sección de los elementos, siendo más económicos y manejables.

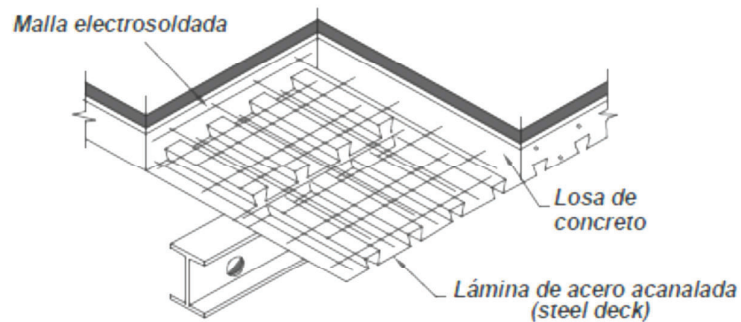
##### **2.1.4.1 Secciones compuestas en entresijos.**

Las losas mixtas están formadas por una chapa de acero conformada en frío. Esta chapa es también usada como reemplazo del encofrado tradicional durante la fundición de la losa. La función de transferencia de esfuerzos de la placa colaborante, debe garantizarse mediante la utilización de elementos de refuerzo a cortante que unen la chapa al hormigón, de lo contrario se producen flexiones independientes de los elementos.

La sección compuesta en entresijos tiene muchos beneficios, debido a que la losa no solo trabaja como piso, sino que también aporta resistencia a compresión al sistema, proporcionando una mayor rigidez, controlando vibraciones y deflexiones y haciendo que los diseños en acero sean mucho más livianos.

---

<sup>8</sup> HOLCIM, 2015, <http://www.holcim.com.mx/productos-y-servicios/concreto.html> [14]



**Figura 2 Sección compuesta en entresijos**

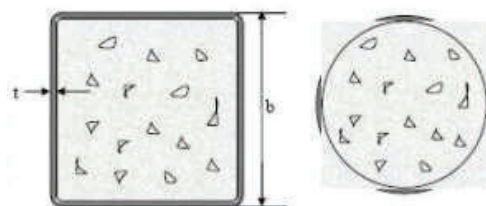
(Octavio, 2013)

#### 2.1.4.2 Secciones compuestas en columnas.

En la construcción, una columna de sección compuesta aumenta la resistencia al aprovechar las propiedades estructurales de cada uno de los materiales. Existen algunos tipos de secciones compuestas, entre los principales tenemos:

**Rellenas.**- Consiste en columnas de secciones tubulares de acero rellenas de hormigón. Estas columnas ofrecen un funcionamiento óptimo al restringir el pandeo del acero por el contacto con el hormigón y al alto confinamiento del hormigón por el acero<sup>9</sup>.

La sección de acero son puede ser circular, cuadrada o rectangular. No precisan de encofrado adicional para el hormigonado, facilitando el proceso de construcción.

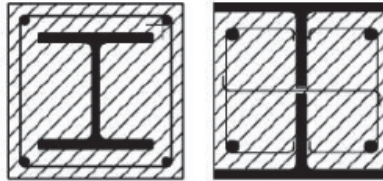


**Figura 3 Secciones compuestas**

(Octavio, 2013)

<sup>9</sup> CIMEPI, Segundo Curso Internacional de Estructuras Compuestas, Agosto 2014, pp 1-22 [7]

**Embebidas.-** Consiste en una sección de acero, la cual puede ser tanto perfiles laminados I, chapas o barras. Estas secciones pueden ser recubiertas parcial o completamente con hormigón. Al usar este tipo de secciones puede ser necesario refuerzo con varillas<sup>10</sup>.



**Figura 4 secciones embebidas**

(Octavio, 2013)

#### **2.1.4.3 Secciones compuestas en vigas.**

En general, el propósito específico de la sección compuesta es buscar una localización del eje neutro de la sección de tal forma que el concreto trabaje a compresión y el acero, tanto de la lámina colaborante como el de la viga, trabajen en tracción, optimizando de esta forma la sección.

En el diseño de vigas compuestas la sección que más fácilmente se diseñan y se construyen, es la sección formada por una viga de acero (simétrica, de patines anchos), y una losa de concreto que apoya en la viga de acero<sup>11</sup>.

---

<sup>10</sup> CIMEPI, 2014, Segundo Curso Internacional de Diseño de Estructuras Compuestas, pp. 1-7 sesión 3 [7]

<sup>11</sup> CIMEPI, 2014, "Segundo Curso Internacional de Diseño de Estructuras Compuestas", pp. 1-7 [7]

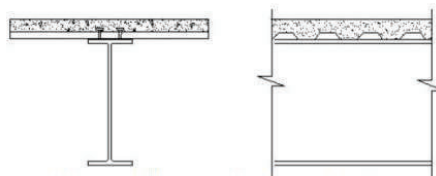


Ilustración 18 Vigas con cubierta de acero troquelada

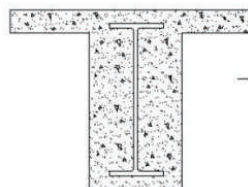


Ilustración 19 Viga embebida

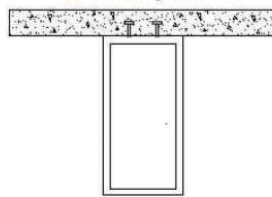


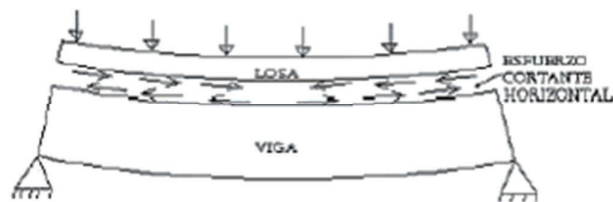
Ilustración 20 Viga cajón

## Figura 5 Secciones Vigas compuestas

(Octavio, 2013)

### 2.1.5 DEFLEXIONES

Se entiende por deflexión aquella deformación que sufre un elemento por el efecto de las flexiones internas.



## Figura 6 Flexión en vigas

(Valdés, 2011)

Las cargas de flexión aplicadas a una viga hacen que se flexione en una dirección perpendicular a su eje. Una viga originalmente recta, al aplicársele cargas se deformará y su forma será ligeramente curva.

Los problemas que causan las deflexiones excesivas pueden ser por ejemplo: una losa de piso, pueden dañar a los muros divisorios del piso inferior, o



en el caso de pisos descubiertos o techos puede resultar en estancamiento de agua. Por estos motivos es necesario el control de las deflexiones.

Las deflexiones de elementos estructurales son función de la longitud del claro, el tipo de apoyos o condiciones en los extremos, del tipo de cargas y de la rigidez a flexión del elemento.

#### 2.1.4.1 Deflexión en elementos compuestos

El momento de inercia de una sección compuesta es más alto que el de una sección no compuesta, por lo que las vigas de sección compuesta tienen deflexiones menores a las que se presentan en vigas no compuestas

Las deflexiones en vigas compuestas pueden calcularse con los mismos métodos usados para vigas metálicas, pero hay que ser cuidadoso en el tipo de carga utilizado, pues el alto momento de inercia de la sección compuesta solo estará disponible hasta después de que la losa de concreto haya endurecido. Por esto, las deflexiones causadas por las cargas aplicadas antes de que el concreto endurezca (cargas de construcción), deberán ser calculadas con el momento de inercia del perfil de acero.

$$\Delta L = \frac{W_u * L^4}{384 * EI_{eff}}$$

$$EI_{eff} = E_s I_{sy} + E_s I_{sr} + C_3 E_c I_{cy}$$

$$C_3 = 0.6 + 2 \left( \frac{A_s}{A_c + A_s} \right) \leq 0.9$$

#### 2.1.4.2 Deflexión a largo plazo

En las regiones de momento positivo, se puede dar una deformación adicional pues el concreto se encuentra en compresión constante y se ve sometido a un flujo plástico. Después de la deformación inicial, la deformación adicional se presentará de manera muy lenta y en un largo tiempo.

La deflexión a largo plazo solo puede ser estimada; por lo que generalmente se considera un área reducida de la sección de concreto en la sección compuesta, para con esto obtener un menor momento de inercia y una mayor deflexión calculada.

La reducción del área de concreto se consigue utilizando un valor de  $2n$ , según la AISC, en lugar de la razón modular  $n$  real.

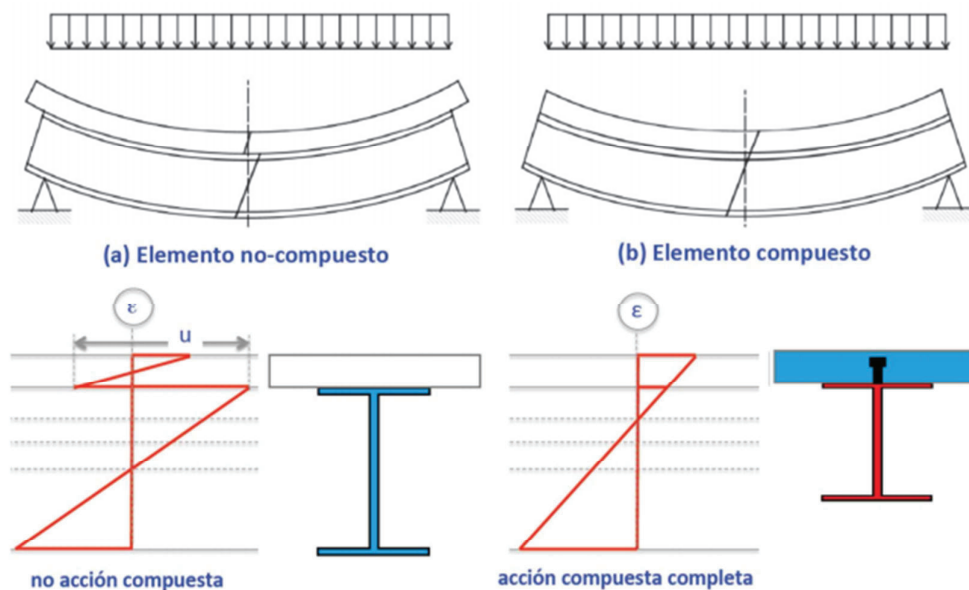
Las vigas de acero pueden recibir una contra flecha para cubrir una parte o la totalidad de las deflexiones calculadas. En ocasiones se deberá utilizar perfiles de mayor peralte, o fabricar una losa de piso de mayor espesor en el centro que en los extremos, para compensar dichas deflexiones<sup>12</sup>.

#### **2.1.5 CONECTORES DE CORTANTE.**

El conector cortante es un elemento de acero encargado de transmitir los esfuerzos entre el concreto y el acero en estructuras de sección compuesta. Este vínculo (conectores de cortante) permite que los dos materiales trabajen como una unidad para reducir las deformaciones y resistir de manera solidaria las cargas que se imponen al conjunto.

---

<sup>12</sup> Martínez Calzon, Julio; Ortiz Herrera, Jesús, " Construcción Mixta Hormigón Acero", editorial Rueda, pp [19]



**Figura 7 Transmisión de fuerzas**

(Hoyos, 2014)

Para que la viga trabaje conjuntamente con la losa de concreto debe haber cierta adherencia entre estos dos componentes para que resista las cargas horizontales que existe entre la viga y la losa que se presenten en la estructura y también debe evitar que la losa no se levante.

Para el diseño de conectores de cortante no se considera la adherencia que existe entre la losa de concreto y la viga de acero, lo cual proporciona una reserva de resistencia de corte horizontal. Esta adherencia que existe entre la viga de acero y la losa de concreto es difícil de determinar. En la actualidad, el manual del AISC proporciona las cargas permisibles para conectores de perno y de canal, pero el conector de cortante que más se emplea es el del perno con cabeza.

El perno con cabeza resiste la fuerza cortante horizontal trabajando a flexión, más que por aplastamiento del concreto contra él, la cabeza proporciona una resistencia al levantamiento de la losa de concreto. El perno se ajusta con una pistola especial y se establece un arco eléctrico entre su parte inferior y el patín de la viga, de tal forma que se mantengan unidos.

Los mecanismos de transmisión de fuerza son:

- Por soporte o apoyo del concreto al perno, y por cortante del perno al patín superior de la viga.
- Fricción de la lámina y el patín superior de la viga.
- La soldadura que sujeta la lámina de acero al patín superior de la viga
- Adhesión



**Imagen 7 Conectores tipo perno**

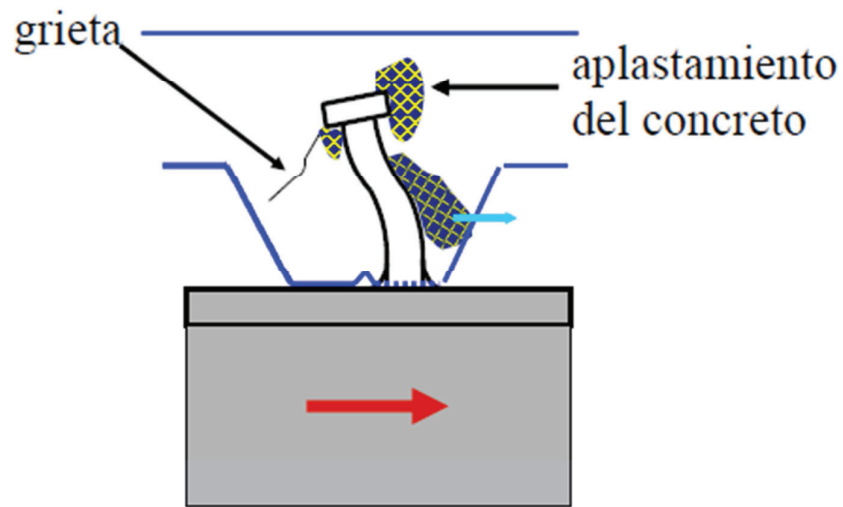
(Hoyos, 2014)

- A los conectores de cortante se les conoce también como “pernos” o “pernos de cortante”.
- Están disponibles en una gama de tamaños, materiales y grados.
- Pernos con cabeza son los más comúnmente utilizados.
- Otras opciones menos frecuentes son los pernos con ganchos o piezas de canal C.
- Dependiendo del proceso de soldadura usado, la punta del conector puede ser colocado en un casquillo cerámico (arco protegido) para retener la soldadura.
- Los conectores de cortante crean un fuerte vínculo entre la viga de acero y la losa de concreto que se vierte en la parte superior.
- Este vínculo permite a la losa de concreto trabajar con las vigas de acero para reducir la deflexión total<sup>13</sup>. (CIMEPI, Agosto 2014)

<sup>13</sup> CIMEPI, 2014, “Segundo Curso Internacional de Diseño de Estructuras Compuestas”, pp. 4.9-4.12 [7]

### 2.1.5.1 Mecanismos de falla

- Fluencia del perno en flexión y cortante
- Aplastamiento y agrietamiento del concreto
- Fractura de la soldadura del perno
- Flexión local del patín superior de la viga

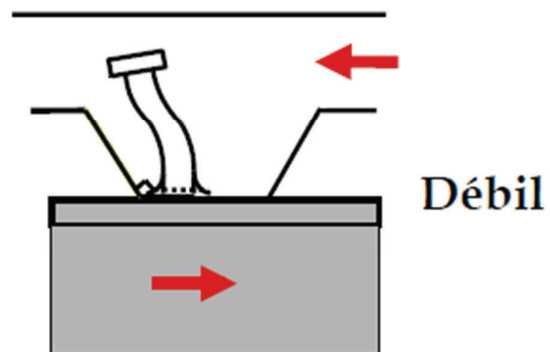


**Figura 8 Fuerzas en conector de cortante**

(CIMEPI, 2014)

### 2.1.5.2 Deformaciones por cortante

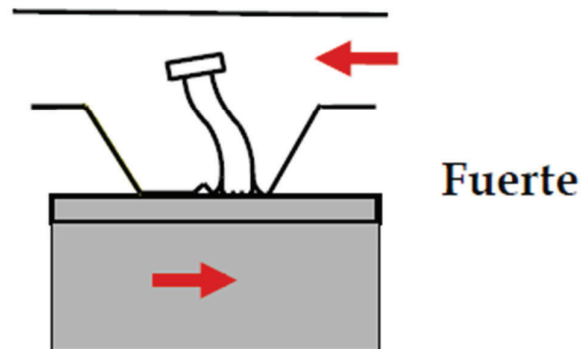
Deformación por cortante débil



**Figura 9 Posición débil**

(CIMEPI, 2014)

Deformación por cortante fuerte

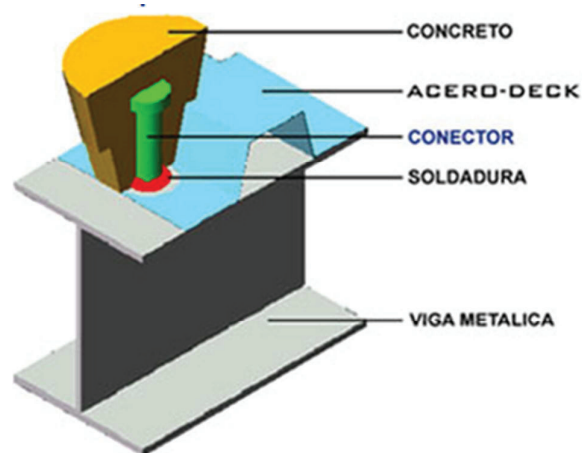


**Figura 10 Posición fuerte**

(CIMEPI, 2014)

### 2.1.5.3 Funciones de Conectores cortante:

- Contrarrestan los esfuerzos de corte horizontal.
- Genera una sección compuesta.
- Impedir una separación vertical entre losa y viga<sup>14</sup>.



**Figura 11 Esquema de funcionamiento del Conector**

(NTNET Soluciones, 2005)

<sup>14</sup> CIMEPI, 2014, "Segundo Curso Internacional de Diseño de Estructuras Compuestas" pp. 4.10-4.1 [7]

## 2.1.6 TIPOS DE CONECTORES

Espigo con cabeza



**Imagen 8 Conectores tipo Espigo con cabeza**

(Hoyos, 2014)

Canal laminado

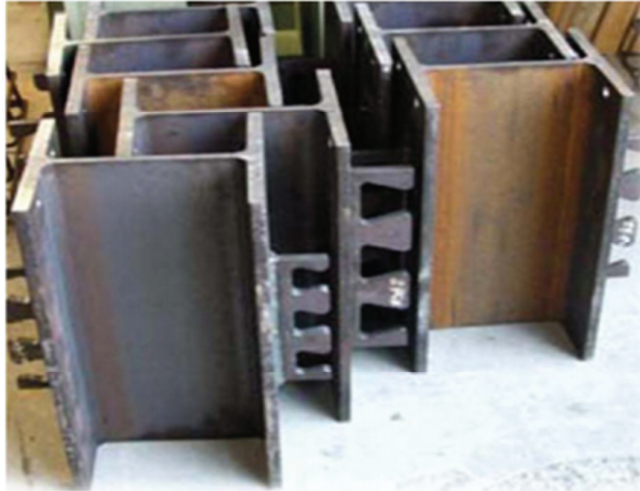


**Imagen 9 Conectores tipo Canal laminado**

(Hoyos, 2014)



### Conectores de placa continua



**Imagen 10 Conectores tipo Placa continua**

(Hoyos, 2014)

### Perno fijado con clavos en las vigas



**Imagen 11 Conectores tipo Perno fijado con clavos**

(Hoyos, 2014)



Conector con tornillo auto perforante



**Imagen 12 Conectores tipo Tornillo auto perforante**

(Hoyos, 2014)

Conectores barra doblada



**Imagen 13 Conectores tipo Barra doblada**

(Hoyos, 2014)

Conectores tipo platina doblada



**Imagen 14 Conectores tipo Platina doblada**

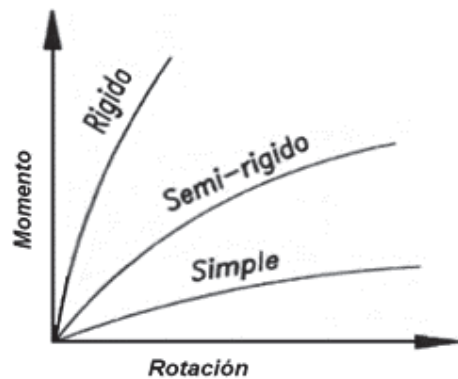
(Hoyos, 2014)

### **2.1.7 CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES**

El diseño de la estructura tiene las siguientes características: la vivienda será de dos pisos, el diseño de la estructura será sismo resistente. Las dimensiones de la estructura de la vivienda de dos pisos son: altura de cada piso de 3.33 metros, longitud de la estructura será de 18 metros dividida en 6 metros entre columnas.

### **2.1.8 TIPOS DE CONEXIONES EN ESTRUCTURAS**

Según AISC, las conexiones se clasifican en función de su relación momento-rotación y son, básicamente, de tres tipos: conexiones simples, conexiones rígidas (FR) y conexiones semi rígidas (PR).



**Figura 12 Tipos de conexiones**

(Macro steel project, 2010)

### 2.1.8.1 Conexiones Simples

Las conexiones simples o de corte son conexiones muy comunes en construcción en acero. Se asume que las conexiones de corte no transfieren momentos flectores, permitiendo la rotación en el extremo del miembro.

Si bien es cierto que las conexiones simples o de corte poseen algo de restricción rotacional, como lo ilustra la curva, esta magnitud es comúnmente ignorada y la conexión es idealizada como totalmente flexible<sup>15</sup>.



**Figura 13 Conexiones simples o de corte**

(Macro steel project, 2010)

<sup>15</sup> Macro steel Project, 2010, "Alacero: Módulo de Uniones Apornadas y soldadas" editorial Francis Pfenniger B. [18]

### 2.1.8.2 Conexiones Rígidas

Las conexiones rígidas o de momento proveen continuidad entre el elemento soportado y el soportante conservando inalterado el ángulo entre ellos durante la deformación producto de la acción de las fuerzas sobre el nudo, y evitar toda rotación relativa entre el elemento soportado y el elemento soportante. Por lo mismo, las deformaciones de flexión se producen en los miembros (pilares o vigas) que convergen al nudo. Las conexiones consideradas como totalmente rígidas raramente proporcionan una rotación cero entre los miembros, sin embargo, esta flexibilidad es generalmente ignorada<sup>16</sup>.



**Figura 14 Conexiones Rígidas o de momento completamente restringida**

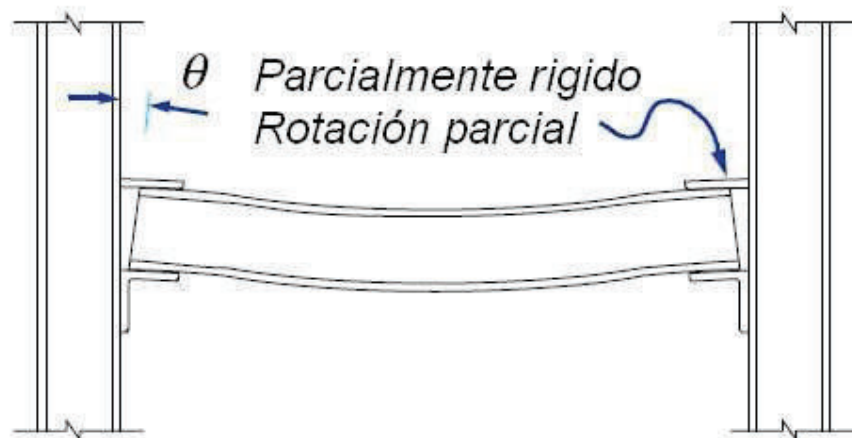
(Macro steel project, 2010)

### 2.1.8.3 Conexiones Semi Rígidas

Las conexiones de momento parcialmente restringidas, poseen un estado intermedio entre la flexibilidad de la conexión simple o de corte y la rigidez total de la conexión de momento. Las conexiones de momento parcialmente restringidas son permitidas sobre la evidencia de que las conexiones a usar son capaces de proporcionar, como mínimo, un previsible porcentaje de empotramiento<sup>17</sup>.

<sup>16</sup> Macro steel Project, 2010, "Alacero: Módulo de Uniones Apernadas y soldadas" editorial Francis Pfenniger B [18]

<sup>17</sup> Macro steel Project, 2010, "Alacero: Módulo de Uniones Apernadas y soldadas" editorial Francis Pfenniger B [28]



**Figura 15 Conexiones Semi rígidas o de momento parcialmente restringida**  
(Macro steel project, 2010)

Para el diseñador de estructuras de acero es tan importante optimizar los perfiles a emplear como unirlos adecuadamente para que el conjunto trabaje armoniosamente. No hay estructura segura si las uniones no funcionan apropiadamente, en especial en zonas donde las cargas laterales son significativas

Hay varias consideraciones que hacer en relación a la selección del tipo de conexión a ejecutar. En términos generales se acepta y recomienda que las uniones soldadas se realicen en taller y las conexiones empernadas en obra.

Sin embargo, el principio enunciado anteriormente no siempre es posible de aplicar, por lo que se deberá considerar el diseño integral del sistema de conexiones a aplicar en el proyecto.

### **Conexiones empernadas**

Las conexiones empernadas presentan ciertas características que las hacen más o menos apropiadas dependiendo de la aplicación. Las principales ventajas de las conexiones empernadas están en la rapidez de ejecución, el bajo nivel de calificación requerido para construirlas, la facilidad de inspección y reemplazo de partes dañadas y la mayor calidad que se obtiene al hacerlas en obra comparadas con conexiones soldadas. Entre las desventajas se pueden mencionar el mayor trabajo requerido en taller, lo que puede significar un costo

más alto; el mayor cuidado requerido en la elaboración de los detalles de conexión para evitar errores en la fabricación y montaje; la mayor precisión requerida en la geometría, para evitar interferencias entre conectores en distintos planos; el peso mayor de la estructura, debido a los miembros de conexión y los conectores y, el menor amortiguamiento.

### **Conexiones soldadas**

La soldadura es la forma más común de conexión del acero estructural y consiste en unir dos piezas de acero mediante la fusión superficial de las caras a unir en presencia de calor. Se ejecuta con o sin aporte de material agregado. Si la soldadura ha sido convenientemente realizada deberá permitir que la zona de unión posea las mismas propiedades mecánicas que las piezas que se han unido, conservando sus cualidades de trabajo a tracción, compresión, flexión, etc.

En general, se reconoce ventajas como el otorgar mayor rigidez a las conexiones, demandar menor cantidad de acero para materializar la conexión y permitir una significativa reducción de costos de fabricación, evitar las perforaciones en los elementos estructurales y simplificar los nudos complejos.

Sin embargo, se le reconocen también algunas desventajas, como las ya mencionadas dificultades que representa la soldadura en obra y el demandar mayores calificaciones a los operarios en obra para soldar que para hacer uniones apernadas.

## **2.1.9 MÉTODOS DE DISEÑO**

### **2.1.9.1 Método ASD**

Diseño por Esfuerzos Permisibles, es conocido por sus sigas ASD (Allowable Stress Design), con este método se procura conseguir que los esfuerzos unitarios actuantes reales en los miembros estructurales sean menores que los esfuerzos unitarios permisibles aconsejados por el reglamento.

El método ASD indica que el esfuerzo admisible  $F_t$  no debe exceder de  $0.60 F_y$  en el área total, ni de  $0.50 F_u$  en el área neta efectiva.

### **2.1.9.2 Método LRFD**

El método LRFD (Diseño por factores de carga y resistencia) basa sus conceptos de estados límites, el estado límite es una condición de la estructura o parte de la estructura deja de cumplir su determinada función. Hay dos tipos de estados que son:

#### **Estados límite de resistencia:**

Se basan en la seguridad o capacidad de carga de las estructuras e incluyen las resistencias plásticas, de pandeo, de fractura, de fatiga, de volteo, etc.

#### **Estados límite de servicio**

Se refieren al comportamiento de las estructuras bajo cargas normales de servicio y tiene que ver con aspectos asociados con el uso y ocupación, tales como deflexiones excesivas, deslizamientos, vibraciones y agrietamientos.

La estructura no solo debe soportar las cargas de diseño o las cargas últimas, también debe soportar las cargas de servicio o de trabajo a las cuales va a estar sometida durante todo el tiempo de vida de la estructura metálica.

La estructura se diseña para resistir con seguridad la carga última asociada a la mayor tormenta de un periodo de 50 años, aunque se presenten daños menores en el edificio y los ocupantes sufran molestias.

En el método LRFD las cargas de trabajo o servicio se multiplican por ciertos factores de carga o seguridad que son casi siempre mayores que 1 y se obtienen las cargas factorizadas, usadas para el diseño de la estructura.

### **2.1.10 CARGAS DE CONSTRUCCIÓN SEGÚN EL MÉTODO LRFD**

La definición de cargas en la estructura es la parte más importante que debe enfrentar el calculista del proyecto, ya que de estas cargas dependerá el diseño de los diferentes elementos estructurales, y de si será capaz de soportar la estructura bajo las cargas consideradas.



No debe omitirse la consideración de cualquier carga que pueda llegar a presentarse. Después de que se han estimado las cargas es necesario investigar las combinaciones más desfavorables que pueden ocurrir en un momento dado<sup>18</sup>.

#### 2.1.10.1 Cargas muertas

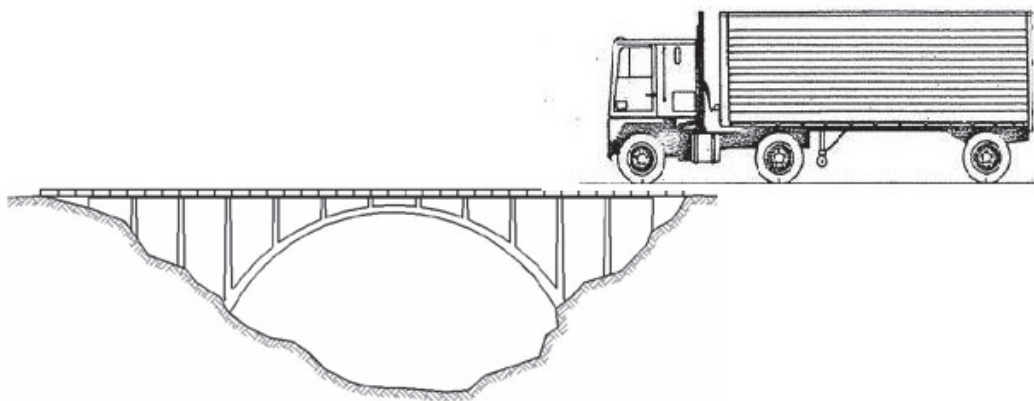
Las cargas muertas son cargas de magnitud constante en la estructura, son el peso de la estructura y otras cargas que permanecerán constante en el uso de la estructura, entre ellas tenemos: carga debido al peso de la estructura, muros, pisos, techo, instalaciones sanitarias, instalaciones eléctricas y todo tipo de artefactos que estará inmóvil.

#### 2.1.10.2 Cargas vivas

Las cargas vivas son aquellas cargas que se mueve, cambian de lugar y de magnitud. Algunas de las cargas vivas que podemos mencionar son: gente, grúas, camiones, etc.

Las cargas móviles son aquellas cargas que se pueden desplazar como: materiales en un almacén, nieve, muebles.

También se considera cargas móviles a aquellas cargas que se encuentran presentes en el momento de la construcción de la edificación como: viento, lluvia, sismo, voladuras, suelos y cambios de temperatura.



**Figura 16 Cargas vivas**

(ARQHYS, 2015)

---

<sup>18</sup> McCormac, 2002, "Estructuras Metálicas Método LRFD", Editorial Alfaomega, México, pp 40 [20]

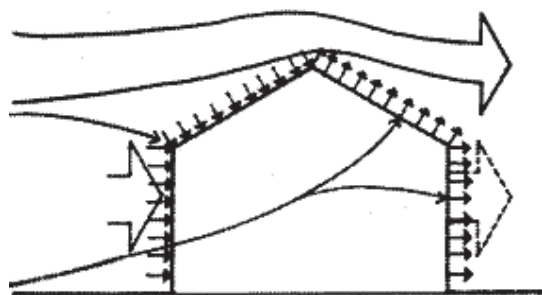


### 2.1.10.3 Cargas de viento

“El viento es un fluido en movimiento que ejerce una presión sobre las superficies con las que entre en contacto. La norma ASCE 07 considera a los edificios como estructuras rígidas, las cuales necesitan una enorme cantidad de energía para generar una respuesta dinámica<sup>19</sup>” (Erazo & Ordóñez, Diseño del entramado de acero de la estructura soporte del Edificio "Diamante Premiun Corp" Ubicado en la ciudad de Guayaquil, Abril 2013)

Las cargas de viento varían de acuerdo a la localidad geográfica, las alturas sobre el nivel de terreno, los tipos de terreno que rodean a los edificios, incluyendo otras estructuras y algunos otros factores.

Se supone que la presión de viento se aplica uniformemente en la superficie del edificio.



**Figura 17 Cargas de viento**

(Constructor Civil, 2014)

### 2.1.10.4 Cargas de sismo

Las cargas de sismo son generadas por las acciones de un sismo, y producen aceleraciones sobre la estructura de una edificación, dicha estructura deberá soportar las cargas de sismo que son transmitidas a través del suelo.}

---

<sup>19</sup> Erazo & Ordóñez, 2013, "Diseño del entramado de acero de la estructura soporte del Edificio Diamante Premiun Corp"pp18 [11]

## **2.1.11 DISEÑO POR FACTORES DE CARGA Y RESISTENCIA (MÉTODO LRFD)**

### **2.1.11.1 Especificaciones Técnicas**

NOTA (AISC 2010): En caso de que estas Especificaciones hagan referencia al código de construcción aplicable, y dicho código no existiera, las cargas, combinaciones de carga, limitaciones de sistema, y requerimientos de diseño en general serán los establecidos en ASCE/SEI 7.

### **2.1.11.2 AISC 360-10**

La Especificación para Edificios de Acero (ANSI/AISC 360), se aplica al diseño de sistemas estructurales en acero o sistemas con acero estructural actuando en estructuras compuestas con concreto armado.

Esta Especificación establece criterios para el diseño, fabricación y el montaje de edificios de acero estructural y otras estructuras, donde otras estructuras se definen como aquellas estructuras diseñadas, fabricadas y montadas de manera similar al de edificios, indicando de esta manera que sus elementos resistentes a cargas verticales y laterales son similares a los sistemas resistentes de los edificios<sup>20</sup>.

### **2.1.11.3 ANSI-AISC 341-10.**

Las Disposiciones Sísmicas para Edificios de Acero Estructural, regirán el diseño, fabricación y montaje de elementos de acero estructural y las conexiones en los sistemas resistentes a fuerza sísmica (SFRS por sus siglas en inglés), y los empalmes y las bases de las columnas en sistemas con pórticos de gravedad de edificios y otras estructuras con pórticos de momento, pórticos arriostrados y muros de cortante. Se aplicará a otras estructuras diseñadas, fabricadas y montadas de manera similar a los edificios. Estas disposiciones se aplicarán al diseño de sistemas resistentes a fuerza sísmica para estructuras de acero o de acero estructural actuando compuestamente con hormigón armado, a menos que esté específicamente exenta por el código de construcción aplicable<sup>21</sup>.

---

<sup>20</sup> Alacero, 2010, "Especificación ANSI/AISC 360-10 para Construcciones de Acero" pp 64-70 [2]

<sup>21</sup> Alacero, 2010, "Especificación ANSI/AISC 360-10 para Construcciones de Acero" pp 64-70 [2]

### **2.1.12 ANSI/AISC 358-10. CONEXIONES PRECALIFICADAS PARA MARCOS DE ACERO**

Esta norma especifica el diseño, detallado, fabricación y criterios de calidad para las conexiones que están precalificados de acuerdo con las disposiciones sísmicas de la AISC para edificios de acero estructural, para su uso con pórticos de momento especiales (SMF) y pórticos de momento intermedios (FMI). Las conexiones contenidas en la presente Norma son precalificadas para cumplir con los requisitos de las disposiciones sísmicas AISC sólo cuando se ha diseñado y construido de acuerdo con los requisitos de esta norma. Nada en la presente Norma será obstáculo para la utilización de los tipos de conexión que figuran en este documento fuera de las limitaciones indicadas, ni el uso de otros tipos de conexión, cuando la junta cumpla con conformidad las disposiciones sísmicas AISC<sup>22</sup>. (Alacero , 2010)

### **2.1.13 NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN**

La Norma Ecuatoriana de la Construcción ha sido elaborada en base a la información, al conocimiento y a la tecnología disponible a nivel nacional y mundial. Consta de varios capítulos, de los cuales los siguientes han sido aprobados para su aplicación nacional.

- Cargas y Materiales
- Peligro Sísmico y Requisitos de Diseño Sismo Resistente
- Riesgo Sísmico, Evaluación y Rehabilitación de Estructuras
- Estructuras de Hormigón Armado
- Estructuras de Acero
- Mampostería Estructural
- Geotecnia y Cimentaciones
- Vivienda de Hasta 2 Pisos con Luces de Hasta 5.0 M

Sus contenidos deberán ser aplicados en instituciones y profesionales, de manera especial los capítulos que hacen referencia a peligro sísmico y diseño sismo resistente, toda vez que la concepción principal de sus contenidos va dirigida de manera especial a proteger la vida de las personas<sup>23</sup>.

---

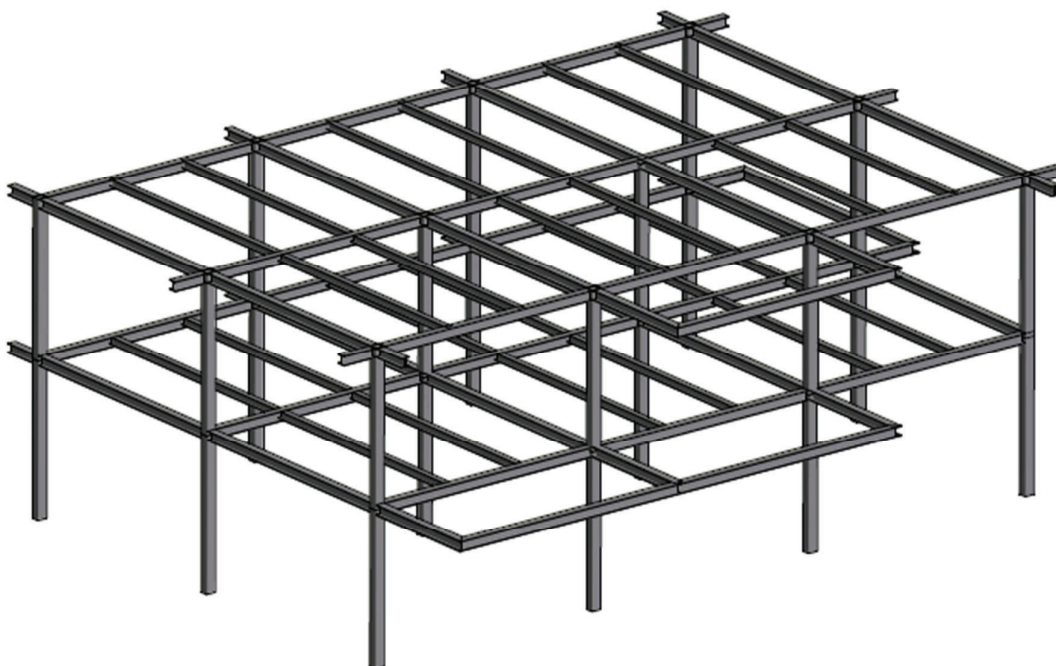
<sup>22</sup> Alacero, 2010, "Especificación ANSI/AISC 360-10 para Construcciones de Acero" pp 64-70 [2]

<sup>23</sup> (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2010) [24]

## CAPÍTULO 3

### DISEÑO DE LA VIVIENDA TIPO

La Vivienda Tipo Responde a los planos arquitectónicos realizados por la empresa STEEL SOLUTIONS CONSTRUCCIONES CIA, en base a un análisis técnico/económico de viviendas dirigidas para una clase socioeconómica media, teniendo como referencia estudios realizados por el municipio del distrito metropolitano de quito, que tipifican las viviendas por su costo.



**Figura 18 Aproximación de la Estructura**

#### 3.1.1 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS ESTRUCTURALES PARA EL DISEÑO DE LA VIVIENDA

Este proyecto se basa en el uso de construcción compuesta, por lo que las secciones tanto de las vigas como de las columnas, serán secciones compuestas.

La estructura debe cumplir los requerimientos de cargas establecidas en La Norma Ecuatoriana de la Construcción, cargas muertas, cargas vivas, cargas

de viento, cargas sísmicas entre otras. Basados en los criterios de resistencia, rigidez, estabilidad y funcionalidad.

### **3.1.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA ESTRUCTURA**

Las especificaciones técnicas de la estructura serán determinadas a través de la Casa de la calidad que es parte del diseño concurrente. La casa de la calidad tiene como función cambiar los requerimientos de usuario o cliente (voz del usuario) en especificaciones técnicas (voz del ingeniero). Estas especificaciones técnicas deben cumplir normas de construcción o diseño.

Una vez que se tenga las especificaciones técnicas se procederá a evaluar cuál es la especificación de mayor importancia<sup>24</sup>.

#### **3.1.2.1 Voz del usuario**

De acuerdo a los requerimientos técnicos y estéticos de la casa tipo de dos pisos tenemos que el diseño debe cumplir con las siguientes características.

- Cumplir con las normas y códigos de diseño estructural vigentes.
- Adecuado espacio de habitaciones
- La estructura debe ser sísmo resistente
- Poco tiempo de construcción
- Bajo costo de construcción
- Facilidad de montaje de la estructura
- Adecuados materiales de construcción
- Buenos acabados arquitectónicos

#### **3.1.2.2 Requerimientos del diseñador**

Los requerimientos del diseñador son las características medibles que se obtiene de la voz del usuario, y son las que después darán las especificaciones técnicas del proyecto. Estas características del proyecto son:

- Sísmo resistencia
- Tiempo de construcción (meses)
- Peso (Kilogramos Kg)
- Dimensiones (metros, m)
- Número de pisos

---

<sup>24</sup> Riba ,2002, Diseño Concurrente, págs. 178-184 [29]

## 3.1.2.3 Casa de la calidad

Tabla 1 Casa de la calidad

Basico unidimensional Estimulante

BOE

Muy positiva  
positiva  
negativa  
Muy negativa

| Voz del usuario (Necesidades y deseos usuario) | Voz del Ingeniero |                            |                              |                     |                        |                          |       | Analisis de la competencia |     |   |   |     |     |   |      |      |
|--|-------------------|----------------------------|------------------------------|---------------------|------------------------|--------------------------|-------|----------------------------|-----|---|---|-----|-----|---|------|------|
|  | Dimensiones       | Area                       | Resistencia de la estructura | Cantidad de mateial | Tiempo de construccion | Resistencia del material | Costo | A                          | B   | C | D | E   | F   | G | H    | I    |
| Cumplir normas y codigos de diseño estructural | B                 | 9                          | 9                            | 3                   |                        |                          | 3     | 3                          | 4   | 4 | 5 | 1.7 | 1.2 | 5 | 10.0 | 21.6 |
| Adecuado espacio                               | B                 | 9                          | 9                            |                     |                        |                          | 3     | 3                          | 4   | 5 | 5 | 1.7 | 1.2 | 3 | 6.0  | 13.0 |
| Estructura sismo resistente                    | B                 | 9                          | 9                            |                     |                        |                          | 9     | 3                          | 3   | 4 | 5 | 1.7 | 1.2 | 5 | 10.0 | 21.6 |
| Poco tiempo de construccion                    | O                 |                            |                              | 9                   | 9                      |                          | 3     | 3                          | 2   | 4 | 3 | 1.0 | 1   | 4 | 4.0  | 8.7  |
| Facil montaje de la estructura                 | B                 |                            |                              |                     | 9                      |                          | 3     | 3                          | 3   | 4 | 4 | 1.3 | 1.2 | 4 | 6.4  | 13.9 |
| Adecuados materiales de construccion           | B                 | 3                          | 3                            |                     |                        | 9                        | 3     | 3                          | 4   | 3 | 3 | 1.0 | 1.2 | 4 | 4.8  | 10.4 |
| Bajo costo de construccion                     | O                 | 3                          |                              | 3                   | 3                      |                          | 9     | 3                          | 4   | 4 | 5 | 1.7 | 1   | 3 | 5.0  | 10.8 |
|  |                   |                            |                              |                     |                        |                          |       |                            |     |   |   |     |     |   | 46.2 | 100  |
| Propia empresa                                 |                   | 3                          | 3                            | 3                   | 3                      | 3                        | 3     | 3                          |     |   |   |     |     |   |      |      |
| Mutualista Pichincha                           |                   | 4                          | 4                            | 3                   | 2                      | 3                        | 4     | 4                          |     |   |   |     |     |   |      |      |
| Burbano & Montalvo                             |                   | 4                          | 5                            | 4                   | 4                      | 4                        | 3     | 4                          |     |   |   |     |     |   |      |      |
| Incidencia                                     |                   | 209                        | 54                           | 194                 | 135                    | 109                      | 43.2  | 229                        | 973 |   |   |     |     |   |      |      |
| Incidencia en %                                |                   | 21.5                       | 5.5                          | 20.0                | 13.9                   | 11.2                     | 4.4   | 23.5                       | 100 |   |   |     |     |   |      |      |
| Evaluacion tecnica                             |                   | valores de referencia      |                              |                     |                        |                          |       |                            |     |   |   |     |     |   |      |      |
|  |                   | lucos de 6m                |                              |                     |                        |                          |       |                            |     |   |   |     |     |   |      |      |
|  |                   | 290 m.2                    |                              |                     |                        |                          |       |                            |     |   |   |     |     |   |      |      |
|  |                   | 36 Ksi (Acero estructural) |                              |                     |                        |                          |       |                            |     |   |   |     |     |   |      |      |
|  |                   | 70 TON                     |                              |                     |                        |                          |       |                            |     |   |   |     |     |   |      |      |
|  |                   | 3 Meses                    |                              |                     |                        |                          |       |                            |     |   |   |     |     |   |      |      |
|  |                   | 3ksi hormigon              |                              |                     |                        |                          |       |                            |     |   |   |     |     |   |      |      |
|  |                   | 110 000 USD                |                              |                     |                        |                          |       |                            |     |   |   |     |     |   |      |      |

Fuente: David Allauca; Julio Merizalde

Elaborado por: David Allauca; Julio Merizalde

## 3.1.2.4 Especificaciones técnicas

“Como referencia inicial del proceso de diseño conviene organizar las especificaciones de un proyecto breve denominado documento de especificación (o, simplemente, especificación) con el máximo de información útil”<sup>25</sup>

A continuación se presenta las especificaciones de la Casa tipo de dos pisos con estructuras compuestas

<sup>25</sup> Riba, 2002, Diseño Concurrente, págs. 86-90 [29]

**Tabla 2 Documento de especificación**

| <b>Empresa Cliente:</b>                   |              | <b>Producto:</b><br>Casa de dos pisos con estructuras compuestas |            | <b>Fecha inicial:</b> 24/11/2014<br><b>Última versión:</b> 01/03/2015 |
|---|--------------|--|------------|---|
| <b>Diseñadores:</b><br>Allauca- Merizalde |              | <b>Página 1</b>  |            |   |
| <b>Especificaciones</b>                   |              |  |            |   |
| <b>Concepto</b>                           | <b>Fecha</b> | <b>Propone</b>   | <b>R/D</b> | <b>Descripción</b>  |
| Función                                   | 11/24/2014   | C+I  | R          | Sistema estructural para soportar cargas vivas y muertas.             |
|   |              | C+I  | R          | Resistir fuerzas sísmicas   |
|   |              | C+I  | R          | Soportar cargas de viento y otras                                     |
| Dimensiones                               | 11/24/2014   | C  | R          | Casa de dos pisos.  |
|   |              | C  | R          | Área de construcción de:  |
|   |              | C  | R          | Altura del nivel de 3.36m   |
| Materiales                                | 11/24/2014   | D  | R          | Columnas rellenas de concreto   |
|   |              | D  | R          | Vigas principales y secundaras de acero                               |
|   |              | D  | R          | A36   |
|   |              | D  | D          | Cubierta de losa DECK<br>Paredes con sistema Hormi2                   |
| Ergonomía                                 | 11/24/2014   | C  | R          | Servicios Básicos (Agua, energía eléctrica, teléfono)                 |
|   |              | C  | R          | Buen acabado arquitectónico   |
| Aspectos legales                          | 11/24/2014   | D  | R          | Cumplir con la norma ecuatoriana de la construcción NEC-11            |
|   |              | D  | R          | Cumplir con las normas ASCE 7 y AISC 360                              |
|   |              | D  | R          | Cumplir con las normas municipales                                    |

**Propone:** C= Cliente; I= Ingeniería

**R/D:** R= Requerimiento; MR= Modificación Requerida; NR Nuevo requerimiento;

D= Deseo

Fuente: David Allauca; Julio Merizalde

Elaborado por: David Allauca; Julio Merizalde

### 3.1.3 DEFINICIÓN DEL PROYECTO

Debido a los requerimientos de la casa de la calidad y a las especificaciones técnicas podemos definir como se diseñará la estructura de la casa de dos pisos con estructuras compuestas.

### 3.1.4 ALTERNATIVAS DE DISEÑO

#### 3.1.4.1 Método ordinal corregido de criterios ponderados.

Para el diseño de la estructura de la vivienda existen varias alternativas que se deberán evaluar las mismas para seleccionar la opción más adecuada de acuerdo a los requerimientos de diseño del cliente y del diseñador.

Para analizar la mejor alternativa de las varias que se pueden presentar en el diseño se utilizara el método ordinal corregido de criterios ponderados.

El método ordinal corregido de criterios ponderados consiste en realizar tablas comparativas con los diferentes criterios o soluciones para un determinado criterio que se comparara con los demás criterios o soluciones.

Para evaluar estos criterios se usan 0; 0.5; 1 de acuerdo a los siguientes casos:

- 1 Si el criterio de las filas es superior (o mejor  $>$ ) que el de las columnas
- 0.5 Si el criterio de las filas es equivalente ( $=$ ) al de las columnas.
- 0 Si el criterio de las filas es inferior (o peor,  $<$ ) que el de las columnas.

Ponderaciones tomadas según (Riba, Diseño Concurrente, 2002)

Con el método ordinal corregido de criterios ponderados se procede a evaluar los criterios para determinar la solución óptima para el diseño de la estructura de la casa, se determinará el criterio de mayor importancia para la estructura, estos criterios a analizar son Resistencia, costo (de la estructura de la vivienda) y montaje (facilidad de montaje).



De acuerdo a esto tenemos:

**Tabla 3 Evaluación de criterios**

**Resistencia>Costo>Peso>Montaje**

| Criterio           | Resistencia | Costo | Peso | Montaje     | $\Sigma+1$ | Ponderación |
|--------------------|-------------|-------|------|-------------|------------|-------------|
| <b>Resistencia</b> |             | 1     | 1    | 1           | 4          | 0.40        |
| <b>Costo</b>       | 0           |       | 1    | 1           | 3          | 0.30        |
| <b>Peso</b>        | 0           | 0     |      | 1           | 2          | 0.20        |
| <b>Montaje</b>     | 0           | 0     | 0    |             | 1          | 0.10        |
|                    |             |       |      | <b>Suma</b> | 10         | 1           |

Fuente: David Allauca; Julio Merizalde

Elaborado por: David Allauca; Julio Merizalde

Como se puede observar el criterio de mayor importancia para el diseño de la estructura es la resistencia, pero otro criterio que tiene un valor alto es el costo de la estructura, estos dos criterios están muy relacionados porque a mayor resistencia de la estructura (materiales de buena calidad) el costo será mayor.

La ponderación de los criterios de la tabla anterior será utilizada como pesos para la evaluación de los demás criterios que se tiene como alternativas de diseño, para determinar la solución más óptima de acuerdo al criterio de mayor importancia que es la resistencia seguido del costo.

### 3.1.4.2 Alternativas de diseño de columnas.

#### **Columnas**

Para el diseño de las columnas se tiene 3 criterios que son columnas embebidas en concreto, columnas rellenas con concreto y las columnas de hormigón armado.

#### **Columnas de hormigón armado**

##### **Ventajas:**

- Elevada resistencia a la compresión.
- Seguridad contra incendios debido a que el concreto no es un material combustible y es un mal conductor de calor, su dilatación es mínima.
- Mantenimiento de columnas mínimo
- Tiene buenos acabados arquitectónicos.

**Desventajas:**

- Tiempo de construcción muy largo.
- Construcción compleja, requiere de encofrado para construir las columnas.
- Columnas demasiado pesadas.

**Columnas rellanas de hormigón****Ventajas:**

- Elevada resistencia, combinación de materiales y propiedades del acero y concreto.
- Columnas más ligeras.
- Facilidad de construcción.

**Desventajas:**

- Mantenimiento de columnas con frecuencia (pintura)
- Requiere de personal calificado

**Columnas embebidas en concreto.****Ventajas:**

- Elevada resistencia
- No requiere de mantenimiento
- Tiene buenos acabados arquitectónicos

**Desventajas:**

- Construcción compleja (encofrado).
- Requiere de personal calificado para la construcción.

**Tabla 4 Ponderación Columnas vs. Resistencia**

**Rellenas>embebidas>hormigón armado**

| Resistencia            | Embebidas | Rellenas | Hormigón armado | $\Sigma+1$ | Ponderación |
|------------------------|-----------|----------|-----------------|------------|-------------|
| <b>Embebidas</b>       |           | 0        | 1               | 2          | 0.33        |
| <b>Rellenas</b>        | 1         |          | 1               | 3          | 0.50        |
| <b>Hormigón Armado</b> | 0         | 0        |                 | 1          | 0.17        |
|                        |           |          | <b>Suma</b>     | 6          | 1.00        |

Fuente: David Allauca; Julio Merizalde

Elaborado por: David Allauca; Julio Merizalde

**Tabla 5 Ponderación Columnas vs. Costo**

**Hormigón armado>embebidas>rellenas**

| Costo                  | Embebidas | Rellenas | Hormigón armado | $\Sigma +1$ | Ponderación |
|------------------------|-----------|----------|-----------------|-------------|-------------|
| <b>Embebidas</b>       |           | 1        | 0               | 2           | 0.33        |
| <b>Rellenas</b>        | 0         |          | 0               | 1           | 0.17        |
| <b>Hormigón Armado</b> | 1         | 1        |                 | 3           | 0.50        |
|                        |           |          | <b>Suma</b>     | 6           | 1.00        |

Fuente: David Allauca; Julio Merizalde

Elaborado por: David Allauca; Julio Merizalde

**Tabla 6 Ponderación Columnas vs. Peso****Rellenas>embebidas>hormigón armado**

| Peso            | Embebidas | Rellenas | Hormigón armado | $\Sigma +1$ | Ponderación |
|-----------------|-----------|----------|-----------------|-------------|-------------|
| Embebidas       |           | 0        | 1               | 2           | 0.33        |
| Rellenas        | 1         |          | 1               | 3           | 0.50        |
| Hormigón Armado | 0         | 0        |                 | 1           | 0.17        |
|                 |           |          | <b>Suma</b>     | 6           | 1.00        |

Fuente: David Allauca; Julio Merizalde

Elaborado por: David Allauca; Julio Merizalde

**Tabla 7 Ponderación Columnas vs. Montaje****Rellenas>Hormigón armado> embebidas**

| Montaje         | Embebidas | Rellenas | Hormigón armado | $\Sigma +1$ | Ponderación |
|-----------------|-----------|----------|-----------------|-------------|-------------|
| Embebidas       |           | 0        | 0               | 1           | 0.17        |
| Rellenas        | 1         |          | 1               | 3           | 0.50        |
| Hormigón Armado | 1         | 0        |                 | 2           | 0.33        |
|                 |           |          | <b>Suma</b>     | 6           | 1.00        |

Fuente: David Allauca; Julio Merizalde

Elaborado por: David Allauca; Julio Merizalde

**Tabla 8 Ponderación final Columnas**

| Solución        | Resistencia | Costo | Peso | Montaje | Suma |
|-----------------|-------------|-------|------|---------|------|
| Embebidas       | 0.13        | 0.13  | 0.13 | 0.07    | 0.47 |
| Rellenas        | 0.20        | 0.07  | 0.20 | 0.20    | 0.67 |
| Hormigón Armado | 0.07        | 0.20  | 0.07 | 0.13    | 0.47 |

Fuente: David Allauca; Julio Merizalde

Elaborado por: David Allauca; Julio Merizalde

Considerando los pesos del análisis de los criterios de resistencia, costo, peso y montaje tenemos un resultado final que nos indica cual es el mejor criterio para el diseño de la columna, para este caso son Columnas rellenas con concreto.

### **3.1.4.3 Vigas**

Para el diseño de las vigas se tiene tres criterios que se analizará para determinar cuál criterio es el más óptimo, ajustándose a los requerimientos antes citados.

Para las vigas tenemos los siguientes criterios: vigas embebidas, vigas de acero (perfil I) y vigas de hormigón armado.

#### **Vigas**

##### **Embebidas**

##### **Ventajas:**

- Mayor resistencia a la compresión y flexión
- Resistencia a elevadas temperaturas
- Mayor resistencia a la corrosión

##### **Desventajas:**

- Construcción muy compleja
- Tiempo de fabricación largo

##### **Perfiles de acero**

##### **Ventajas:**

- Resistencia elevada
- Menos peso
- Facilidad de montaje

##### **Desventajas:**

- Se requiere de personal calificado para ensamblar las vigas
- Mayor mantenimiento (pintar vigas para evitar corrosión)
- Baja Resistencia a elevadas temperaturas

## Hormigón armado

### Ventajas:

- Acero y concreto trabajan en conjunto
- Bajo mantenimiento a las vigas
- Vigas más robustas

### Desventajas

- Difícil construcción
- Vigas pesadas

**Tabla 9 Ponderación Vigas vs. Resistencia**

Embebidas>perfil de acero>hormigón armado

| Resistencia      | Embebidas | hormigón armado | Perfil de acero | $\Sigma +1$ | Ponderación |
|------------------|-----------|-----------------|-----------------|-------------|-------------|
| <b>Embebidas</b> |           | 1               | 1               | 3           | 0.50        |
| hormigón armado  | 0         |                 | 0               | 1           | 0.17        |
| Perfil de acero  | 0         | 1               |                 | 2           | 0.33        |
|                  |           |                 | <b>suma</b>     | 6           | 1.00        |

Fuente: David Allauca; Julio Merizalde

Elaborado por: David Allauca; Julio Merizalde

**Tabla 10 Ponderación Vigas vs. Costo**

Perfil de acero>hormigón armado>embebidas

| Costo            | Embebidas | hormigón armado | Perfil de acero | $\Sigma +1$ | Ponderación |
|------------------|-----------|-----------------|-----------------|-------------|-------------|
| <b>Embebidas</b> |           | 0               | 0               | 1           | 0.17        |
| hormigón armado  | 1         |                 | 0               | 2           | 0.33        |
| Perfil de acero  | 1         | 1               |                 | 3           | 0.50        |
|                  |           |                 | <b>suma</b>     | 6           | 1.00        |

Fuente: David Allauca; Julio Merizalde

Elaborado por: David Allauca; Julio Merizalde

**Tabla 11 Ponderación Vigas vs. Peso****Perfil de acero>hormigón armado>embebidas**

| Peso            | Embebidas | hormigón armado | Perfil de acero | $\Sigma +1$ | Ponderación |
|-----------------|-----------|-----------------|-----------------|-------------|-------------|
| Embebidas       |           | 0               | 0               | 1           | 0.17        |
| hormigón armado | 1         |                 | 0               | 2           | 0.33        |
| Perfil de acero | 1         | 1               |                 | 3           | 0.50        |
|                 |           |                 | suma            | 6           | 1.00        |

Fuente: David Allauca; Julio Merizalde

Elaborado por: David Allauca; Julio Merizalde

**Tabla 12 Ponderación Vigas vs. Montaje****Perfil de acero>hormigón armado>embebidas**

| Montaje         | Embebidas | hormigón armado | Perfil de acero | $\Sigma +1$ | Ponderación |
|-----------------|-----------|-----------------|-----------------|-------------|-------------|
| Embebidas       |           | 0               | 0               | 1           | 0.17        |
| hormigón armado | 1         |                 | 0               | 2           | 0.33        |
| Perfil de acero | 1         | 1               |                 | 3           | 0.50        |
|                 |           |                 | suma            | 6           | 1.00        |

Fuente: David Allauca; Julio Merizalde

Elaborado por: David Allauca; Julio Merizalde

**Tabla 13 Ponderación final Vigas**

| Solución        | Resistencia | Costo | Peso | Montaje | Suma |
|-----------------|-------------|-------|------|---------|------|
| Embebidas       | 0.20        | 0.07  | 0.07 | 0.07    | 0.40 |
| Hormigón Armado | 0.07        | 0.13  | 0.13 | 0.13    | 0.47 |
| Perfil de acero | 0.13        | 0.20  | 0.20 | 0.20    | 0.73 |

Fuente: David Allauca; Julio Merizalde

Elaborado por: David Allauca; Julio Merizalde

Del análisis se obtiene que el criterio más adecuado para el diseño de la viga corresponde a un perfil de acero I.

#### **3.1.4.4 Losa**

Para la construcción de la losa se tiene los siguientes criterios que son utilizados comúnmente en la construcción de edificios o casas, de la cual se seleccionará el mejor criterio de solución de acuerdo a las necesidades de diseño.

#### **Steel Deck**

##### **Ventajas**

- Tiene una variedad de aplicaciones, se utiliza en estructuras metálicas, estructuras de concreto y mixtas.
- No se requiere de encofrado.
- Hay más limpieza y seguridad al momento de ensamblar la losa DECK.
- Ahorro significativo de materiales, mano de obra y tiempo (fácil de montar).

##### **Desventajas**

- Costo elevado.
- Requiere personal capacitado (eleva costo de construcción).
- Mayor control al momento de montaje de la losa tipo DECK.

#### **Hormigón**

##### **Ventajas**

- No requiere de personal calificado para su construcción
- No necesita de un control tan continuo en su construcción

##### **Desventajas**

- Requiere de encofrado para su construcción
- Elevado tiempo de construcción.
- Más ingreso de material.



## Steel Framing

### Ventajas

- Piso más liviano, de baja densidad.
- Por su proceso de fabricación presenta una compacidad que permite trabajarlo como la madera.
- Es resistente a impactos, fuego, hongos.

### Desventajas

- Necesita mayor cantidad de materiales para su fabricación.
- Requiere de personal calificado para su instalación.
- Necesita de un control de montaje del piso.
- Costo elevado.

**Tabla 14 Ponderación Losas vs. Resistencia**

**Steel framing >Steel Deck>hormigón**

| Resistencia   | Steel Deck | Hormigón armado | Steel Framing | $\Sigma +1$ | Ponderación |
|---------------|------------|-----------------|---------------|-------------|-------------|
| Steel Deck    | 0          | 1               | 0             | 2           | 0.33        |
| Hormigón      | 0          | 0               | 0             | 1           | 0.17        |
| Steel Framing | 1          | 1               | 1             | 3           | 0.50        |
|               |            |                 | <b>Suma</b>   | 6           | 1.00        |

Fuente: David Allauca; Julio Merizalde

Elaborado por: David Allauca; Julio Merizalde

**Tabla 15 Ponderación Losas vs. Costo**

**Steel Deck>Steel framing> hormigón armado**

| Costo           | Steel Deck | Hormigón armado | Steel Framing | $\Sigma +1$ | Ponderación |
|-----------------|------------|-----------------|---------------|-------------|-------------|
| Steel Deck      | 0          | 1               | 1             | 3           | 0.50        |
| Hormigón armado | 0          | 0               | 0             | 1           | 0.17        |
| Steel Framing   | 0          | 1               | 1             | 2           | 0.33        |
|                 |            |                 | <b>Suma</b>   | 6           | 1.00        |

Fuente: David Allauca; Julio Merizalde

Elaborado por: David Allauca; Julio Merizalde

**Tabla 16 Ponderación Losas vs. Peso**  
**Steel Deck>Steel framing>Hormigón Armado**

| Peso            | Steel Deck | Hormigón armado | Steel Framing | $\Sigma +1$ | Ponderación |
|-----------------|------------|-----------------|---------------|-------------|-------------|
| Steel Deck      |            | 1               | 1             | 3           | 0.50        |
| Hormigón armado | 0          |                 | 0             | 1           | 0.17        |
| Steel Framing   | 0          | 1               |               | 2           | 0.33        |
|                 |            |                 | <b>Suma</b>   | 6           | 1.00        |

Fuente: David Allauca; Julio Merizalde

Elaborado por: David Allauca; Julio Merizalde

**Tabla 17 Ponderación Losas vs. Montaje**  
**Steel Deck=Steel framing>hormigón armado**

| Montaje         | Steel Deck | Hormigón armado | Steel Framing | $\Sigma +1$ | Ponderación |
|-----------------|------------|-----------------|---------------|-------------|-------------|
| Steel Deck      |            | 1               | 0.5           | 2.5         | 0.42        |
| Hormigón armado | 0          |                 | 0             | 1           | 0.17        |
| Steel Framing   | 0.5        | 1               |               | 2.5         | 0.42        |
|                 |            |                 | <b>suma</b>   | 6           | 1.00        |

Fuente: David Allauca; Julio Merizalde

Elaborado por: David Allauca; Julio Merizalde

**Tabla 18 Ponderación final Losas**

| Solución        | Resistencia | Costo | Peso | Montaje | Suma |
|-----------------|-------------|-------|------|---------|------|
| Steel Deck      | 0.13        | 0.20  | 0.20 | 0.17    | 0.70 |
| Hormigón armado | 0.07        | 0.07  | 0.07 | 0.07    | 0.27 |
| Steel Framing   | 0.20        | 0.13  | 0.13 | 0.17    | 0.63 |

Fuente: David Allauca; Julio Merizalde

Elaborado por: David Allauca; Julio Merizalde

De acuerdo al análisis de la losa se tiene dos criterios con ponderaciones altas que son Steel Deck y el Steel Framing, estos son los que tienen un mayor grado de cumplimiento a las especificaciones de diseño, pero debido a que el Steel Deck tiene una mayor ponderación se selecciona a este como el mejor criterio de solución para el diseño de la losa de la estructura.

#### **3.1.4.5 Paredes**

Para el diseño de paredes tenemos los siguientes criterios de solución:

- Bloques, que son las más utilizadas a nivel nacional.
- Hormi2, es un nuevo sistema para la construcción de paredes en edificios.
- Paredes prefabricadas, paredes construidas en talleres adecuados para armar en edificios sin pérdida de tiempo.

#### **Paredes**

#### **Bloques**

#### **Ventajas**

- Las casas construidas con bloques son más duraderas.
- Las paredes con bloques de cemento se sostiene mejor contra los vientos fuertes.
- Costo de aseguradores de casas menor debido a su facilidad de construcción.
- Las casas construidas con paredes de bloques están hechas para maximizar la eficiencia energética.

#### **Desventajas**

- Mayor peso de paredes por los bloques de cemento.
- Requiere de mantenimiento cada cierto tiempo de acuerdo al lugar donde se construya la vivienda (pintura de paredes).
- No son buenos aislantes acústicos, si se desea un mayor aislamiento de sonido se requiere un mayor espesor de recubrimiento de cemento a las paredes con lo cual aumenta su peso.

## **Hormi2**

### **Ventajas**

- Los elementos de la pared con este sistema funciona en conjunto lo que le hace resistente en caso de sismo.
- Es un buen aislante térmico debido al uso de poliestireno, lo cual mantiene las temperaturas confortables.
- Es un buen aislante sonoro, debido a que el poliestireno absorbe frecuencias altas, medias y bajas lo que proporciona un ambiente sin molestias.
- Son paredes resistentes que no podrán ser destruidas con facilidad en caso de incendio o vandalismo.

### **Desventajas**

- No existen normativas específicas dictadas por los organismos pertinentes que rijan las construcciones razón por la cual la calidad constructiva dependerá del acierto de las decisiones técnicas que tome el encargado de la obra.

## **Prefabricadas**

### **Ventajas**

- Calidad de materiales alta debido a que se emplea maquinarias de producción.
- Reducción de tiempos de construcción.
- Secciones con mayor resistencia.

### **Desventajas**

- Mano de obra especializada, debido a que un mal montaje de estas paredes ocasiona una reducción de la resistencia de dicho elemento.
- El costo de fabricación es más elevado debido a que requiere una mano de obra calificada y maquinaria especializada para la fabricación de estas paredes.
- Debe disponerse maquinaria pesada para el montaje de los elementos. Se debe tener operadores calificados para el uso de esta maquinaria.

**Tabla 19 Ponderación Paredes vs. Resistencia**

**Hormi2>Prefabricadas>Bloques**

| Resistencia   | Bloques | Hormi2 | Prefabricadas | $\Sigma +1$ | Ponderación |
|---------------|---------|--------|---------------|-------------|-------------|
| Bloques       |         | 0      | 0             | 1           | 0.17        |
| <b>Hormi2</b> | 1       |        | 1             | 3           | 0.50        |
| Prefabricadas | 1       | 0      |               | 2           | 0.33        |
|               |         |        | <b>Suma</b>   | 6           | 1.00        |

Fuente: David Allauca; Julio Merizalde

Elaborado por: David Allauca; Julio Merizalde

**Tabla 20 Ponderación Paredes vs. Costo**

**Bloques>Hormi2>Prefabricada**

| Costo          | Bloques | Hormi2 | Prefabricadas | $\Sigma +1$ | Ponderación |
|----------------|---------|--------|---------------|-------------|-------------|
| <b>Bloques</b> |         | 1      | 1             | 3           | 0.50        |
| Hormi2         | 0       |        | 1             | 2           | 0.33        |
| Prefabricadas  | 0       | 0      |               | 1           | 0.17        |
|                |         |        | <b>Suma</b>   | 6           | 1.00        |

Fuente: David Allauca; Julio Merizalde

Elaborado por: David Allauca; Julio Merizalde

**Tabla 21 Ponderación Paredes vs. Peso**

**Hormi2>Prefabricada>Bloques**

| Peso          | Bloques | Hormi2 | Prefabricadas | $\Sigma +1$ | Ponderación |
|---------------|---------|--------|---------------|-------------|-------------|
| Bloques       |         | 0      | 0             | 1           | 0.17        |
| <b>Hormi2</b> | 1       |        | 1             | 3           | 0.50        |
| Prefabricadas | 1       | 0      |               | 2           | 0.33        |
|               |         |        | <b>Suma</b>   | 6           | 1.00        |

Fuente: David Allauca; Julio Merizalde

Elaborado por: David Allauca; Julio Merizalde

**Tabla 22 Ponderación Paredes vs. Montaje****Prefabricada>Hormi2>Bloques**

| Montaje       | Bloques | Hormi2 | Prefabricadas | $\Sigma +1$ | Ponderación |
|---------------|---------|--------|---------------|-------------|-------------|
| Bloques       |         | 0      | 0             | 1           | 0.17        |
| Hormi2        | 1       |        | 0             | 2           | 0.33        |
| Prefabricadas | 1       | 1      |               | 3           | 0.50        |
|               |         |        | <b>Suma</b>   | 6           | 1.00        |

Fuente: David Allauca; Julio Merizalde

Elaborado por: David Allauca; Julio Merizalde

**Tabla 23 Ponderación final Paredes**

| Solución      | Resistencia | Costo | Peso | Montaje | Suma |
|---------------|-------------|-------|------|---------|------|
| Bloques       | 0.07        | 0.15  | 0.03 | 0.02    | 0.27 |
| Hormi2        | 0.20        | 0.10  | 0.10 | 0.03    | 0.43 |
| Prefabricadas | 0.13        | 0.05  | 0.07 | 0.05    | 0.30 |

Fuente: David Allauca; Julio Merizalde

Elaborado por: David Allauca; Julio Merizalde

Como conclusión del análisis de criterios ponderados se tiene que las paredes del tipo Hormi2 son las más ideales para el diseño de la casa, no solo por su resistencia sino también a su menor peso y su facilidad de fabricación.

**3.1.4.6 Juntas**

Los criterios de solución para el caso de juntas entre la columna y la viga son seleccionadas de acuerdo a juntas certificadas en el manual de la AISC 360. De los tipos de juntas que recomienda el manual se seleccionara de acuerdo a las necesidades del diseño tomando como consideración la resistencia de la junta y su costo.

## **Juntas**

### **Sección de Viga Reducida (RBS)**

#### **Ventajas**

- Reduce el ancho de los patines de la viga cerca de la conexión.
- Reducir el momento resistente en la zona reducida
- Obligar a que la articulación plástica se localice fuera de la conexión.

#### **Desventajas**

- Complejidad de reducir el ancho de los patines
- Se requiere mano calificada
- Cordones de soldadura calificadas (Requiere personal calificado)

### **Conexión de la placa externa rigidizada (BESP)**

#### **Ventajas**

- Usadas en pórticos a momentos de bajo nivel de diseño (OMF), como con pórticos especiales a momento (SMF).
- No tiene limitaciones en el tamaño de los miembros.
- Juntas rígidas.

#### **Desventajas**

- Complejidad de construcción
- Requiere de soldadura de alta calidad
- Mano de obra calificada

### **Conexión de Plancha de ala empernada (BFP)**

#### **Ventajas**

- Usadas en pórticos a momentos de bajo nivel de diseño (OMF), como con pórticos especiales a momento (SMF).

#### **Desventajas**

- Las conexiones de este tipo, deben estar controladas por un comportamiento dúctil donde los diferentes elementos de la conexión sean diseñados con suficiente resistencia tal que sea improbable la ocurrencia de falla frágil.

- Se debe realizar la construcción de esta junta con un elevado control de calidad de materiales, perforaciones y juntas soldadas.
- Requiere de mano altamente calificada para su construcción

### **Conexión de Alas soldadas WUF Welded**

#### **Ventajas**

- Conexión rígida para pórticos de baja exigencia de diseño.
- Facilidad de construcción

#### **Desventajas**

- Conexión únicamente precalificada para Pórticos Ordinarios a momentos en uniones completamente restringidas.
- Materiales para realizar la conexión de elevada resistencia
- Personal calificado

### **Conexión con Apoyos empernados y alma empernada (Kaiser Bolted Bracket)**

#### **Ventajas**

- Usadas en pórticos a momentos de bajo nivel de diseño (OMF), como con pórticos especiales a momento (SMF).
- El par de apoyos empernados inferior y superior transmiten la fuerza cortante y el esfuerzo flector de la viga a la columna.
- Juntas de elevada resistencia

#### **Desventajas**

- Complejidad de construcción
- Materiales de alta resistencia (pernos) para su construcción
- Personal calificado para la construcción de la junta.



**ConXL****Ventajas**

- Reducir el momento resistente en la zona reducida
- Obligar a que la articulación plástica se localice fuera de la conexión.

**Desventajas**

- Mayor complejidad de construcción
- Mano calificada para su ensamble
- Elevado costo de fabricación

**Juntas Soldadas Alma Patín (Welded Joints)****Ventajas**

- Ahorro de material debido a que no se utiliza remaches o pernos para su unión.
- Las estructuras metálicas se pueden reparar muy fácilmente.
- La soldadura requiere menos trabajo con lo cual hay menos personal.
- La soldadura permite una gran variedad de conexiones.
- Las conexiones soldadas son rígidas.

**Desventajas**

- La revisión de las conexiones soldadas es un trabajo complicado que necesita de personal calificado.
- Se necesita personal calificado para realizar las conexiones y preparar las juntas para soldar.
- Díficil reparación en caso de corregir un error en juntas mal realizadas.

Tabla 24 Ponderación Juntas vs. Resistencia

ConXL &gt; Kaiser &gt; BESP = Juntas Soldadas &gt; WUF &gt; RBS &gt; BFP

| Resistencia     | RBS | BESP | BFP | WUF | Kaiser | ConXL | Juntas Soldadas | $\Sigma +1$ | Ponderación |
|-----------------|-----|------|-----|-----|--------|-------|-----------------|-------------|-------------|
| RBS             |     | 0    | 1   | 0   | 0      | 0     | 0               | 2           | 0.09        |
| BESP            | 1   |      | 1   | 1   | 0      | 0     | 0.5             | 3.5         | 0.15        |
| BFP             | 0   | 0    |     | 0   | 0      | 0     | 0               | 1           | 0.04        |
| WUF             | 1   | 0    | 1   |     | 0      | 0     | 0               | 2           | 0.09        |
| Kaiser          | 1   | 1    | 1   | 1   |        | 0     | 1               | 5           | 0.22        |
| ConXL           | 1   | 1    | 1   | 1   | 1      |       | 1               | 6           | 0.26        |
| Juntas Soldadas | 1   | 0.5  | 1   | 1   | 0      | 0     |                 | 3.5         | 0.15        |
|                 |     |      |     |     |        |       | <b>Suma</b>     | 23          | 1.00        |

Fuente: David Allauca; Julio Merizalde

Elaborado por: David Allauca; Julio Merizalde

Tabla 25 Ponderación Juntas vs. Costo

Juntas Soldadas &gt; RBS&gt; BESP &gt; WUF &gt; BFP &gt; Kaiser &gt; ConXL

| Costo                  | RBS | BESP | BFP | WUF | Kaiser | ConXL | Juntas Soldadas | $\Sigma +1$ | Ponderación |
|------------------------|-----|------|-----|-----|--------|-------|-----------------|-------------|-------------|
| <b>RBS</b>             | 1   | 1    | 1   | 1   | 1      | 1     | 0               | 6           | 0.22        |
| <b>BESP</b>            | 0   | 1    | 1   | 1   | 1      | 1     | 0               | 5           | 0.19        |
| <b>BFP</b>             | 0   | 0    | 1   | 0   | 1      | 1     | 0               | 3           | 0.11        |
| <b>WUF</b>             | 0   | 0    | 1   | 1   | 1      | 1     | 0               | 4           | 0.15        |
| <b>Kaiser</b>          | 0   | 0    | 0   | 0   | 1      | 1     | 0               | 2           | 0.07        |
| <b>ConXL</b>           | 0   | 0    | 0   | 0   | 0      | 1     | 0               | 1           | 0.04        |
| <b>Juntas Soldadas</b> | 1   | 1    | 1   | 1   | 1      | 1     | <b>Suma</b>     | 27          | 1.00        |

Fuente: David Allauca; Julio Merizalde

Elaborado por: David Allauca; Julio Merizalde

Tabla 26 Ponderación Juntas vs. Peso

RBS&gt; Juntas Soldadas &gt; WUF &gt; BESP &gt; BESP &gt; ConXL &gt; Kaiser

| Peso                   | RBS | BESP | BFP | WUF | Kaiser | ConXL | Juntas Soldadas | $\Sigma +1$ | Ponderación |
|------------------------|-----|------|-----|-----|--------|-------|-----------------|-------------|-------------|
| <b>RBS</b>             | 1   | 1    | 1   | 1   | 1      | 1     | 1               | 7           | 0.24        |
| <b>BESP</b>            | 0   | 1    | 1   | 1   | 1      | 1     | 0               | 5           | 0.17        |
| <b>BFP</b>             | 0   | 0    | 1   | 0   | 1      | 1     | 0               | 3           | 0.10        |
| <b>WUF</b>             | 0   | 1    | 1   | 1   | 1      | 1     | 0               | 5           | 0.17        |
| <b>Kaiser</b>          | 0   | 0    | 0   | 0   | 1      | 0     | 0               | 1           | 0.03        |
| <b>ConXL</b>           | 0   | 0    | 0   | 0   | 1      | 1     | 0               | 2           | 0.07        |
| <b>Juntas Soldadas</b> | 0   | 1    | 1   | 1   | 1      | 1     | 6               | 6           | 0.21        |
|                        |     |      |     |     |        |       | <b>Suma</b>     | 29          | 1.00        |

Fuente: David Allauca; Julio Merizalde

Elaborado por: David Allauca; Julio Merizalde

Tabla 27 Ponderación Juntas vs. Montaje

Juntas Soldadas &gt; WUF &gt; BESP &gt; RBS &gt; BFP &gt; Kaiser &gt; ConXL

| Montaje                | RBS      | BESP     | BFP      | WUF      | Kaiser   | ConXL    | Juntas Soldadas | $\Sigma +1$ | Ponderación |
|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------------|-------------|-------------|
| RBS                    | 1        | 0        | 1        | 0        | 1        | 1        | 0               | 4           | 0.15        |
| BESP                   | 1        | 1        | 1        | 0        | 1        | 1        | 0               | 4           | 0.15        |
| BFP                    | 1        | 1        | 1        | 0        | 1        | 1        | 0               | 4           | 0.15        |
| WUF                    | 1        | 1        | 1        | 1        | 1        | 1        | 0               | 5           | 0.19        |
| Kaiser                 | 0        | 0        | 0        | 0        | 1        | 1        | 0               | 2           | 0.08        |
| ConXL                  | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 1        | 0               | 1           | 0.04        |
| <b>Juntas Soldadas</b> | <b>1</b> | <b>1</b> | <b>1</b> | <b>1</b> | <b>1</b> | <b>1</b> | <b>0</b>        | <b>6</b>    | <b>0.23</b> |
|                        |          |          |          |          |          |          | <b>Suma</b>     | 26          | 1.00        |

Fuente: David Allauca; Julio Merizalde

Elaborado por: David Allauca; Julio Merizalde

Tabla 28 Ponderación final Juntas

| Solución               | Resistencia | Costo       | Peso        | Montaje     | Suma        |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| RBS                    | 0.03        | 0.07        | 0.05        | 0.02        | 0.17        |
| BESP                   | 0.06        | 0.06        | 0.03        | 0.02        | 0.17        |
| BFP                    | 0.02        | 0.03        | 0.02        | 0.02        | 0.09        |
| WUF                    | 0.03        | 0.04        | 0.03        | 0.02        | 0.13        |
| Kaiser                 | 0.09        | 0.02        | 0.01        | 0.01        | 0.12        |
| ConXL                  | 0.10        | 0.01        | 0.01        | 0.00        | 0.13        |
| <b>Juntas Soldadas</b> | <b>0.06</b> | <b>0.07</b> | <b>0.04</b> | <b>0.02</b> | <b>0.19</b> |

Fuente: David Allauca; Julio Merizalde

Elaborado por: David Allauca; Julio Merizalde

Al finalizar el análisis de los criterios de solución de las juntas considerando la resistencia, costo, peso y montaje podemos observar que la que tiene mayor ponderación es la de juntas soldadas (Welded Joints) pero no es la única alternativa que se apega a las necesidades requeridas para el diseño de la estructura entre ellas tenemos la junta Sección de Viga Reducida y la Conexión de la placa externa rigidizada que podrían ser utilizadas también para el diseño de la estructura. Debido a las juntas soldadas son muy utilizadas en nuestro medio se opta por utilizar este criterio de solución.

El primer piso de la vivienda tiene un sistema estructural compuesto, de columnas embebidas en concreto y vigas de acero estructural, el piso será de losa fundida sobre una lámina acanalada (sistema Deck), y en su interior se utilizarán paredes prefabricadas.

El segundo piso de la vivienda también utilizará diseño estructural compuesto en las columnas (columnas embebidas de concreto) y vigas de acero estructural, el techo de la vivienda será diseñada con el sistema Deck, en su interior se utilizará paredes prefabricadas.

### **3.1.5 SOLICITACIONES DE CARGAS**

La estructura de la vivienda va a estar sometida a las siguientes cargas:

- Carga muerta debido al peso de las paredes, vigas y vidrio.
- Carga viva de acuerdo a las recomendaciones que nos da la Norma Ecuatoriana de la Construcción.
- Cargas sísmicas debido a que se encuentra ubicada en una zona de influencia sísmica alta.
- Cargas de viento que nos recomienda la NEC, de acuerdo a la ubicación de la estructura (Conocoto).
- Cargas por granizo, esta carga es debido a que en la localización de la vivienda hay riesgo de granizo en ciertos días del año.

Considerando todas estas cargas se diseñará la estructura de la vivienda, cumpliendo las normas ecuatorianas (NEC).

### 3.1.6 ANÁLISIS DE CARGAS.

Para obtener las cargas partimos de la distribución de elementos y sus dimensiones establecidas en el diseño arquitectónico como se indica en la siguiente figura.

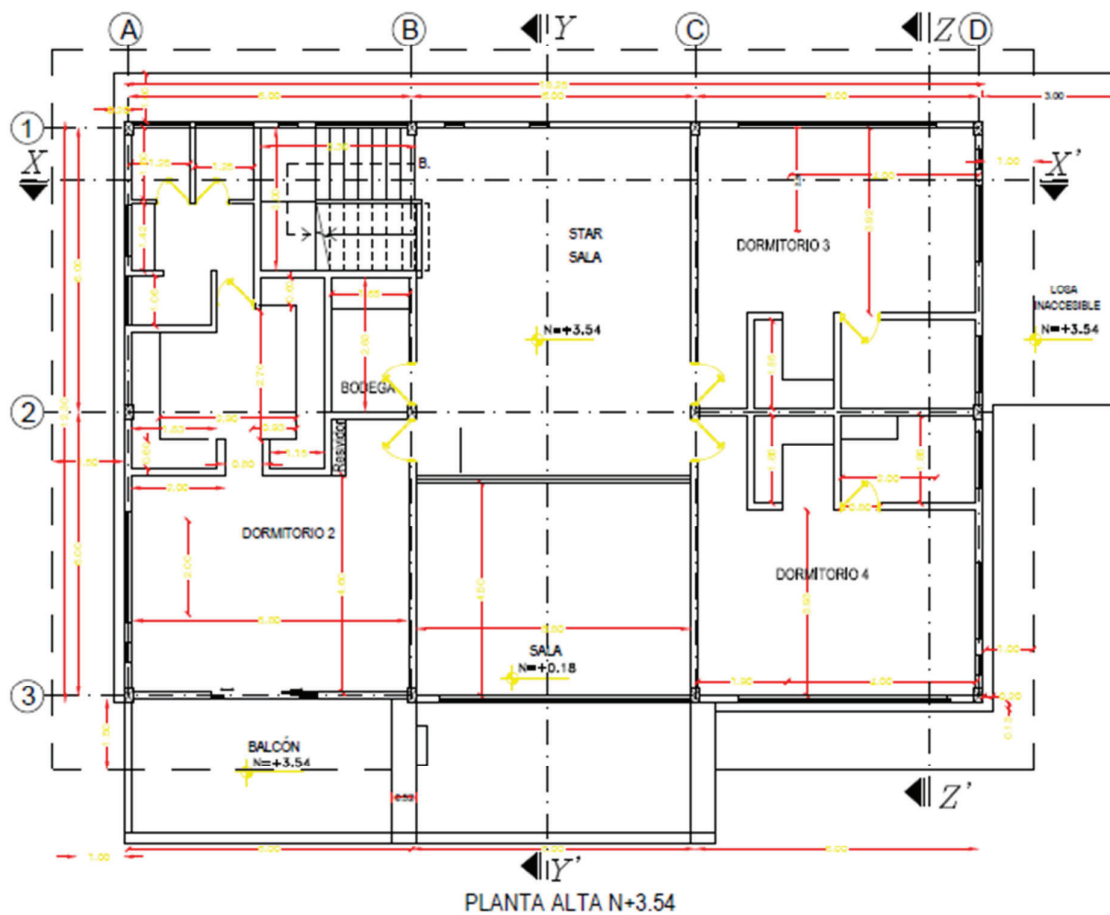
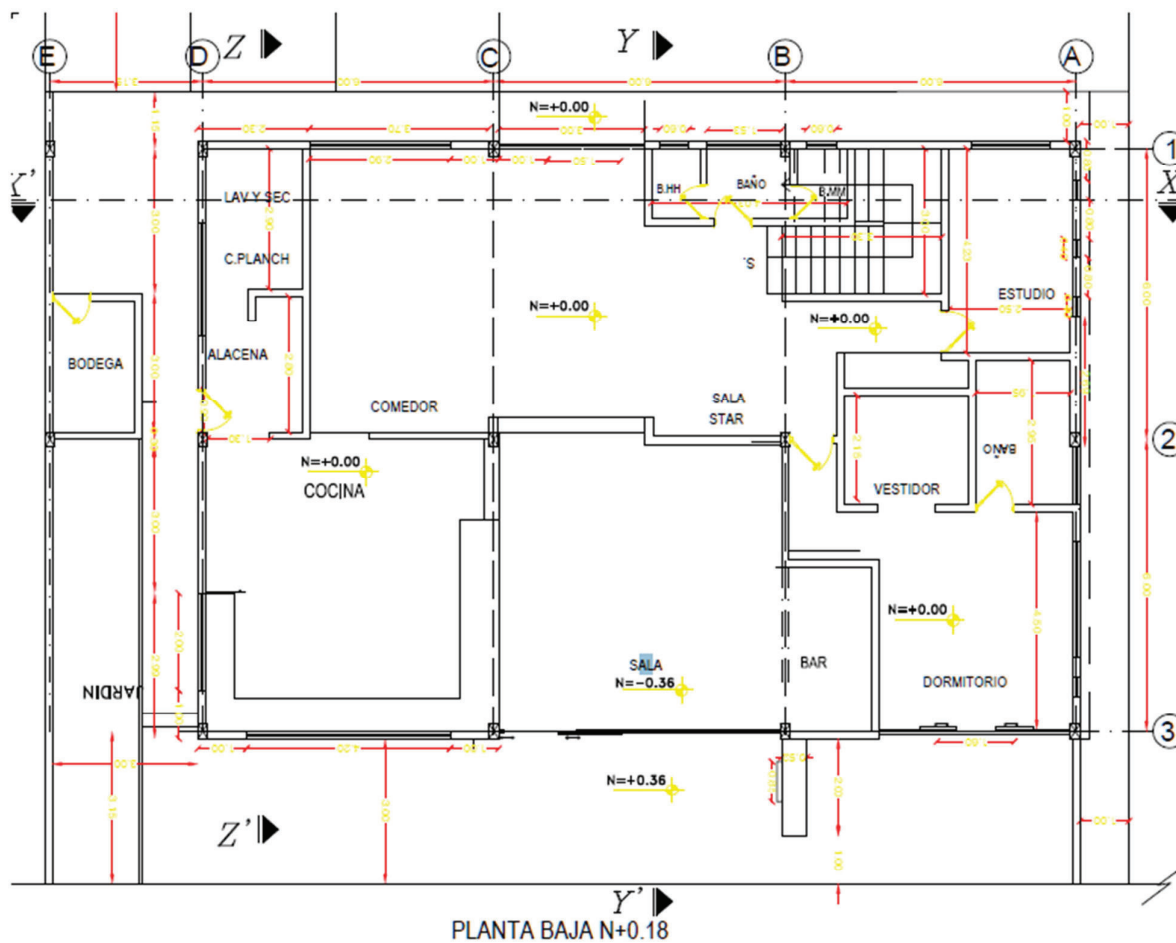


Figura 19 Plano arquitectónico Segunda planta





**Figura 20 Plano arquitectónico Primera planta**

### 3.1.6.1 Calculo de cargas

Para el cálculo de la carga muerta se va a considerar el peso que genera el piso DECK, también las cargas muertas que nos recomienda la norma ASCE 7 y la NEC.

### 3.1.6.2 Carga muerta

En el caso del espesor del piso DECK tenemos 11.5 cm, de acuerdo a esto nosotros tenemos las siguientes características de acuerdo a la tabla:

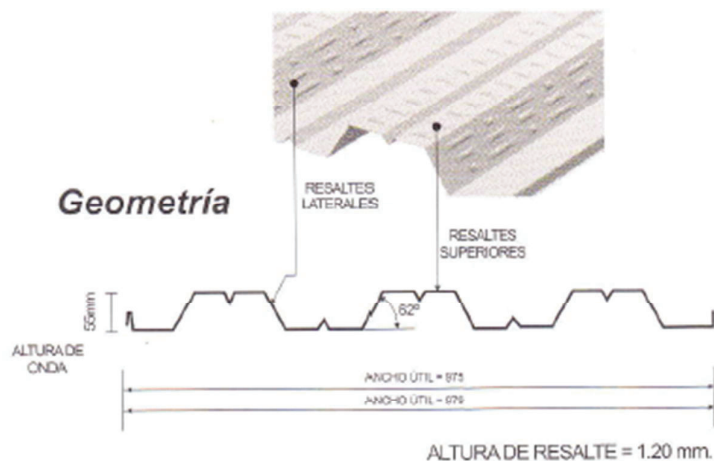


Figura 21 Geometría Placa colaborante

(Novacero, 2014)

Tabla 29 Capacidad de carga Placa colaborante

| Espesor de losa (cm) | Volumen de hormigón (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ) | Espesor Novalosa (mm) | Máxima luz sin apuntalar (m) |         |         | Propiedades de la sección compuesta |                                      | Carga total sobreimpuesta (kg/m <sup>2</sup> ) |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|----------------------|---|-----------------------|------------------------------|---------|---------|-------------------------------------|--------------------------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
|                      |   |                       | Condición de apoyo           |         |         | S <sub>c</sub> (cm <sup>3</sup> /m) | I <sub>av</sub> (cm <sup>4</sup> /m) | Separación entre apoyos (m)                    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|                      |   |                       | 1 vano                       | 2 vanos | 3 vanos |                                     |                                      | 1.60   | 1.80 | 2.00 | 2.20 | 2.40 | 2.60 | 2.80 | 3.00 | 3.20 | 3.40 |  |
| 5                    | 0.075   | 0.65                  | 1.46                         | 1.94    | 1.97    | 37.92                               | 531.66                               | 1418   | 1030 | 861  | 656  | 500  | 378  | 282  | 204  |      |      |  |
|                      |   | 0.76                  | 1.73                         | 2.31    | 2.34    | 43.89                               | 560.59                               | 1531   | 1301 | 980  | 742  | 638  | 498  | 386  | 296  | 222  |      |  |
|                      |   | 1.00                  | 2.23                         | 2.96    | 3.03    | 56.44                               | 619.26                               | 2000   | 1638 | 1225 | 920  | 880  | 699  | 556  | 440  | 384  | 305  |  |
| 6                    | 0.085   | 0.65                  | 1.41                         | 1.87    | 1.90    | 44.38                               | 694.01                               | 1595   | 1141 | 1001 | 761  | 578  | 436  | 323  | 232  |      |      |  |
|                      |   | 0.76                  | 1.66                         | 2.22    | 2.25    | 51.34                               | 730.73                               | 1699   | 1463 | 1088 | 810  | 741  | 577  | 446  | 341  | 254  |      |  |
|                      |   | 1.00                  | 2.13                         | 2.85    | 2.91    | 65.97                               | 805.24                               | 2000   | 1837 | 1354 | 1250 | 978  | 767  | 599  | 556  | 446  | 354  |  |
| 8                    | 0.105   | 0.65                  | 1.31                         | 1.76    | 1.78    | 57.94                               | 1111.88                              | 1913   | 1708 | 1284 | 970  | 731  | 546  | 398  | 279  | 205  |      |  |
|                      |   | 0.76                  | 1.55                         | 2.08    | 2.10    | 67.01                               | 1188.04                              | 2000   | 1758 | 1268 | 1225 | 949  | 734  | 563  | 426  | 313  | 220  |  |
|                      |   | 1.00                  | 1.98                         | 2.66    | 2.71    | 86.16                               | 1282.43                              | 2000   | 2000 | 1968 | 1501 | 1146 | 870  | 891  | 714  | 569  | 445  |  |
| 10                   | 0.125   | 0.65                  | 1.24                         | 1.66    | 1.68    | 72.08                               | 1671.35                              | 2000   | 2000 | 1562 | 1171 | 875  | 644  | 460  | 312  | 225  |      |  |
|                      |   | 0.76                  | 1.45                         | 1.96    | 1.98    | 83.39                               | 1752.25                              | 2000   | 1999 | 1946 | 1494 | 1151 | 884  | 672  | 501  | 361  | 240  |  |
|                      |   | 1.00                  | 1.85                         | 2.50    | 2.54    | 107.35                              | 1917.65                              | 2000   | 2000 | 2000 | 1706 | 1264 | 1361 | 1086 | 868  | 687  | 536  |  |
| 12                   | 0.145   | 0.65                  | 1.18                         | 1.58    | 1.60    | 86.59                               | 2393.05                              | 2000   | 2000 | 1829 | 1360 | 1003 | 726  | 506  | 328  | 229  |      |  |
|                      |   | 0.76                  | 1.38                         | 1.86    | 1.89    | 100.24                              | 2504.08                              | 2000   | 2000 | 2000 | 1756 | 1343 | 1022 | 767  | 561  | 393  | 250  |  |
|                      |   | 1.00                  | 1.75                         | 2.37    | 2.41    | 129.22                              | 2731.91                              | 2000   | 2000 | 2000 | 1857 | 1324 | 1606 | 1276 | 1013 | 796  | 616  |  |

(Novacero, 2014)

Fuente: Novacero

Elaborado por: Novacero

Espesor de lámina Deck  $e=0.65$  mm

Con el espesor de  $e=0.65$  mm y una altura de 5 cm de espesor de concreto:

$$V_h = 0.075 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Peso de lámina deck  $P_D = 6.38 \text{ kg}/\text{m}^2$

$$P_{Lo} = P_D + P_h$$

$$P_{Lo} = 6.38 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} + 0.075 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} * 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} =$$

$$P_{Lo} = 186.38 \text{ kg}/\text{m}^2$$

Para el caso de las cargas por tuberías, techo falso y baldosas la norma ASCE 7-05 en la tabla C3-1 nos recomienda los siguientes valores de carga<sup>26</sup>:

Cargas por tuberías.

$$P_t = 19.4 \text{ kg/m}^2$$

Cargas por techo falso

$$P_{tf} = 6.6 \text{ kg/m}^2$$

Carga por baldosas

$$P_b = 16 \text{ kg/m}^2$$

Carga por malla electro soldada (20x20 diámetros 6 mm)

$$P_m = 2.02 \text{ kg/m}^2$$

**Tabla 30 Especificaciones Mallas electrosoldadas**

**MALLAS ELECTROSOLDADAS CALIDAD B500T · NORMA UNE 36092**

| Reticula | Diámetro (mm) | Peso malla(Kg) | Peso/m <sup>2</sup> (Kg/m <sup>2</sup> ) | Área acero (mm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ) |
|----------|---------------|----------------|--|---|
| 15x15    | 4             | 17,6           | 1,33                                     | 150,8   |
|          | 5             | 24,7           | 1,87                                     | 235,9   |
|          | 6             | 35,5           | 2,69                                     | 339,3   |
|          | 8             | 63,1           | 4,78                                     | 603,2   |
|          | 10            | 98,6           | 7,47                                     | 942,5   |
|          | 12            | 142,1          | 10,76                                    | 1.357,2                                       |
| 20x20    | 4             | 13,0           | 0,99                                     | 125,7   |
|          | 5             | 18,5           | 1,40                                     | 196,6   |
|          | 6             | 26,6           | 2,02                                     | 282,7   |
|          | 8             | 47,4           | 3,59                                     | 502,7   |
|          | 10            | 74,0           | 5,60                                     | 785,4   |
|          | 12            | 106,5          | 8,07                                     | 1.131,0                                       |
| 20x30    | 4             | 10,9           | 0,82                                     | 100,5   |
|          | 5             | 15,1           | 1,14                                     | 157,3   |
|          | 6             | 21,8           | 1,65                                     | 226,2   |
|          | 8             | 38,7           | 2,93                                     | 402,1   |
|          | 10            | 60,4           | 4,58                                     | 628,3   |
|          | 12            | 87,0           | 6,59                                     | 904,8   |

(HIERROS DURACERO, 2006)

Fuente: HIERROS DURACERO

Elaborado por: HIERROS DURACERO

<sup>26</sup> ASCE/SEI 7-05,2006, Minimum Desig Loads for buildings and Other Structures, Virginia United States of America, 262 [5]

Carga muerta primer piso

$$P_{T1} = 186.38 + 19.4 + 6.6 + 16 + 2.02 = 230.4 \text{ kg/m}^2$$

Carga muerta segundo piso

$$P_{T2} = 186.38 + 6.6 + 2.02 = 195 \text{ kg/m}^2$$

### 3.1.6.3 Carga Viva

La NEC en la tabla 9 del capítulo 1 nos recomienda una carga viva de  $2 \text{ kN/m}^2$  para el caso de Residencias (Viviendas Unifamiliares y bifamiliares)<sup>27</sup>

Para una residencia tenemos:

$$P_L = 204.1 \text{ kg/m}^2$$

### 3.1.6.4 Cargas por granizo.

Se considera una carga de granizo de  $1 \text{ kN/m}^2$  que es un valor el cual nos recomienda la NEC en su sección 3.2.5 del Capítulo de Cargas no sísmica para cubiertas con pendientes menores del 5%.

### 3.1.6.5 Carga muerta.

$$P_{T1} = 230.4 \text{ kg/m}^2$$

$$P_{T2} = 195 \text{ kg/m}^2$$

### 3.1.6.6. Área de los pisos

El área de los pisos lo tenemos de acuerdo a los planos arquitectonicos que son:

Para el primer piso.

$$A_1 = 289.37 \text{ m}^2$$

Para el segundo piso

$$A_2 = 220.07 \text{ m}^2$$

---

<sup>27</sup> Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC, 2010, Quito Ecuador, 1er capitulo, pp25 [25]

### 3.1.6.7 Área de pared en techo (acabados)

El área de las paredes también se extrae de los planos arquitectónicos lo cual nos da:

$$A_a = 12.17m^2$$

### 3.1.6.8 Carga muerta total.

$$P_{Tp1} = P_{T1} * A_1 + \text{Carga de paredes} + \text{Carga de ventanas}$$

$$P_{Tp1} = P_{T1} * A_1 + P_{H2}(Ap - Av) + Av(\delta_v * t_v)$$

$$P_{Tp1} = 230.4 * 289.37 + 128 * (335.07 - 33.53) + 33.53 * (2200 * 0.02)$$

$$P_{Tp1} = 106.81 \text{ Ton}$$

$$P_{Tp2} = P_{T2} * A_2 + \text{Carga de paredes}$$

$$P_{Tp2} = P_{T2} * A_2 + P_{H2}(Ap - Av)$$

$$P_{Tp2} = 195 * 220.07 + 128 * 12.17$$

$$P_{Tp2} = 44.47 \text{ Ton}$$

#### Dónde:

$P_{Tp1}$  = Carga muerta total primer entrepiso

$P_{T1}$  = Carga muerta primer entrepiso

$P_{Tp2}$  = Carga muerta total segundo entrepiso

$P_{T2}$  = Carga muerta segundo entrepiso

$A_1$  = Área primer piso (Obtenida de planos Arquitectónicos)

$A_2$  = Área segundo piso (Obtenida de planos Arquitectónicos)

$P_{H2}$  = Peso paredes hormi2 (Referencia Mutualista Pichincha)

$Ap$  = Área de paredes (Obtenida de planos Arquitectónicos)

$Av$  = Área de ventanas (Obtenida de planos Arquitectónicos)

$\delta_v$  = Densidad del vidrio (<http://es.wikipedia.org/wiki/Vidrio>)

$t_v$  = Espesor ventanas

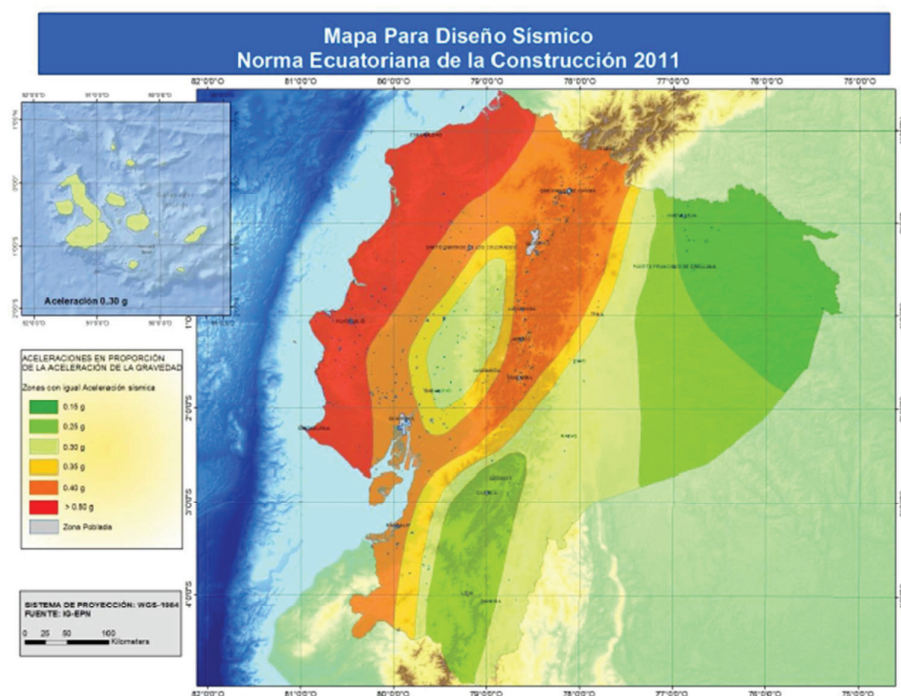
### 3.1.7 CARGAS SÍSMICAS

Para determinar las cargas sísmicas que se utilizara en el diseño de la vivienda, se utiliza la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) que muestra valores de cargas recomendadas para el caso de nuestra vivienda.

#### 3.1.7.1 Zonificación sísmica y factor de zona Z

Para los edificios de uso normal, se usa el valor Z, que representa la aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad.

Para el caso de la ubicación de la vivienda que será en la provincia de Pichincha tenemos una aceleración sísmica de 0.4 G indicada por el grafico.



**Figura 22 Mapa Sísmico Ecuador**

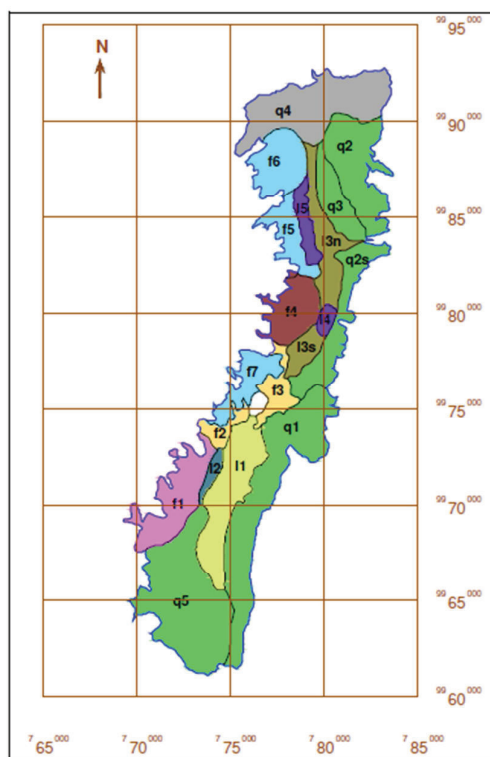
(Norma Ecuatoria de la Construcción NEC, 2010)

Por lo tanto la Zona sísmica es V y representa un valor alto de  $Z= 0.4$ , para la provincia de Pichincha<sup>28</sup>.

<sup>28</sup> Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC, 2010, Quito Ecuador, 3er capítulo, pp25 [24]

### 3.1.7.2 Tipo de suelo

La estructura se halla ubicada en la zona F2 que corresponde al sector de CONOCOTO lo cual corresponde a una velocidad de onda de corte de  $V_s = 243 \text{ m/s}$ <sup>29</sup>.



**Figura 23 Zonas sísmicas Quito**

(Norma Ecuatoria de la Construcción NEC, 2010)

De acuerdo a la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC) en su capítulo de cargas sísmicas en la tabla 2 Clasificación de los perfiles de suelo, para una velocidad de onda de corte  $V_s = 243 \text{ m/s}$  tenemos un perfil de suelo tipo D.

### 3.1.7.3 Periodo de vibración de la estructura

“El periodo fundamental de una estructura es el tiempo que esta toma en dar un ciclo completo cuando experimenta vibración no forzada. Su determinación es primordial porque de él depende la magnitud de la fuerza sísmica que experimenta la estructura” (Universidad Nacional de Colombia, 2014)

<sup>29</sup> Aguilar Falconí, Roberto, 2013, Microzonificación Sísmica, Quito Ecuador, 1er edición, pp 35 [1]

$$T_a = Ct^{h_n^\alpha}$$

$h_n$  = Altura máxima de la estructura expresada en metros

$T_a$  = Periodo de la vibración

$Ct$  = Coeficiente de acuerdo al tipo de edificio

De la NEC en el capítulo de cargas sísmicas de la sección 6.3.3 tenemos los siguientes coeficientes para el cálculo del periodo de vibración.

Para estructuras sin arriostramientos

$Ct = 0.072$  y  $\alpha = 0.8$

$$T_a = 0,72^{6,69^{0,8}} = 0.222 \text{ seg}$$

Para el caso de la vivienda tenemos un periodo fundamental de 0.222 seg.

### 3.1.7.4 Espectro sísmico elástico de desplazamiento para el diseño

Los límites para el periodo de vibración, se determina en la NEC en el capítulo de cargas sísmicas sección 3.3

$$T_0 = 0.1 F_s \frac{F_d}{F_a}$$

$$T_c = 0.55 F_s \frac{F_d}{F_a}$$

$$T_L = 2.4 F_d$$

Dónde:

$F_a$  = Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo cortó. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de aceleraciones para diseño en roca, considerando los efectos de sitio.

$F_s$  = Coeficiente de amplificación de suelo. Considera el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del periodo del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos.



$F_d$  = Coeficiente de amplificación de suelo. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio<sup>30</sup>.

### 3.1.7.5 Coeficientes de perfil de suelo

Para el caso del perfil D tenemos los siguientes valores:

| Para perfil D |     |
|---------------|-----|
| Fa            | 1.2 |
| Fd            | 1.4 |
| Fs            | 1.3 |

$$T_0 = 0.1 * 1.3 * \left(\frac{1.4}{1.2}\right) = 0.151 \text{ seg.}$$

$$T_c = 0.55 * 1.3 * \left(\frac{1.4}{1.2}\right) = 0.834 \text{ seg}$$

$$T_L = 2.4 * 1.4 = 3.36 \text{ seg}$$

Como:

$$T_c = 0.834 \text{ seg}$$

$$T = 0.222 \text{ seg}$$

$$0 \leq T \leq T_c$$

El periodo fundamental de vibración de la estructura es menor a 0.834 seg usamos la siguiente relación:

$$S_a = \eta Z F_a$$

Dónde:

$\eta$  = Razón entre la aceleración espectral  $S_a$  ( $T=0.1$  s) y el PGA para el periodo de retorno seleccionado.

Para provincias de la Sierra tenemos:

$$\eta = 2.48$$

$$S_a = 2.48 * 0.4 * 1.2$$

$$S_a = 1.19$$

<sup>30</sup> Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC, 2010, Quito Ecuador, 3er capitulo, pp33-3 [24]

### 3.1.7.6 Cortante Basal de diseño

El cortante basal total de diseño  $V$ , a nivel de cargas últimas, aplicado a una estructura en una dirección especificada se determina con la siguiente relación que nos recomienda la NEC en su sección 6.3.2 del capítulo de cargas sísmicas.

$$V = \frac{I * S_a * T_a}{R * \phi_p * \phi_E} * W$$

Dónde:

$S_a * T_a$  = Espectro de diseño en aceleración, sección 3.3.2 NEC

$\phi_p * \phi_E$  = Coeficientes de configuración en planta y elevación, sección 5.3 NEC

$I$  = Coeficiente de importancia, sección 4.1 NEC

$R$  = Factor de reducción de resistencia sísmica, 6.3.4 NEC

$V$  = Cortante basal total de diseño

$W$  = Carga sísmica reactiva, sección 6.1.7 NEC

$T_a$  = Periodo de vibración, sección 6.3.3 NEC

### 3.1.7.7 Coeficiente de importancia de la estructura $I$ <sup>31</sup>

$$I = 1 \text{ (Otras estructuras)}$$

### 3.1.7.8 Factor R

Pórticos especiales sismo resistentes acero laminado en caliente o con elementos armados de placa<sup>32</sup>

$$R = 6$$

### 3.1.7.9 Caso general para carga sísmica reactiva $W$ <sup>33</sup>

$$W = D + 0.25L_i$$

$$W = 44.47 + 0.25 * 204.1 * \frac{289.37}{1000} = 59.24 \text{ Ton.}$$

$$V = \frac{1 * 1.19 * 0.22}{6 * 1 * 0.9} * 59.24 = 2.87 \text{ Ton.}$$

<sup>31</sup> Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC, 2010, Quito Ecuador, 3er capítulo, pp41 [24]

<sup>32</sup> Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC, 2010, Quito Ecuador, 3er capítulo, pp68 [24]

<sup>33</sup> Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC, 2010, Quito Ecuador, 3er capítulo, pp58 [24]

### 3.1.8 Cargas de viento

Las cargas debidas al viento se consideran como una presión que actúa en la fachada de la vivienda. La NEC recomienda su cálculo de la siguiente forma<sup>34</sup>

$$P = \frac{1}{2} * \rho * V_b^2 * C_e * C_f$$

$$P = Pa \left( \frac{N}{m^2} \right)$$

$$\rho = \text{densidad del aire} \left( 1.25 \frac{kg}{m^3} \right)$$

$C_e$  = Coeficiente de entorno/altura

$C_f$  = Coeficiente de forma

$$V_b = V * \sigma$$

$V_b$  = Velocidad corregida del viento m/s

$V$  = velocidad instantánea m/s

$\sigma$  = Coeficiente de corrección

$$V = 21 \frac{m}{s} \text{ (revisar en donde se encuentra ubicada la casa)}$$

$$h_T = 6.7 \text{ m (altura de la casa)} \quad \sigma = 1$$

$$V_b = 21 * 1 = 21 \text{ m/s}$$

$$C_e = 2.5$$

$$C_f = 0.8$$

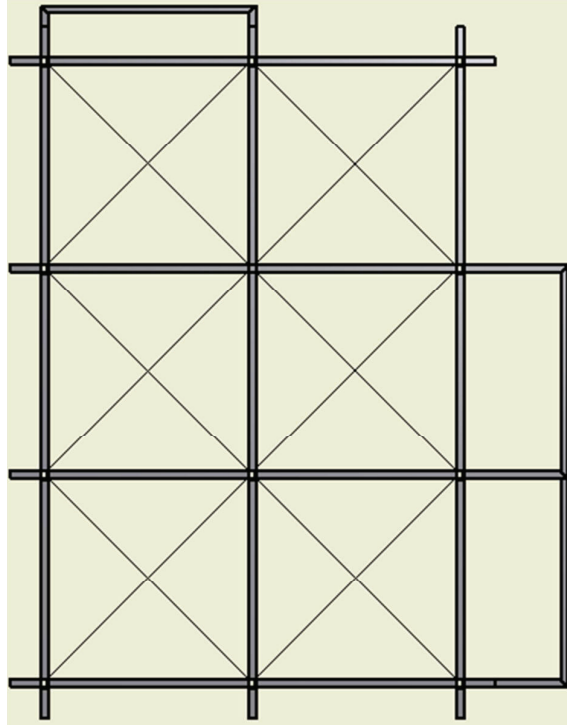
$$P = \frac{1}{2} * 1.25 * 21^2 * 2.5 * 0.8 = 551.25 \text{ Pa}$$

$$P = 551.25 \frac{N}{m^2} = 56.25 \frac{Kg}{m^2}$$

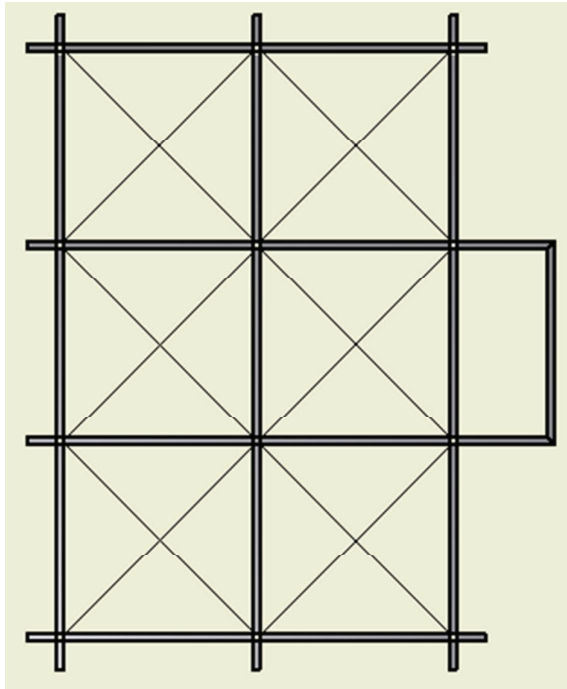
Las cargas encontradas serán distribuidas en cada planta de la siguiente manera: debido a que la estructura tiene luces de 6 metros en los ejes X e Y tenemos áreas colaborantes de forma triangular.

Las cargas de las áreas correspondientes a los volados de la estructura serán atribuidas totalmente a la viga exterior de la cual parte el volado.

<sup>34</sup> Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC, 2010, Quito Ecuador, 3er capítulo, pp15 [24]



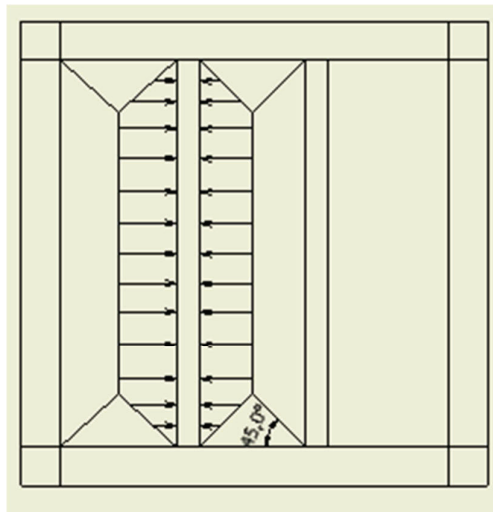
**Figura 24 Distribución de cargas Primer piso**



**Figura 25 Distribución de cargas Segundo piso**

### 3.2 CÁLCULO Y DISEÑO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES.

#### 3.2.1 Prediseño de vigas secundarias<sup>35</sup>



**Figura 26** Distribución de cargas en Vigas secundarias

$$\text{Perfil supuesto } W_{10 \times 17} \begin{cases} A = 4.99 \text{ in}^2 \\ d = 10 \text{ in} \end{cases}$$

$$D = 2 \left[ \frac{W \cdot S}{3} \cdot \frac{3 - m^2}{2} \right] + Pp$$

$$D = 2 \left[ \frac{(0.047 + 0.026) * 6.56}{3} \cdot \frac{3 - \left(\frac{6.56}{19.69}\right)^2}{2} \right] + \frac{17}{1000}$$

$$D = 0.48 \left[ \text{Kip/ft} \right]$$

$$L = 2 \left[ \frac{W \cdot S}{3} \cdot \frac{3 - m^2}{2} \right]$$

$$L = 2 \left[ \frac{0.042 * 6.56}{3} \cdot \frac{3 - \left(\frac{6.56}{19.69}\right)^2}{2} \right]$$

$$L = 0.27 \left[ \text{Kip/ft} \right]$$

$$W_u = 1.2D + 1.6L$$

<sup>35</sup> American Institute of Steel Construction, 2010, "Steel Construction AISC Manual", United States of America, Design of Flexural Members [3]

$$W_u = 1.2(0.48) + 1.6(0.27)$$

$$W_u = 1.01[\text{Kip}/ft]$$

$$M_u = \frac{W_u \cdot L_v^2}{12} = \frac{1.01 \cdot 19.69^2}{12}$$

$$M_u = 32.63[\text{Kip} - ft]$$

Calculo del eje neutro "a"

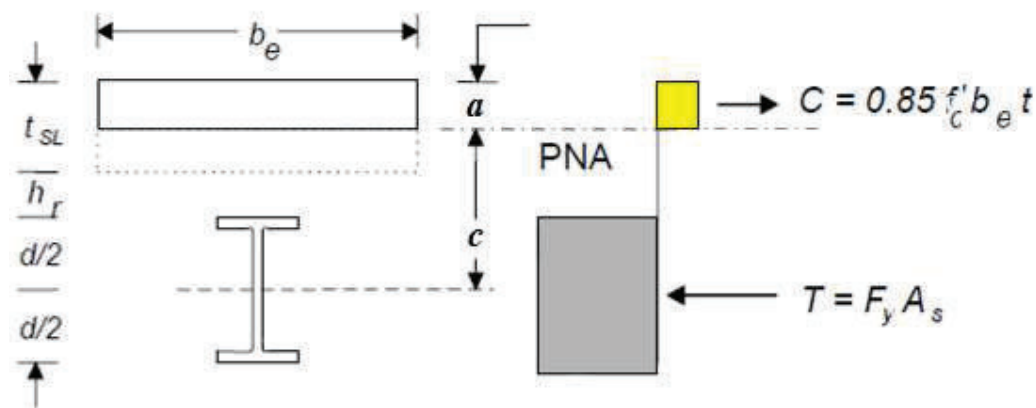


Figura 27 Interacción en vigas de sección compuesta

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 f'_c b_e} = \frac{4.99 \cdot 36}{0.85 \cdot 3 \cdot 59.04} = 1.19''$$

$$c = \frac{d}{2} + t_s - \frac{a}{2} = \frac{10.11}{2} + 4.13 - \frac{1.19}{2} = 8.59''$$

$$M_n = A_s \cdot F_y \cdot c = 4.99 \cdot 36 \cdot 8.59 = 543.11[\text{Kip} - in] = 128.59[\text{Kip} - ft]$$

$$\phi M_n = 0.9 \cdot M_n = 115.73[\text{Kip} - ft]$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$\phi Z F_y = M_u$$

$$Z = \frac{M_u}{\phi F_y} = \frac{32.63}{0.9 \cdot 36} \cdot \frac{12 \text{ in}}{1 \text{ ft}} = 12.12 \text{ in}^3$$

Seleccionamos Perfil  $W_{6 \times 20}$   $\left\{ \begin{array}{l} A = 5.87 \text{ in}^2 \\ d = 6.20 \text{ in} \\ Z = 14.9 \text{ in}^3 \end{array} \right.$

$$D = 2 \left[ \frac{W \cdot S}{3} \cdot \frac{3 - m^2}{2} \right] + Pp$$

$$D = 2 \left[ \frac{(0.047 + 0.026) * 6.56}{3} \cdot \frac{3 - \left(\frac{6.56}{19.69}\right)^2}{2} \right] + \frac{20}{1000}$$

$$D = 0.48 \left[ \text{Kip}/ft \right]$$

$$L = 2 \left[ \frac{W_l \cdot S}{3} \cdot \frac{3 - m^2}{2} \right]$$

$$L = 2 \left[ \frac{0.042 * 6.56}{3} \cdot \frac{3 - \left(\frac{6.56}{19.69}\right)^2}{2} \right]$$

$$L = 0.27 \left[ \text{Kip}/ft \right]$$

$$W_u = 1.2D + 1.6L$$

$$W_u = 1.2(0.48) + 1.6(0.27)$$

$$W_u = 1.01 [\text{Kip}/ft]$$

$$M_u = \frac{W_u \cdot L_v^2}{12} = \frac{1.01 * 19.69^2}{12}$$

$$M_u = 32.63 [\text{Kip} - ft]$$

Calculo del eje neutro "a"

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 f'_c b_e} = \frac{5.87 * 36}{0.85 * 3 * 59.04} = 1.4"$$

$$c = \frac{d}{2} + t_s - \frac{a}{2} = \frac{6.2}{2} + 4.13 - \frac{1.4}{2} = 6.53"$$

$$M_n = A_s * F_y * c = 5.87 * 36 * 6.93 = 1379.92 [\text{Kip} - in] = 115.00 [\text{Kip} - ft]$$

$$\phi M_n = 0.9 * M_n = 103.5 [\text{Kip} - ft]$$

$$\phi M_n > M_u$$

Compatibilidad

$$\frac{h}{t_w} \leq 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$22.57 \leq 3.76 \sqrt{\frac{29000}{36}}$$

$$22.57 \leq 106.72$$

$$\frac{b_f}{2 t_f} \leq \frac{65}{\sqrt{F_y}}$$

$$8.24 \leq \frac{65}{\sqrt{36}}$$

$$8.24 \leq 10.83$$

$$C_b = 1.14$$

$$L_p = 1.76 * r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$L_p = 1.76 * 1.5 \sqrt{\frac{29000}{36}} = 74.93" = 6.24 [ft]$$

$$L_r = 1.95 * r_{ts} \frac{E}{0.7 * F_y} \sqrt{\frac{J.C}{S_x * h_0} + \sqrt{\left(\frac{J.C}{S_x * h_0}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 F_y}{E}\right)^2}}$$

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

$$r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{13.3 * 113}}{13.4} = 2.89$$

$$r_{ts} = 1.7$$

$$L_r = 1.95 * 1.7 * \frac{29000}{0.7 * 36} \sqrt{\frac{0.240}{13.4 * 5.84} + \sqrt{\left(\frac{0.240}{13.4 * 5.84}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 * 36}{29000}\right)^2}}$$

$$L_r = 316" = 26.36ft$$

$$L_p < L_b < L_r$$

Por lo tanto nos encontramos en la zona 2 de pandeo inelástico torsional.

$$M_n = C_b M_p - (M_p - 0.7 F_y S_x) \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} < M_p$$

$$M_p = F_y Z_x$$

$$M_p = 36 * 14.9 = 536.4 \text{ kip} - \text{in}$$

$$M_n = 1.14 * 536.4 - (536.4 - 0.7 * 36 * 13.4) \frac{19.69 - 6.24}{26.36 - 6.24} < 536.4 \text{ kip} - \text{in}$$

$$M_n = 460.05 \text{ kip} - \text{in} < 536.4 \text{ kip} - \text{in}$$

$$M_d = \phi_b M_n$$



$$M_d = 0.9 * 460.05 = 414.04 \text{ kip} - \text{in} = 34.50 \text{ kip} - \text{ft}$$

$$\frac{M_u}{M_d} = \frac{32.63}{34.5} = 0.94$$

$$M_d > M_u$$

Revisión de resistencia por cortante

$$V_u = \frac{W_u * L}{2} = \frac{1.01 * 19.69}{2} = 13.78 \text{ kips}$$

Revisión de estabilidad del alma

$$\frac{h}{t_w} < \frac{418}{F_y}$$

$$19.1 < \frac{418}{36}$$

$$19.1 < 69.6$$

$$V_n = 0.6 * F_y * A_w$$

$A_w$  es el área transversal del alma (in<sup>2</sup>)

$$V_n = 0.6 * 36 * 1.17 = 25.27 \text{ kips}$$

$$V_d = 0.9 * V_n$$

$$V_d = 0.9 * 25.27 = 22.74 \text{ kips}$$

$$V_u < V_d$$

Deflexión

$$\Delta L_{max} = \frac{L}{360} = \frac{19.69 * 12}{360} = 0.656 \text{ in}$$

Deflexión de la sección de acero

$$\Delta L = \frac{W_u * L^4}{384 * E I_x} = \frac{1.01}{384 * 29000 * 41.4} * (19.69 * 12)^4 = 0.57$$

$$\Delta L < \Delta L_{max}$$

Deflexión de la sección de compuesta

$$\Delta L_c = \frac{W_u * L^4}{384 * E I_{eff}}$$

$$E I_{eff} = E_s I_{sx} + E_s I_{sr} + C_3 E_c I_{cy}$$

$$C_3 = 0.6 + 2 \left( \frac{A_s}{A_c + A_s} \right) \leq 0.9$$

$$0.6 + 2 * \left( \frac{5.87}{82.66 + 5.87} \right) \leq 0.9$$

$$0.73 \leq 0.9$$

$$C_3 = 0.73$$

$$E_c = w_c^{1.5} \sqrt{f'_c}$$

$$= \left(150 \frac{lb}{ft^3}\right)^{1.5} * \sqrt{3ksi}$$

$$E_c = 3181.98 ksi$$

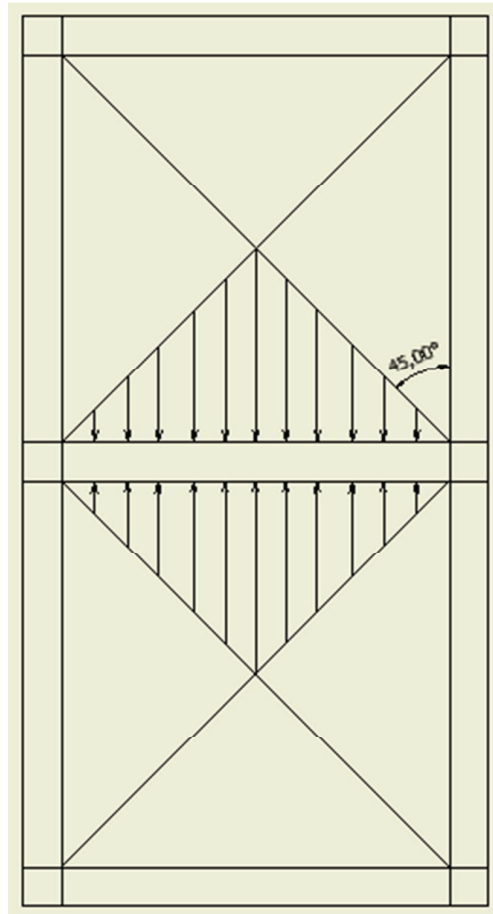
$$I_{cx} = \frac{(a^3 \cdot b_e)}{12} + \left[\left(\frac{a}{2}\right)^2 A_c\right] = \frac{(1.4^3 \cdot 59.04)}{12} + \left[\left(\frac{1.4}{2}\right)^2 82.66\right] = 54 in^4$$

$$EI_{eff} = 1326033.65 kip - in^2$$

$$\Delta L_c = \frac{\frac{1.01}{12} * (19.69 * 12)^4}{384 * 1326033.65} = 0.51 in$$

$$\Delta L_c < \Delta L_{max}$$

### 3.2.2 Prediseño de vigas principales soportantes de secundarias<sup>36</sup>.



**Figura 28 Distribución de cargas en Vigas Principales**

$$\text{Perfil supuesto } W_{24 \times 55} \left\{ \begin{array}{l} A = 16,2 \text{ in}^2 \\ d = 23,6 \text{ in} \end{array} \right.$$

$$D = 2 \left[ \frac{W \cdot S}{3} \right] + Pp$$

$$D = 2 \left[ \frac{(0.047 + 0.026) 19.69}{3} \right] + \frac{55}{1000}$$

$$D = 1.01 \left[ \frac{\text{Kip}}{\text{ft}} \right]$$

<sup>36</sup> American Institute of Steel Construction, 2010, "Steel Construction AISC Manual", United States of America, Design of Flexural Members [3]

$$L = 2 \left[ \frac{W_l \cdot S}{3} \right]$$

$$L = 2 \left[ \frac{0.042 * 19.69}{3} \right]$$

$$L = 0,53 \left[ \text{Kip}/ft \right]$$

$$W_u = 1.2D + 1.6L$$

$$W_u = 1.2(1.01) + 1.6(0.53)$$

$$W_u = 2,06[\text{Kip}/ft]$$

$$M_u = \frac{W_u \cdot L_v^2}{12} + \frac{2}{9} P_{VS} L_v = \frac{2,06 * 19.69^2}{12} + \frac{2}{9} 0.39 * 19.69$$

$P_{VS}$ : Carga puntual por la viga secundaria

$$M_u = 68.26[\text{Kip} - ft]$$

Calculo del eje neutro "a"

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 f'_c b_e} = \frac{16.2 * 36}{0.85 * 3 * 59.04} = 3.87''$$

$$c = \frac{d}{2} + t_s - \frac{a}{2} = \frac{23,6}{2} + 4.13 - \frac{3,87}{2} = 14''$$

$$M_n = A_s * F_y * c = 16.2 * 36 * 14 = 8164.8[\text{Kip} - in] = 680.4[\text{Kip} - ft]$$

$$\phi M_n = 0,9 * M_n = 612.36[\text{Kip} - ft]$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$\phi Z F_y = M_u$$

$$Z = \frac{M_u}{\phi F_y} = \frac{68.26}{0.9 * 36} * \frac{12 \text{ in}}{1 \text{ ft}} = 25.28 \text{ in}^3$$

Seleccionamos Perfil  $W_{8x28}$   $\left\{ \begin{array}{l} A = 8.25 \text{ in}^2 \\ d = 8.06 \text{ in} \\ Z = 27.2 \text{ in}^3 \end{array} \right.$

$$D = 2 \left[ \frac{W \cdot S}{3} \right] + Pp$$

$$D = 2 \left[ \frac{(0.047 + 0.026) 19.69}{3} \right] + \frac{28}{1000}$$

$$D = 0.98 \left[ \text{Kip}/ft \right]$$

$$L = 2 \left[ \frac{W_l \cdot S}{3} \right]$$

$$L = 2 \left[ \frac{0.042 \cdot 19.69}{3} \right]$$

$$L = 0.55 \left[ \frac{\text{Kip}}{\text{ft}} \right]$$

$$W_u = 1.2D + 1.6L$$

$$W_u = 1.2(0.98) + 1.6(0.55)$$

$$W_u = 2.06[\text{Kip}/\text{ft}]$$

$$M_u = \frac{W_u \cdot L_v^2}{12} + \frac{2}{9} P_{VS} L_v = \frac{2.06 \cdot 19.69^2}{12} + \frac{2}{9} 0.39 \cdot 19.69$$

$P_{VS}$ : Carga puntual por la viga secundaria

$$M_u = 68.26[\text{Kip} - \text{ft}]$$

Calculo del eje neutro "a"

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 f'_c b_e} = \frac{8.25 \cdot 36}{0.85 \cdot 3 \cdot 59.04} = 1.97''$$

$$c = \frac{d}{2} + t_s - \frac{a}{2} = \frac{8.06}{2} + 4.13 - \frac{1.97}{2} = 7.18''$$

$$M_n = A_s \cdot F_y \cdot c = 8.25 \cdot 36 \cdot 7.18 = 2132.46[\text{Kip} - \text{in}] = 177.71[\text{Kip} - \text{ft}]$$

$$\phi M_n = 0.9 \cdot M_n = 159.94[\text{Kip} - \text{ft}]$$

$$\phi M_n > M_u$$

Compatibilidad

$$\frac{h}{t_w} \leq 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$22.3 \leq 3.76 \sqrt{\frac{29000}{36}}$$

$$22.3 \leq 106.72$$

$$\frac{b_f}{2 t_f} \leq \frac{65}{\sqrt{F_y}}$$

$$7.03 \leq \frac{65}{\sqrt{36}}$$

$$7.03 \leq 10.83$$

$$C_b = 1.14$$

$$L_p = 1.76 * r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$L_p = 1.76 * 1.62 \sqrt{\frac{29000}{36}} = 80.93" = 6.75 [ft]$$

$$L_r = 1.95 * r_{ts} \frac{E}{0.7 * F_y} \sqrt{\frac{J.C}{S_x * h_0} + \sqrt{\left(\frac{J.C}{S_x * h_0}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 F_y}{E}\right)^2}}$$

$$C = 1$$

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

$$r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{21.7 * 312}}{24.3} = 3.38$$

$$r_{ts} = 1.84$$

$$L_r = 1.95 * 1.84 * \frac{29000}{0.7 * 36} \sqrt{\frac{0.537}{24.3 * 7.60} + \sqrt{\left(\frac{0.537}{24.3 * 7.60}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 * 36}{29000}\right)^2}}$$

$$L_r = 335.19" = 27.93 ft$$

$$L_p < L_b < L_r$$

Por lo tanto nos encontramos en la zona 2 de pandeo inelástico torsional.

$$M_n = C_b M_p - (M_p - 0.7 F_y S_x) \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} < M_p$$

$$M_p = F_y Z_x$$

$$M_p = 36 * 27.2 = 979.2 \text{ kip} - \text{in}$$

$$M_n = 1.14 * 979.2 - (979.2 - 0.7 * 36 * 24.3) \frac{19.69 - 6.75}{27.93 - 6.75} < 979.2 \text{ kip} - \text{in}$$

$$M_n = 892.17 \text{ kip} - \text{in} < 979.2 \text{ kip} - \text{in}$$

$$M_d = \phi_b M_n$$

$$M_d = 0.9 * 892.17 = 802.95 \text{ kip} - \text{in} = 66.92 \text{ kip} - \text{ft}$$

$$\frac{M_u}{M_d} = \frac{68.26}{66.92} = 1.02$$

$$M_d > M_u \text{ No cumple}$$

Revisión de resistencia por cortante

$$V_u = \frac{W_u * L}{2} = \frac{2.06 * 19.69}{2} = 20.28 \text{ kips}$$

Revisión de estabilidad del alma

$$\frac{h}{t_w} < \frac{418}{F_y}$$

$$22.3 < \frac{418}{36}$$

$$22.3 < 69.6$$

$$V_n = 0.6 * F_y * A_w$$

$$V_n = 0.6 * 36 * 1.74 = 37.58 \text{ kips}$$

$$V_d = 0.9 * V_n$$

$$V_d = 0.9 * 37.58 = 33.82 \text{ kips}$$

$$V_u < V_d$$

Deflexión

$$\Delta L_{max} = \frac{L}{360} = \frac{19.69}{360} = 0.656 \text{ in}$$

$$\Delta L = \frac{W_u * L^4}{384 * EI_x} = \frac{2.06}{12} * \frac{(19.69 * 12)^4}{384 * 29000 * 98.0} = 0.49 \text{ in}$$

$$\Delta L < \Delta L_{max}$$

Como el momento  $M_d < M_u$ , no resiste las cargas a las cuales está sometida la viga, con lo cual se seleccionara otro perfil para este caso el perfil W8X31.

$$\text{Seleccionamos Perfil } W_{8x31} \begin{cases} A = 9.13 \text{ in}^2 \\ d = 8 \text{ in} \\ Z = 30.4 \text{ in}^3 \end{cases}$$

$$D = 2 \left[ \frac{W.S}{3} \right] + Pp$$

$$D = 2 \left[ \frac{(0.047 + 0.026)19.69}{3} \right] + \frac{31}{1000}$$

$$D = 0.99 \left[ \frac{\text{Kip}}{\text{ft}} \right]$$

$$L = 2 \left[ \frac{W_l \cdot S}{3} \right]$$

$$L = 2 \left[ \frac{0.042 * 19.69}{3} \right]$$

$$L = 0.55 \left[ \frac{\text{Kip}}{\text{ft}} \right]$$

$$W_u = 1.2D + 1.6L$$

$$W_u = 1.2(0.99) + 1.6(0.55)$$

$$W_u = 2.07[\text{Kip}/\text{ft}]$$

$$M_u = \frac{W_u \cdot L_v^2}{12} + \frac{2}{9} P_{VS} L_v = \frac{2.07 * 19.69^2}{12} + \frac{2}{9} 0.39 * 19.69$$

$P_{VS}$ : Carga puntual por la viga secundaria

$$M_u = 68.58[\text{Kip} - \text{ft}]$$

Calculo del eje neutro "a"

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 f'_c b_e} = \frac{9.13 * 36}{0.85 * 3 * 59.04} = 2.18''$$

$$c = \frac{d}{2} + t_s - \frac{a}{2} = \frac{8}{2} + 4.13 - \frac{2.18}{2} = 7.04''$$

$$M_n = A_s * F_y * c = 9.13 * 36 * 7.04 = 2313.91[\text{Kip} - \text{in}] = 192.83[\text{Kip} - \text{ft}]$$

$$\phi M_n = 0.9 * M_n = 173.54[\text{Kip} - \text{ft}]$$

$$\phi M_n > M_u$$

Compatibilidad

$$\frac{h}{t_w} \leq 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$22.3 \leq 3.76 \sqrt{\frac{29000}{36}}$$

$$22.3 \leq 106.72$$

$$\frac{b_f}{2 t_f} \leq \frac{65}{\sqrt{F_y}}$$

$$9.19 \leq \frac{65}{\sqrt{36}}$$

$$7.03 \leq 10.83$$



$$C_b = 1.14$$

$$L_p = 1.76 * r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$L_p = 1.76 * 2.02 \sqrt{\frac{29000}{36}} = 100.90" = 8.4 [ft]$$

$$L_r = 1.95 * r_{ts} \frac{E}{0.7 * F_y} \sqrt{\frac{J.C}{S_x * h_0} + \sqrt{\left(\frac{J.C}{S_x * h_0}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 F_y}{E}\right)^2}}$$

$$C = 1$$

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

$$r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{37.1 * 530}}{27.5} = 5.1$$

$$r_{ts} = 2.26$$

$$L_r = 1.95 * 2.26 * \frac{29000}{0.7 * 36} \sqrt{\frac{0.536}{27.5 * 7.57} + \sqrt{\left(\frac{0.536}{27.5 * 7.57}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 * 36}{29000}\right)^2}}$$

$$L_r = 392.85" = 32.74 ft$$

$$L_p < L_b < L_r$$

Por lo tanto nos encontramos en la zona 2 de pandeo inelástico torsional.

$$M_n = C_b M_p - (M_p - 0.7 F_y S_x) \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} < M_p$$

$$M_p = F_y Z_x$$

$$M_p = 36 * 30.4 = 1094.4 \text{ kip} - \text{in}$$

$$M_n = 1.14 * 1094.4 - (1094.4 - 0.7 * 36 * 27.5) \frac{19.69 - 8.4}{37.74 - 8.4} < 1094.4 \text{ kip} - \text{in}$$

$$M_n = 1093.16 \text{ kip} - \text{in} < 1094.4 \text{ kip} - \text{in}$$

$$M_d = \phi_b M_n$$

$$M_d = 0.9 * 1093.16 = 983.84 \text{ kip} - \text{in} = 81.99 \text{ kip} - \text{ft}$$

$$\frac{M_u}{M_d} = \frac{68.58}{81.99} = 0.84$$

$$M_d > M_u \text{ SI cumple}$$

Revisión de resistencia por cortante

$$V_u = \frac{W_u * L}{2} = \frac{2.07 * 19.69}{2} = 20.38 \text{ kips}$$

Revisión de estabilidad del alma

$$\frac{h}{t_w} < \frac{418}{F_y}$$

$$22.3 < \frac{418}{36}$$

$$22.3 < 69.6$$

$$V_n = 0.6 * F_y * A_w$$

$$V_n = 0.6 * 36 * 1.07 = 23.11 \text{ kips}$$

$$V_d = 0.9 * V_n$$

$$V_d = 0.9 * 23.11 = 20.80 \text{ kips}$$

$$V_u < V_d$$

Deflexión

$$\Delta L_{max} = \frac{L}{360} = \frac{19.69}{360} = 0.656 \text{ in}$$

Deflexión de la sección de acero

$$\Delta L = \frac{W_u * L^4}{384 * E I_x} = \frac{2.07}{12} * \frac{(19.69 * 12)^4}{384 * 29000 * 110} = 0.44 \text{ in}$$

$$\Delta L < \Delta L_{max}$$

Deflexión de la sección de compuesta

$$\Delta L_c = \frac{W_u * L^4}{384 * E I_{eff}}$$

$$E I_{eff} = E_s I_{sx} + E_s I_{sr} + C_3 E_c I_{cy}$$

$$C_3 = 0.6 + 2 \left( \frac{A_s}{A_c + A_s} \right) \leq 0.9$$

$$0.6 + 2 * \left( \frac{9.13}{128.7 + 9.13} \right) \leq 0.9$$

$$0.73 \leq 0.9$$

$$C_3 = 0.73$$

$$E_c = w_c^{1.5} \sqrt{f'_c}$$

$$= \left( 150 \frac{lb}{ft^3} \right)^{1.5} * \sqrt{3 \text{ ksi}}$$

$$E_c = 3181.98 \text{ ksi}$$

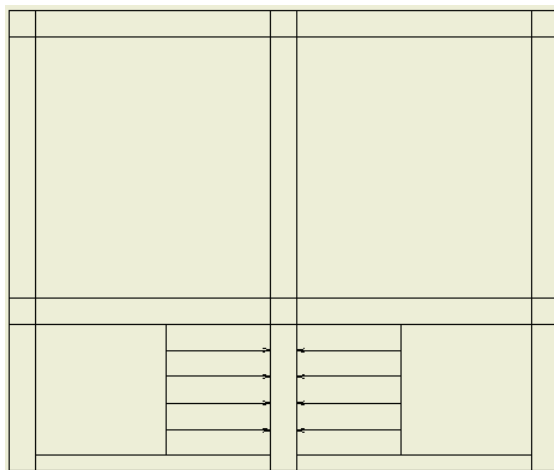
$$I_{cx} = \frac{(a^3 \cdot b_e)}{12} + \left[ \left( \frac{a}{2} \right)^2 A_c \right] = \frac{(2.18^3 \cdot 59.04)}{12} + \left[ \left( \frac{1.4}{2} \right)^2 128.7 \right] = 114.04 \text{ in}^4$$

$$EI_{eff} = 3454897.29 \text{ kip} - \text{in}^2$$

$$\Delta L_c = \frac{2.07}{384} * \frac{(19.69 * 12)^4}{3454897.29} = 0.4 \text{ in}$$

$$\Delta L_c < \Delta L_{max}$$

### 3.2.3 Prediseño de vigas en voladizo<sup>37</sup>.



**Figura 29 Distribución de cargas en Vigas en voladizo**

Seleccionamos Perfil  $W_{8 \times 28}$   $\begin{cases} A = 8.25 \text{ in}^2 \\ d = 8.06 \text{ in} \\ Z = 27.2 \text{ in}^3 \end{cases}$

$$D = [W \cdot S] + Pp$$

$$D = [(0.047 + 0.026)19.69] + \frac{28}{1000}$$

$$D = 1.46 \left[ \frac{\text{Kip}}{\text{ft}} \right]$$

$$L = [W_l \cdot S]$$

$$L = [0.042 * 19.69]$$

<sup>37</sup> American Institute of Steel Construction, 2010, "Steel Construction AISC Manual", United States of America, Design of Flexural Members [23]

$$L = 0.82 \left[ \text{Kip}/\text{ft} \right]$$

$$W_u = 1.2D + 1.6L$$

$$W_u = 1.2(1.46) + 1.6(0.82)$$

$$W_u = 3.07[\text{Kip}/\text{ft}]$$

$$M_u = \frac{W_u \cdot L_v^2}{2} + 2P_{VS}L_v = \frac{3.07 * 9.845^2}{2} + 2 * 0.39 * 9.845$$

$P_{VS}$ : Carga puntual por la viga secundaria

$$M_u = 156.46[\text{Kip} - \text{ft}]$$

Calculo del eje neutro "a"

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 f'_c b_e} = \frac{8.25 * 36}{0.85 * 3 * 59.04} = 1.97''$$

$$c = \frac{d}{2} + t_s - \frac{a}{2} = \frac{8.06}{2} + 4.13 - \frac{1.97}{2} = 7.18''$$

$$M_n = A_s * F_y * c = 8.25 * 36 * 7.18 = 2132.46[\text{Kip} - \text{in}] = 177.71[\text{Kip} - \text{ft}]$$

$$\phi M_n = 0.9 * M_n = 159.94[\text{Kip} - \text{ft}]$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$\phi Z F_y = M_u$$

$$Z = \frac{M_u}{\phi F_y} = \frac{156.46}{0.9 * 36} * \frac{12 \text{ in}}{1 \text{ ft}} = 57.95 \text{ in}^3$$

Seleccionamos Perfil  $W_{8 \times 58}$   $\left\{ \begin{array}{l} A = 17.1 \text{ in}^2 \\ d = 8.75 \text{ in} \\ Z = 59.8 \text{ in}^3 \end{array} \right.$

$$D = [W.S] + Pp$$

$$D = [(0.047 + 0.026)19.69] + \frac{58}{1000}$$

$$D = 1.49 \left[ \text{Kip}/\text{ft} \right]$$

$$L = [W_l.S]$$

$$L = [0.042 * 19.69]$$

$$L = 0.82 \left[ \text{Kip}/\text{ft} \right]$$

$$W_u = 1.2D + 1.6L$$

$$W_u = 1.2(1.49) + 1.6(0.82)$$

$$W_u = 3.1[\text{Kip}/ft]$$

$$M_u = \frac{W_u \cdot L_v^2}{2} + 2P_{VS}L_v = \frac{3.1 * 9.845^2}{2} + 2 * 0.39 * 9.845$$

$P_{VS}$ : Carga puntual por la viga secundaria

$$M_u = 158.22[\text{Kip} - ft]$$

Calculo del eje neutro "a"

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 f'_c b_e} = \frac{17.1 * 36}{0.85 * 3 * 59.04} = 4.09"$$

$$c = \frac{d}{2} + t_s - \frac{a}{2} = \frac{8.75}{2} + 4.13 - \frac{4.09}{2} = 6.46"$$

$$M_n = A_s * F_y * c = 17.1 * 36 * 6.46 = 3977.1[\text{Kip} - in] = 331.42[\text{Kip} - ft]$$

$$\phi M_n = 0.9 * M_n = 298.28[\text{Kip} - ft]$$

$$\phi M_n > M_u$$

Compatibilidad

$$\frac{h}{t_w} \leq 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$12.4 \leq 3.76 \sqrt{\frac{29000}{36}}$$

$$12.4 \leq 106.72$$

$$\frac{b_f}{2 t_f} \leq \frac{65}{\sqrt{F_y}}$$

$$5.07 \leq \frac{65}{\sqrt{36}}$$

$$5.07 \leq 10.83$$

$$C_b = 1.0$$

$$L_p = 1.76 * r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$L_p = 1.76 * 2.1 \sqrt{\frac{29000}{36}} = 104.90" = 8.74 [ft]$$

$$L_r = 1.95 * r_{ts} \frac{E}{0.7 * F_y} \sqrt{\frac{J.C}{S_x * h_0} + \sqrt{\left(\frac{J.C}{S_x * h_0}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 F_y}{E}\right)^2}}$$

$$C = 1$$

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

$$r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{75.1 * 1180}}{52} = 5.72$$

$$r_{ts} = 2.39$$

$$L_r = 1.95 * 2.39 * \frac{29000}{0.7 * 36} \sqrt{\frac{3.33}{52 * 7.94} + \sqrt{\left(\frac{3.33}{52 * 7.94}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 * 36}{29000}\right)^2}}$$

$$L_r = 697.75" = 58.14 \text{ ft}$$

$$L_p < L_b < L_r$$

Por lo tanto nos encontramos en la zona 2 de pandeo inelástico torsional.

$$M_n = C_b M_p - (M_p - 0.7 F_y S_x) \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} < M_p$$

$$M_p = F_y Z_x$$

$$M_p = 36 * 59.8 = 2152.8 \text{ kip} - \text{in}$$

$$M_n = 1.0 * 2152.8 - (2152.8 - 0.7 * 36 * 52) \frac{9.845 - 8.74}{58.14 - 8.74} < 2152.8 \text{ kip} - \text{in}$$

$$M_n = 2133.95 \text{ kip} - \text{in} < 2152.8 \text{ kip} - \text{in}$$

$$M_d = \phi_b M_n$$

$$M_d = 0.9 * 2133.95 = 1920.56 \text{ kip} - \text{in} = 160.05 \text{ kip} - \text{ft}$$

$$\frac{M_u}{M_d} = \frac{158.22}{160.05} = 0.98$$

$$M_d > M_u \quad \text{SI cumple}$$

Revisión de resistencia por cortante

$$V_u = W_u * L = 3.1 * 9.845 = 30.52 \text{ kips}$$

Revisión de estabilidad del alma

$$\frac{h}{t_w} < \frac{418}{F_y}$$

$$12.4 < \frac{418}{36}$$

$$12.4 < 69.6$$

$$V_n = 0.6 * F_y * A_w$$

$$V_n = 0.6 * 36 * 2.93 = 63.34 \text{ kips}$$

$$V_d = 0.9 * V_n$$

$$V_d = 0.9 * 63.34 = 57 \text{ kips}$$

$$V_u < V_d$$

Deflexión

$$\Delta L_{max} = \frac{L}{360} = \frac{19.69}{360} = 0.027 \text{ in}$$

Deflexión de la sección de acero

$$\Delta L = \frac{W_u * L^4}{384 * EI_x} = \frac{\frac{3.1}{12} * (9.85 * 12)^4}{384 * 29000 * 228} = 0.02 \text{ in}$$

$$\Delta L < \Delta L_{max}$$

Deflexión de la sección de compuesta

$$\Delta L_c = \frac{W_u * L^4}{384 * EI_{eff}}$$

$$EI_{eff} = E_s I_{sx} + E_s I_{sr} + C_3 E_c I_{cy}$$

$$C_3 = 0.6 + 2 \left( \frac{A_s}{A_c + A_s} \right) \leq 0.9$$

$$0.6 + 2 * \left( \frac{17.1}{241.47 + 17.1} \right) \leq 0.9$$

$$0.73 \leq 0.9$$

$$C_3 = 0.73$$

$$E_c = w_c^{1.5} \sqrt{f'_c}$$

$$= \left( 150 \frac{lb}{ft^3} \right)^{1.5} * \sqrt{3 \text{ ksi}}$$

$$E_c = 3181.98 \text{ ksi}$$

$$I_{cx} = \frac{(a^3 \cdot b_e)}{12} + \left[ \left( \frac{a}{2} \right)^2 A_c \right] = \frac{(4.09^3 \cdot 59.04)}{12} + \left[ \left( \frac{4.09}{2} \right)^2 241.47 \right] = 1346.45 \text{ in}^4$$

$$EI_{eff} = 9739595.19 \text{ kip} - \text{in}^2$$

$$\Delta L_c = \frac{\frac{3.1}{12} * (9.85 * 12)^4}{384 * 9739595.19} = 0.013 in$$

$$\Delta L_c < \Delta L_{max}$$

### 3.2.4 Prediseño de vigas externa<sup>38</sup>

Seleccionamos Perfil  $W_{8x31}$   $\left\{ \begin{array}{l} A = 9.13 in^2 \\ d = 8 in \\ Z = 30.4 in^3 \end{array} \right.$

$$D = \left[ \frac{W \cdot S}{3} \right] + W \cdot L_{vv} + Pp$$

$$D = \left[ \frac{(0.047 + 0.026)19.69}{3} \right] + (0.047 + 0.026) 9.845 + \frac{31}{1000}$$

$$D = 1.23 \left[ \frac{Kip}{ft} \right]$$

$$L = \left[ \frac{W_l \cdot S}{3} \right] + W_l \cdot L_{vv}$$

$$L = \left[ \frac{0.042 * 19.69}{3} \right] + (0.042 * 9.845)$$

$$L = 0.69 \left[ \frac{Kip}{ft} \right]$$

$$W_u = 1.2D + 1.6L$$

$$W_u = 1.2(1.33) + 1.6(0.69)$$

$$W_u = 2.7 \left[ \frac{Kip}{ft} \right]$$

$$M_u = \frac{W_u \cdot L_v^2}{12} + \frac{2}{9} P_{VS} L_v = \frac{2.7 * 19.69^2}{12} + \frac{2}{9} 0.39 * 9.845$$

$P_{VS}$ : Carga puntual por la viga secundaria

$$M_u = 88.08 \text{ [Kip} - \text{ft]}$$

Calculo del eje neutro "a"

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 f'_c b_e} = \frac{9.13 * 36}{0.85 * 3 * 59.04} = 2.18''$$

$$c = \frac{d}{2} + t_s - \frac{a}{2} = \frac{8}{2} + 4.13 - \frac{2.18}{2} = 7.04''$$

<sup>38</sup> American Institute of Steel Construction, 2010, "Steel Construction AISC Manual", United States of America, Design of Flexural Members



$$M_n = A_s * F_y * c = 9.13 * 36 * 7.04 = 2313.91[\text{Kip} - \text{in}] = 192.83[\text{Kip} - \text{ft}]$$

$$\phi M_n = 0.9 * M_n = 173.54[\text{Kip} - \text{ft}]$$

$$\phi M_n > M_u$$

Compatibilidad

$$\frac{h}{t_w} \leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$22.3 \leq 3.76 \sqrt{\frac{29000}{36}}$$

$$22.3 \leq 106.72$$

$$\frac{b_f}{2 t_f} \leq \frac{65}{\sqrt{F_y}}$$

$$9.19 \leq \frac{65}{\sqrt{36}}$$

$$7.03 \leq 10.83$$

$$C_b = 1.14$$

$$L_p = 1.76 * r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$L_p = 1.76 * 2.02 \sqrt{\frac{29000}{36}} = 100.90" = 8.4 [\text{ft}]$$

$$L_r = 1.95 * r_{ts} \frac{E}{0.7 * F_y} \sqrt{\frac{J.C}{S_x * h_0} + \sqrt{\left(\frac{J.C}{S_x * h_0}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 F_y}{E}\right)^2}}$$

$$C = 1$$

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

$$r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{37.1 * 530}}{27.5} = 5.1$$

$$r_{ts} = 2.26$$

$$L_r = 1.95 * 2.26 * \frac{29000}{0.7 * 36} \sqrt{\frac{0.536}{27.5 * 7.57} + \sqrt{\left(\frac{0.536}{27.5 * 7.57}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 * 36}{29000}\right)^2}}$$

$$L_r = 392.85" = 32.74 \text{ ft}$$

$$L_p < L_b < L_r$$

Por lo tanto nos encontramos en la zona 2 de pandeo inelástico torsional.

$$M_n = C_b M_p - (M_p - 0.7 F_y S_x) \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} < M_p$$

$$M_p = F_y Z_x$$

$$M_p = 36 * 30.4 = 1094.4 \text{ kip} - \text{in}$$

$$M_n = 1.14 * 1094.4 - (1094.4 - 0.7 * 36 * 27.5) \frac{19.69 - 8.4}{37.74 - 8.4} < 1094.4 \text{ kip} - \text{in}$$

$$M_n = 1093.16 \text{ kip} - \text{in} < 1094.4 \text{ kip} - \text{in}$$

$$M_d = \phi_b M_n$$

$$M_d = 0.9 * 1093.16 = 983.84 \text{ kip} - \text{in} = 81.99 \text{ kip} - \text{ft}$$

$$\frac{M_u}{M_d} = \frac{88.08}{81.99} = 1.07$$

$$M_d < M_u \quad \text{NO cumple}$$

Seleccionamos Perfil  $W_{8 \times 35}$   $\left\{ \begin{array}{l} A = 10.3 \text{ in}^2 \\ d = 8.12 \text{ in} \\ Z = 34.7 \text{ in}^3 \end{array} \right.$

$$D = \left[ \frac{W \cdot S}{3} \right] + W \cdot L_{vv} + Pp$$

$$D = \left[ \frac{(0.047 + 0.026) 19.69}{3} \right] + (0.047 + 0.026) 9.845 + \frac{35}{1000}$$

$$D = 1.23 \left[ \text{Kip} / \text{ft} \right]$$

$$L = \left[ \frac{W_l \cdot S}{3} \right] + W_l \cdot L_{vv}$$

$$L = \left[ \frac{0.042 * 19.69}{3} \right] + (0.042 * 9.845)$$

$$L = 0.69 \left[ \text{Kip} / \text{ft} \right]$$

$$W_u = 1.2D + 1.6L$$

$$W_u = 1.2(1.33) + 1.6(0.69)$$

$$W_u = 2.7[\text{Kip}/ft]$$

$$M_u = \frac{W_u \cdot L_v^2}{12} + \frac{2}{9} P_{VS} L_v = \frac{2.7 * 19.69^2}{12} + \frac{2}{9} 0.39 * 9.845$$

$P_{VS}$ : Carga puntual por la viga secundaria

$$M_u = 88.08 [\text{Kip} - ft]$$

Calculo del eje neutro "a"

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 f'_c b_e} = \frac{10.3 * 36}{0.85 * 3 * 59.04} = 2.46''$$

$$c = \frac{d}{2} + t_s - \frac{a}{2} = \frac{8.12}{2} + 4.13 - \frac{2.46}{2} = 6.96''$$

$$M_n = A_s * F_y * c = 10.3 * 36 * 6.96 = 2580.22[\text{Kip} - in] = 215.02[\text{Kip} - ft]$$

$$\phi M_n = 0.9 * M_n = 193.51[\text{Kip} - ft]$$

$$\phi M_n > M_u$$

Compatibilidad

$$\frac{h}{t_w} \leq 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$20.5 \leq 3.76 \sqrt{\frac{29000}{36}}$$

$$20.5 \leq 106.72$$

$$\frac{b_f}{2 t_f} \leq \frac{65}{\sqrt{F_y}}$$

$$8.10 \leq \frac{65}{\sqrt{36}}$$

$$8.10 \leq 10.83$$

$$C_b = 1.14$$

$$L_p = 1.76 * r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$L_p = 1.76 * 2.03 \sqrt{\frac{29000}{36}} = 101.4'' = 8.45 [ft]$$

$$L_r = 1.95 * r_{ts} \frac{E}{0.7 * F_y} \sqrt{\frac{J.C}{S_x * h_0} + \sqrt{\left(\frac{J.C}{S_x * h_0}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 F_y}{E}\right)^2}}$$

$$C = 1$$

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

$$r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{42.6 * 619}}{31.2} = 5.2$$

$$r_{ts} = 2.28$$

$$L_r = 1.95 * 2.28 * \frac{29000}{0.7 * 36} \sqrt{\frac{0.769}{31.2 * 7.63} + \sqrt{\left(\frac{0.769}{31.2 * 7.63}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 * 36}{29000}\right)^2}}$$

$$L_r = 433.30" = 36.11 \text{ ft}$$

$$L_p < L_b < L_r$$

Por lo tanto nos encontramos en la zona 2 de pandeo inelástico torsional.

$$M_n = C_b M_p - (M_p - 0.7 F_y S_x) \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} < M_p$$

$$M_p = F_y Z_x$$

$$M_p = 36 * 34.7 = 1249.2 \text{ kip} - \text{in}$$

$$M_n = 1.14 * 1249.2 - (1249.2 - 0.7 * 36 * 31.2) \frac{19.69 - 8.45}{36.11 - 8.45} < 1249.2 \text{ kip} - \text{in}$$

$$M_n = 1235.89 \text{ kip} - \text{in} < 1249.2 \text{ kip} - \text{in}$$

$$M_d = \phi_b M_n$$

$$M_d = 0.9 * 1235.89 = 1112.3 \text{ kip} - \text{in} = 92.69 \text{ kip} - \text{ft}$$

$$\frac{M_u}{M_d} = \frac{88.08}{92.69} = 0.95$$

$$M_d > M_u \text{ si cumple}$$

Revisión de resistencia por cortante

$$V_u = \frac{W_u * L}{2} = \frac{2.7 * 19.69}{2} = 26.58 \text{ kips}$$

Revisión de estabilidad del alma

$$\frac{h}{t_w} < \frac{418}{F_y}$$

$$20.5 < \frac{418}{36}$$

$$20.5 < 69.6$$

$$V_n = 0.6 * F_y * A_w$$

$$V_n = 0.6 * 36 * 1.78 = 38.44 \text{ kips}$$

$$V_d = 0.9 * V_n$$

$$V_d = 0.9 * 38.44 = 34.6 \text{ kips}$$

$$V_u < V_d$$

Deflexión

$$\Delta L_{max} = \frac{L}{360} = \frac{19.69}{360} = 0.656 \text{ in}$$

$$\Delta L = \frac{W_u * L^4}{384 * EI_x} = \frac{\frac{2.7}{12} * (19.69 * 12)^4}{384 * 29000 * 127} = 0.496 \text{ in}$$

$$\Delta L < \Delta L_{max}$$

### 3.2.5 Diseño de columnas<sup>39</sup>

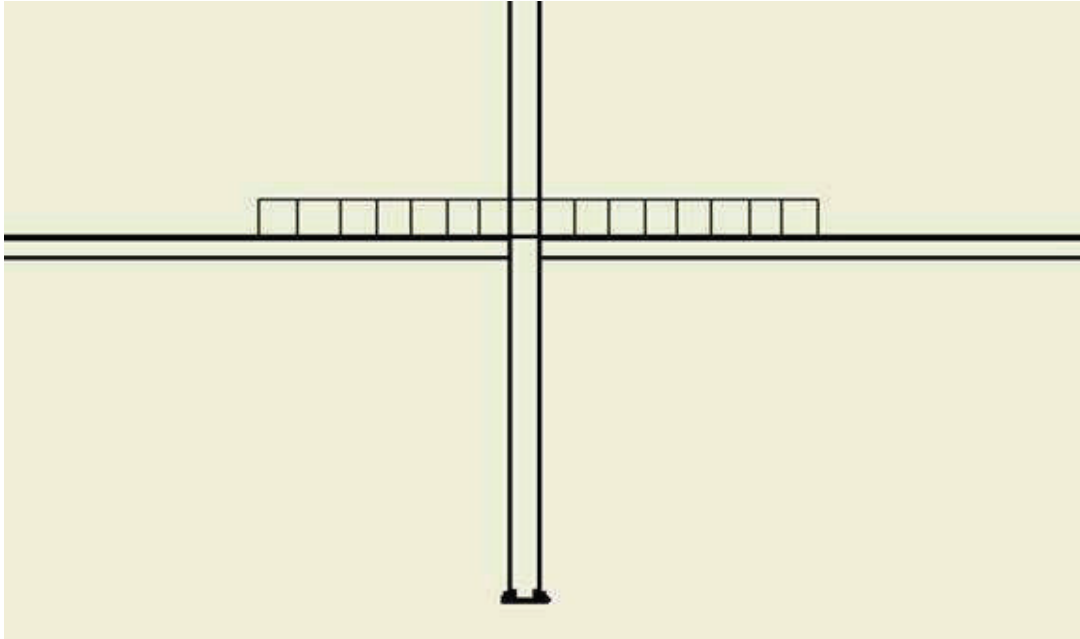


Figura 30 Distribución de cargas en la columna

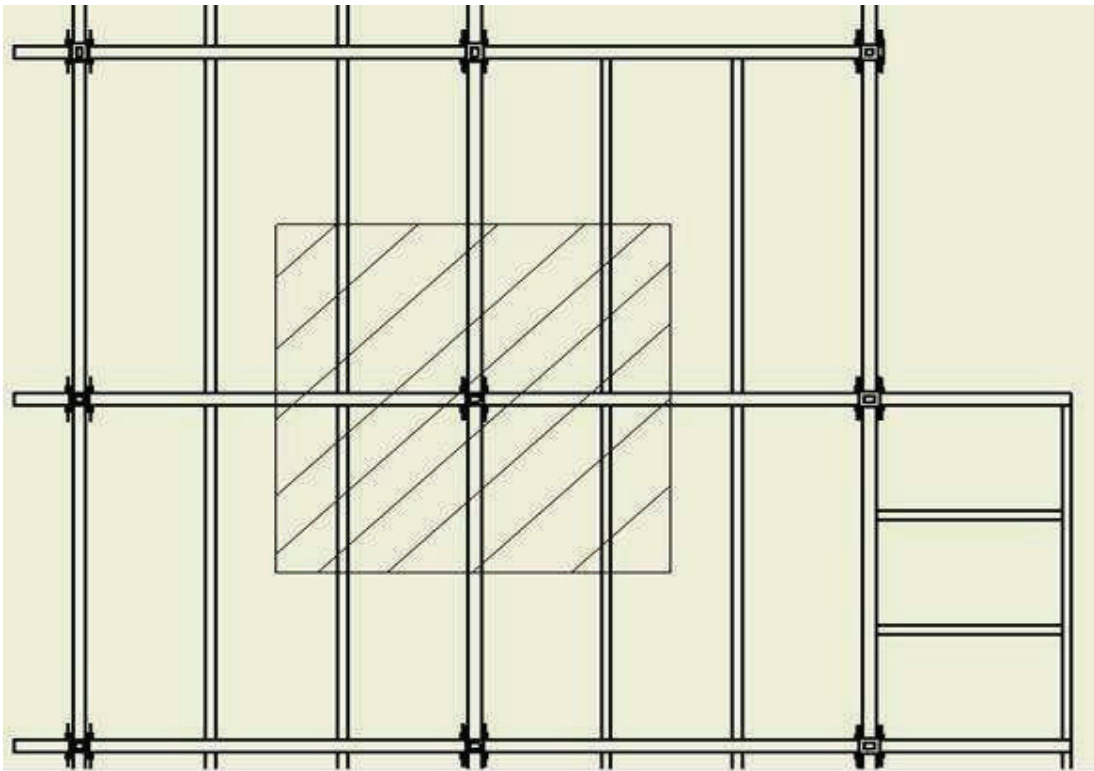


Figura 31 Área tributaria de cargas para la columna

<sup>39</sup> CIMEPI, 2014, "Segundo Curso Internacional de Diseño de Estructuras Compuestas", Quito Ecuador, 7ma Sesión

### 3.2.5.1 Cargas:

$$P_D = 0.047 \text{ kips/ft}^2$$

$$P_P = 0.026 \text{ kips/ft}^2$$

$$P_L = 0.042 \text{ kips/ft}^2$$

$$P_G = 0.021 \text{ kips/ft}^2$$

Viga principal (pre diseño)= W8x31

Viga secundaria (pre diseño)= W6x20

$$P_D = (0.047 + 0.026) * 19.69 + 2 * \frac{31}{1000} + 2 * \frac{20}{1000} = 1.54 \text{ kips/ft}$$

$$P_L = 0.042 * 19.69 = 0.83 \text{ kips/ft}$$

$$P_r = P_u = 1.2D + 1.6L$$

$$P_r = 1.2 * \left(1.54 \frac{\text{kips}}{\text{ft}}\right) + 1.6 * 0.83 \frac{\text{kips}}{\text{ft}} = 3.18 \text{ kips/ft}$$

$$P_r = 3.18 \frac{\text{kips}}{\text{ft}} * 19.69 \text{ft} = 62.61 \text{ kips}$$

$$P_r = 125.22 \text{ kips (2 pisos)}$$

### 3.2.5.2 Área Mínima de columna

Para el cálculo del área mínima el NEC recomienda un factor de 0.8 para la carga concentrada  $P_r$ .

$$P_r = \frac{125.22 \text{ kips}}{0.8} = 156.53 \text{ kips}$$

$$f'_c = 4 \text{ ksi}$$

$$A = \frac{156.53}{4} \text{ in}^2 = 39.13 \text{ in}^2 \text{ (Área mínima de columnas)}$$

### 3.2.5.3 Dimensiones mínimas de la columna

$$h = 30 \text{ cm} \cong 11.81 \text{ in (12 in)}$$

$$b = 20 \text{ cm} \cong 7.87 \text{ in (8 in)}$$

El perfil rectangular próximo con estas dimensiones es:

$$\text{HSS } 10 \times 8 \times 1/4$$

Para el perfil HSS 10x8x1/4 tenemos:

$$\lambda = \begin{cases} \frac{h}{t} = 39.9 \\ \frac{b}{t} = 31.3 \end{cases}$$

3.2.5.4 Revisión pandeo local

$$\lambda_p = 2.26 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\lambda_p = 2.26 \sqrt{\frac{29000 \text{ksi}}{36 \text{ksi}}}$$

$$\lambda_p = 64.14$$

El máximo valor es:

$$\frac{h}{t} = 39.9$$

$64.14 \geq 39.9$  OK (Sección compacta)

$$P_{no} = P_p$$

$$= F_y A_s + C_2 f'_c \left( A_c + \frac{A_{sr} E_s}{E_c} \right)$$

$$A_c = b_i h_i - t^2 (4 - \pi)$$

$$b_i = B - 2t$$

$$h_i = H - 2t$$

Para el perfil HSS 10x8x1/4

$$H = 10 \text{ in}$$

$$B = 8 \text{ in}$$

$$t = 0.233 \text{ in}$$

$$I_{sy} = 84.7 \text{ in}^4$$

$$A_s = 8.03 \text{ in}^2$$

$$b_i = 8 - 2 * 0.233 = 7.53 \text{ in}$$

$$h_i = 10 - 2 * 0.233 = 9.53 \text{ in}$$

$$A_c = 7.53 * 9.53 - 0.233^2 (4 - \pi) = 71.71 \text{ in}^2$$

$$P_{no} = 36 * 8.03 + 0.85 * 3 * (71.71 + 0)$$

$$P_{no} = 471.94 \text{ kips}$$



## 3.2.5.5 Calculo de la carga de Euler

$$C_3 = 0.6 + 2 \left( \frac{A_s}{A_c + A_s} \right) \leq 0.9$$

$$0.6 + 2 * \left( \frac{8.03}{71.71 + 8.03} \right) \leq 0.9$$

$$0.80 \leq 0.9$$

Controla

$$C_3 = 0.80$$

$$E_c = w_c^{1.5} \sqrt{f'_c}$$

$$= \left( 150 \frac{lb}{ft^3} \right)^{1.5} * \sqrt{3ksi}$$

$$E_c = 3181.98 ksi$$

$$EI_{eff} = E_s I_{sy} + E_s I_{sr} + C_3 E_c I_{cy}$$

$$I_{cy} = \frac{(b_i^3 * h_i)}{12}$$

$$= (29000ksi * 84.7 in^4) + 0 + 0.8 * (3181.98ksi)(313 in^4)$$

$$EI_{eff} = 3253067.79 kip - in^2$$

## 3.2.5.6 Calculo de G

$$G_1 = 1 \text{ (empotrado en un extremo)}$$

$$G = \frac{\frac{EI_{co}}{L_{co}}}{\frac{EI_v}{L_v}}$$

$$I_v = 110 in^4 \text{ (W8x31)}$$

$$L_{c1} = 11.02 ft$$

$$L_{c2} = 10.93 ft$$

$$I_c = 119 in^4 \text{ (HSS 10x8x1/4)}$$

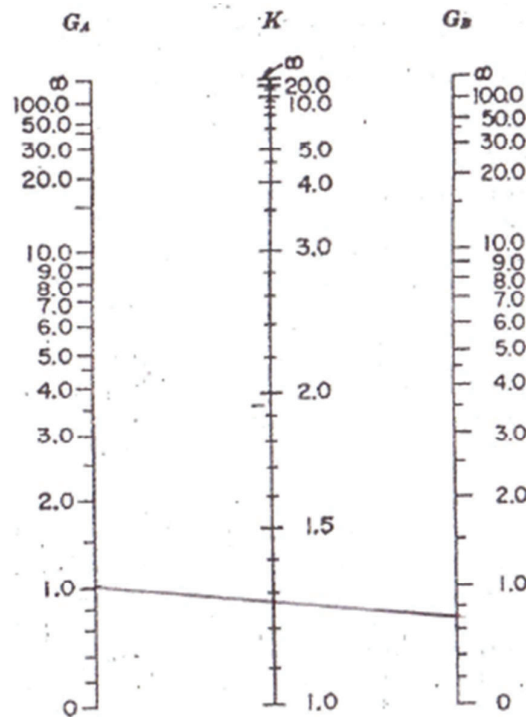
$$L_v = 19.69 ft$$

Ladeo no impedido multiplicar por 0.67 para juntas empotradas

$$G_2 = \frac{\frac{3253067.79 kip - in^2}{22.04ft}}{0.67 * \left( \frac{110in^3}{19.69ft} + \frac{110in^3}{19.69ft} \right) * 29000ksi} = 0.68$$

$$G_2 = 0.68$$

Con  $G_1$  y  $G_2$



**Figura 32 Determinación de K de la columna**

(CIMEPI, 2014)

$$K = 1.28$$

$L = \text{altura de la columna ft}$

$$KL = 1.28 * 11.02 \text{ft} = 14.10 \text{ft}$$

$$P_e = \pi^2 * (EI_{eff}) / (KL)^2$$

$$P_e = (\pi^2 * 3253067.79 \text{ kip} - \text{in}^2) / \left( 1.28 * 11.02 \text{ ft} * \frac{12 \text{in}}{\text{ft}} \right)^2$$

$$P_e = 1120.59 \text{ kips}$$

### 3.2.5.7 Resistencia a compresión de la columna

$$\frac{P_{no}}{P_e} = \frac{471.94 \text{ kips}}{1120.59 \text{ kips}} = 0.42$$

Por tanto, pandeo por flexión inelástico

$$P_n = P_{no} \left[ 0.658 \frac{P_{no}}{P_e} \right]$$

$$P_n = 471.94 \text{ kips} * [0.658^{0.42}]$$

$$P_n = 395.86 \text{ kips}$$

$$\phi_c = 0.75$$

$$\phi_c P_n \geq P_u$$

$$\phi_c P_n = 0.75 * (395.86 \text{ kips})$$

$$296.89 \text{ kips} > 125.22 \text{ kips}$$

### 3.2.6 Método Rígido- plástico

Punto A. Compresión Pura

$$P_A = F_y A_s + 0.85 f'_c A_c$$

$$P_A = 36 \text{ ksi} * (8.03 \text{ in}^2) + 0.85 * (3 \text{ ksi}) * (71.71 \text{ in}^2)$$

$$P_A = 471.94 \text{ kips}$$

$$M_A = 0 \text{ kip} - \text{ft}$$

Punto C Compresión y Momento igual al punto B

$$P_c = 0.85 f'_c A_c$$

$$P_c = 0.85 * 3 \text{ ksi} * 71.71 \text{ in}^2$$

$$P_c = 182.86 \text{ kips}$$

$$M_c = M_B$$

Punto D. Máximo momento (falla balanceada)

$$P_D = \frac{0.85 f'_c A_c}{2}$$

$$P_D = \frac{0.85 * 3 \text{ ksi} * 71.71 \text{ in}^2}{2}$$

$$P_D = 91.43 \text{ kips}$$

$$Z_c = \frac{b_i h_i^2}{4} - 0.192 * r_i^3 \text{ donde } r_i = t$$

$$Z_c = \frac{(7.53 \text{ in})(9.53 \text{ in})^2}{4} - 0.192 * (0.233 \text{ in})^3$$

$$Z_c = 170.97 \text{ in}^3$$

$$Z_{sx} = 28.1 \text{ in}^3 \text{ tabla 1 - 11 AISC 2010}$$

$$M_D = F_y Z_{sx} + \frac{0.85 f'_c Z_c}{2}$$

$$M_D = 36 \text{ ksi} * 28.1 \text{ in}^3 + \frac{0.85 * 3 \text{ ksi} * 170.97 \text{ in}^3}{2}$$

$$M_D = 1229.58 \text{ kip} - \text{in}$$

$$M_D = 102.47 \text{ kip} - \text{ft}$$

Punto B Flexión Pura

$$P_B = 0 \text{ kips}$$

$$h_n = \frac{0.85f'_c A_c}{2(0.85f'_c b_i + 4tF_y)} \leq \frac{h_i}{2}$$

$$= \frac{0.85 * 3\text{ksi} * 71.71 \text{ in}^2}{2 * (0.85 * 3\text{ksi} * 7.53 \text{ in} + 4 * 0.233 \text{ in} * 36\text{ksi})} \leq \frac{9.53 \text{ in}}{2}$$

$$2.28\text{in} \leq 4.76 \text{ in}$$

$$h_n = 2.28 \text{ in}$$

$$Z_{sn} = 2th_n^2$$

$$Z_{sn} = 2 * 0.233 \text{ in} * (2.28\text{in})^2$$

$$Z_{sn} = 2.42 \text{ in}^3$$

$$Z_{cn} = b_i h_n^2$$

$$Z_{cn} = 7.53\text{in} * (2.28\text{in})^2$$

$$Z_{cn} = 44.09 \text{ in}^3$$

$$M_B = M_D - F_y Z_{sn} - \frac{0.85f'_c Z_{cn}}{2}$$

$$M_B = 1229.58 \text{ kip} - \text{in} - (36\text{ksi} * 2.42\text{in}^3) - \frac{0.85 * 3\text{ksi} * 44.09\text{in}^3}{2}$$

$$M_B = 1086.25 \text{ kip} - \text{in}$$

$$M_B = 90.52 \text{ kip} - \text{ft}$$

3.2.6.1 Punto E. Flexión y alta compresión

$$h_E = \frac{h_n}{2} + \frac{H}{4} \text{ donde } h_n = 2.16 \text{ in}$$

$$h_E = \frac{2.28\text{in}}{2} + \frac{10\text{in}}{4} = 3.64 \text{ in}$$

$$P_E = \frac{0.85f'_c A_c}{2} + 0.85f'_c b_i h_E + 4F_y t h_E$$

$$P_E = \frac{0.85 * 3\text{ksi} * 71.71\text{in}^2}{2} + 0.85 * 3\text{ksi} * 7.53 \text{ in} * 3.64\text{in} + 4 * 36\text{ksi} * 0.233\text{in} * 3.64\text{in}$$

$$P_E = 283.45 \text{ kips}$$

$$Z_{cE} = b_i h_E^2$$

$$Z_{cE} = 7.53 \text{ in} * (3.64 \text{ in})^2$$

$$Z_{cE} = 99.77 \text{ in}^3$$

$$Z_{sE} = 2th_E^2$$

$$Z_{sE} = 2 * 0.233 \text{ in} * (3.64 \text{ in})^2$$

$$Z_{sE} = 6.17 \text{ in}^3$$

$$M_E = M_D - F_y Z_{sE} - \frac{0.85 f'_c Z_{cE}}{2}$$

$$M_E = 1229.58 \text{ kip} - \text{in} - (36 \text{ ksi} * 6.17 \text{ in}^3) - \frac{0.85 * 3 \text{ ksi} * 99.77 \text{ in}^3}{2}$$

$$M_E = 880.25 \text{ kip} - \text{in}$$

$$M_E = 73.35 \text{ kip} - \text{ft}$$

### 3.2.6.2 Método Rígido Plástico

$$\frac{P_{no}}{P_e} = \frac{471.94 \text{ kips}}{1120.59 \text{ kips}} = 0.42$$

$$= 0.42 < 2.25$$

$$P_n = P_{no} \left[ 0.658 \frac{P_{no}}{P_e} \right]$$

$$= 471.94 \text{ kips} (0.658^{0.42})$$

$$P_n = 395.86 \text{ kips}$$

$$\lambda = \frac{P_n}{P_{no}}$$

$$= \frac{395.86 \text{ kips}}{471.94 \text{ kips}}$$

$$\lambda = 0.84$$

$$P_{A'} = \lambda P_A$$

$$= 0.84 * 471.94 \text{ kips}$$

$$P_{A'} = 396.43 \text{ kips}$$

$$P_{B'} = \lambda P_B$$

$$= 0.84 * 0 \text{ kips}$$

$$P_{B'} = 0 \text{ kips}$$

$$P_{C'} = \lambda P_C$$

$$= 0.84 * 182.8 \text{ kips}$$

$$P_{C'} = 153.35 \text{ kips}$$

$$P_{D'} = \lambda P_D$$

$$= 0.84 * 91.43 \text{ kips}$$

$$P_{D'} = 76.80 \text{ kips}$$

$$P_{E'} = \lambda P_E$$

$$= 0.84 * 283.45 \text{ kips}$$

$$P_{E'} = 238.09 \text{ kips}$$

### 3.2.6.3 Resistencia de diseño (LRFD)

$$\phi_c = 0.75$$

$$P_{A''} = 0.75 * 396.43 \text{ kips}$$

$$P_{A''} = 297.32 \text{ kips}$$

$$P_{B''} = 0.75 * 0 \text{ kips}$$

$$P_{B''} = 0 \text{ kips}$$

$$P_{C''} = 0.75 * 153.35 \text{ kips}$$

$$P_{C''} = 115.01 \text{ kips}$$

$$P_{D''} = 0.75 * 76.80 \text{ kips}$$

$$P_{D''} = 57.6 \text{ kips}$$

$$P_{E''} = 0.75 * 238.09 \text{ kips}$$

$$P_{E''} = 178.56 \text{ kips}$$

$$M_{A''} = 0.90 * 0 \text{ kip} - ft$$

$$M_{A''} = 0 \text{ kip} - ft$$

$$M_{B''} = 0.9 * 90.52 \text{ kip} - ft$$

$$M_{B''} = 81.47 \text{ kip} - ft$$

$$M_{C''} = 0.9 * 90.52 \text{ kip} - ft$$

$$M_{C''} = 81.47 \text{ kip} - ft$$

$$M_{D''} = 0.9 * 102.47 \text{ kip} - ft$$

$$M_{D''} = 92.22 \text{ kip} - ft$$

$$M_{E''} = 0.9 * 73.35 \text{ kip} - ft$$

$$M_{E''} = 66.01 \text{ kip} - ft$$

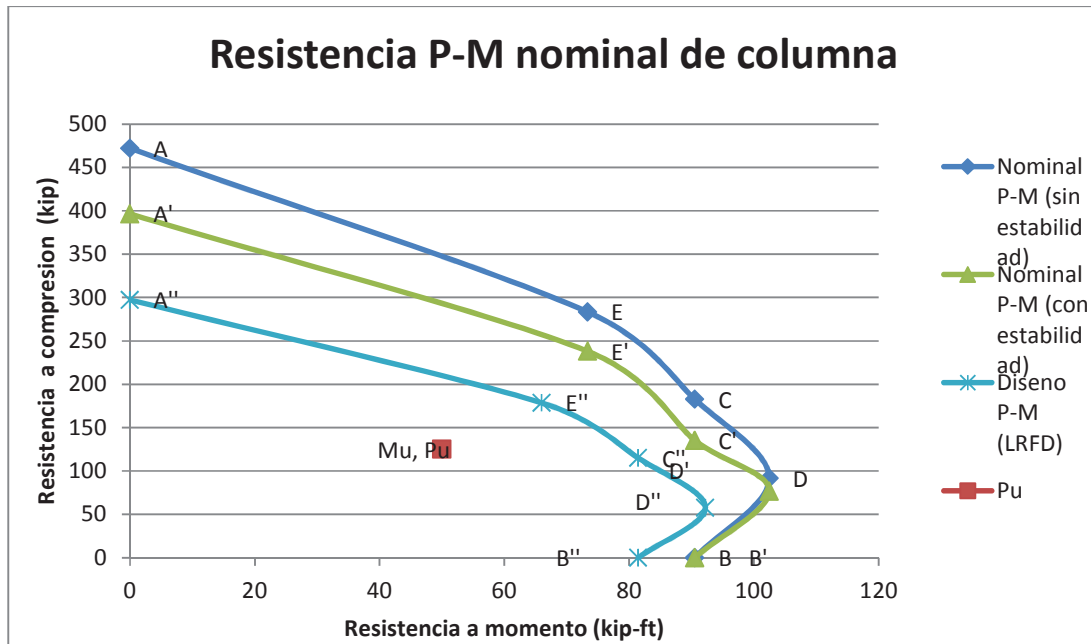
$$P_r = 125.22 \text{ kips}$$

$$M_r = 0.7F_y S_x$$

$$M_r = 0.7 * 36 \text{ ksi} * 23.8 \text{ in}^3$$

$$M_r = 599.76 \text{ kip} - \text{in}$$

$$M_r = 49.98 \text{ kip} - \text{ft}$$



### 3.2.7 DIMENSIONAMIENTO DE PERNOS DE CORTANTE<sup>40</sup>

Se utilizara pernos de cortante de  $\frac{3}{4}$  pulgada

Fuerza cortante.

$$Q_n = 0.5 A_{sa} \sqrt{f'_c E_c} \leq R_g R_p A_{sa} F_u$$

Área del perno

$$A_g = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$A_{sa} = \frac{\pi (0.75 \text{ in})^2}{4} = 0.442 \text{ in}^2$$

$$Q_n = 0.5 * 0.442 \text{ in}^2 * \sqrt{3 \text{ ksi} (3181.98 \text{ ksi})} = 21.59 \text{ kip}$$

<sup>40</sup> CIMEPI, 2014, "Segundo Curso Internacional de Diseño de Estructuras Compuestas", Quito Ecuador, 4ta Sesión [7]

$$Q_n = 1 * 0.75 * 0.442 \text{ in}^2 * 48 \text{ ksi} = 15.91 \text{ kip}$$

$$21.59 \text{ kip} > 15.91 \text{ kip}$$

$$V' = T_s = A_s F_y$$

$$V' = 16.2 \text{ in}^2 * 36 \text{ ksi}$$

$$V' = 583 \text{ kip}$$

$$N = \frac{V'}{Q_n}$$

$$N = \frac{583 \text{ kip}}{15.91 \text{ kip}} = 36.66 \approx 37 \text{ pernos}$$

Espaciamiento

$$\text{Espaciamiento} = \frac{19.69 \text{ ft}}{37 \text{ pernos}} = \frac{236.28 \text{ in}}{37 \text{ pernos}} = 6.38 \approx 6 \text{ in/perno}$$

Limite

$$s \geq 6d_{\text{perno}}$$

$$s = 6 \left( \frac{3}{4} \text{ in} \right) = 4.5 \text{ in}$$

$$6 \text{ in} > 4.5 \text{ in OK usar 2 pernos a 12 in}$$

### 3.2.8 DETERMINACIÓN DE ESPESOR DE LA PLACA INTERNA<sup>41</sup>

Determinación de la fuerza longitudinal cortante  $V'_r$

$$V'_r = \left| P_{rs} - P_r \left( \frac{A_s F_y}{P_{no}} \right) \right|$$

$$E_c = 3181.98 \text{ ksi}$$

$$P_{rs} = \left( \frac{E_s A_s}{E_s A_s + E_c A_c} \right) P_r$$

$$P_{rs} = \left( \frac{29000 \text{ ksi} * 8.96 \text{ in}^2}{29000 \text{ ksi} * 8.96 \text{ in}^2 + 3181.98 \text{ ksi} * 86.77 \text{ in}^2} \right) * P_r$$

$$P_{rs} = 0.48 P_r$$

<sup>41</sup> CIMEPI, 2014, "Segundo Curso Internacional de Diseño de Estructuras Compuestas", Quito Ecuador, 7ma Sesión [7]



Determinación de la fuerza a transferir

$$V_r' = \left| P_{rs} - P_r \left( \frac{A_s F_y}{P_{no}} \right) \right|$$

$$V_r' = \left| 0.48P_r - P_r \left( \frac{A_s F_y}{P_{no}} \right) \right|$$

$$= \left| 0.48P_r - P_r \left( \frac{8.96 \text{ in}^2 36 \text{ ksi}}{471.94 \text{ kips}} \right) \right|$$

$$V_r' = 0.20P_r$$

$$V_r' = 0.20 * (125.22 \text{ kips})$$

$$V_r' = 25.04 \text{ kips}$$

Evaluación de transferencia de carga

Se instalaran placas de transferencia de carga de ancho 3 pulgada.

$$A_1 = A_c - (b_i - 2L_p)(h_i - 2L_p)$$

$$A_1 = 86.77 \text{ in}^2 - (7.53 \text{ in} - 2 * 3 \text{ in})(11.53 \text{ in} - 2 * 3 \text{ in})$$

$$A_1 = 78.31 \text{ in}^2$$

Método LRFD

$$\phi_B R_n = 0.65 * (1.7 f_c' A_1)$$

$$\phi_B R_n = 0.65 * 1.7 * (3 \text{ ksi}) * (78.31 \text{ in}^2)$$

$$\phi_B R_n = 259.6 \text{ kips}$$

$$259.6 \text{ kips} > 25.04 \text{ kips OK}$$

Determinación del espesor de la placa internar

Método LRFD

$$\phi = 0.9$$

$$t_p = \sqrt{\frac{w_u}{2\phi F_y} \left[ L_p(b_i + h_i) - \frac{8L_p^2}{3} \right]}$$

Donde

$w_u$  Presión de la placa determinada con las combinaciones de carga de acuerdo al método LFRD

$$w_u = \frac{V_r'}{A_1}$$

$$w_u = \frac{25.04 \text{ kips}}{78.31 \text{ in}^2}$$

$$w_u = 0.32 \text{ ksi}$$

$$t_p = \sqrt{\frac{0.32 \text{ ksi}}{2 * 0.9 * 36 \text{ ksi}} * \left[ 3 \text{ in} (7.53 \text{ in} + 11.53 \text{ in}) - \frac{8 * (3 \text{ in})^2}{3} \right]}$$

$$t_p = 0.4 \text{ in}$$

$$t_p \cong 1/2 \text{ in}$$

### 3.3 SIMULACIÓN DE LA ESTRUCTURA.

La simulación se la realiza con el software SAP 2000.

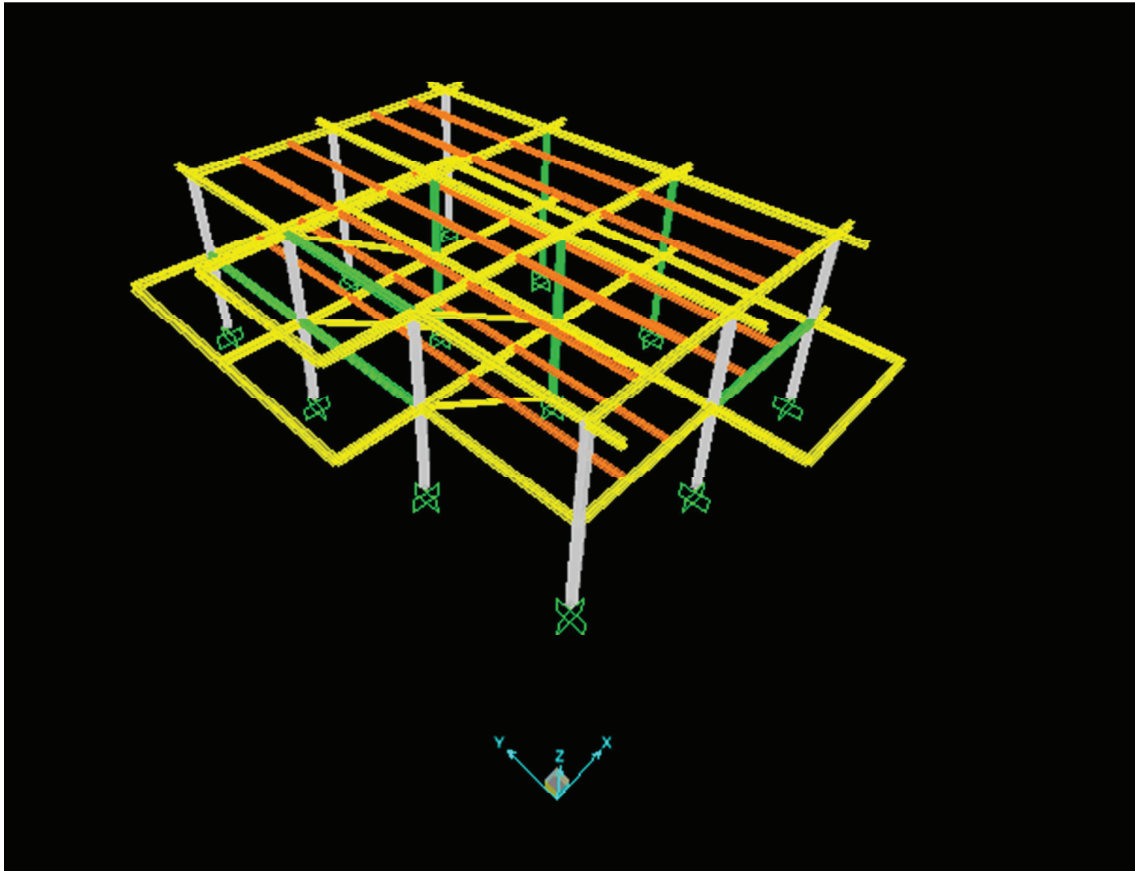


Figura 33 Estructura en SAP 2000

### Cargas muertas

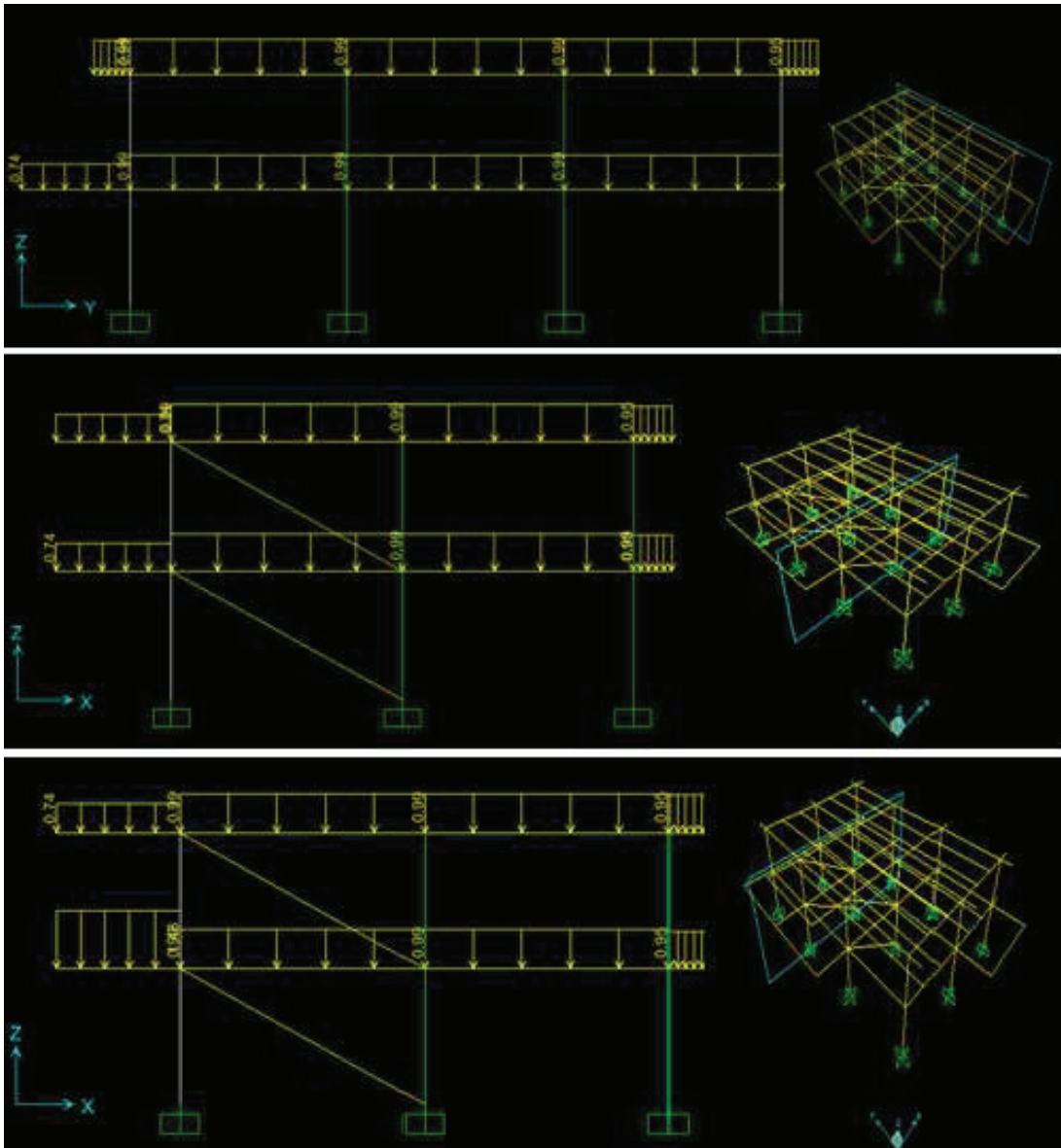


Figura 34 Introducción de carga muerta

Cargas vivas

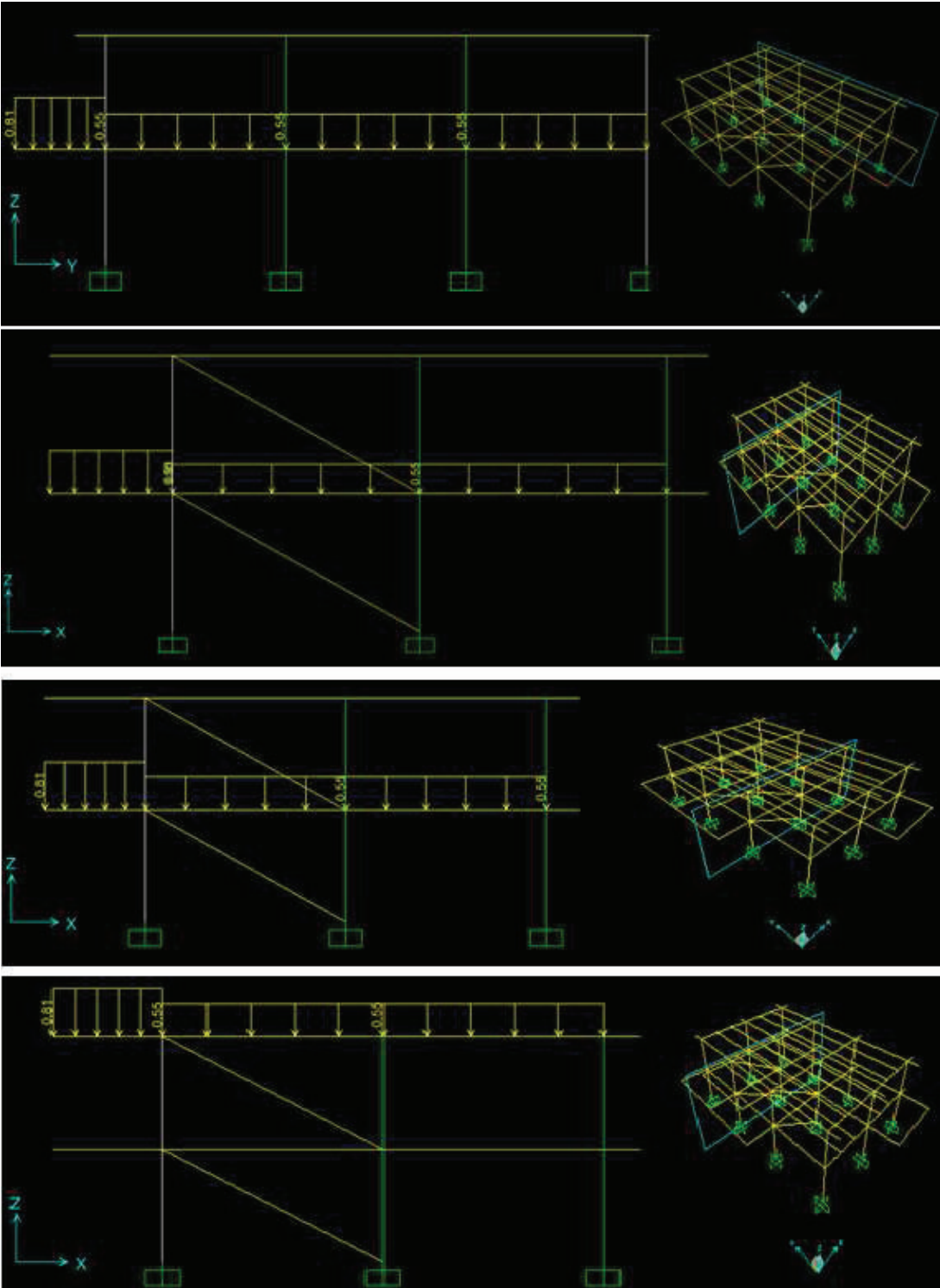


Figura 35 Introducción de carga viva

Cargas laterales debido a sismo

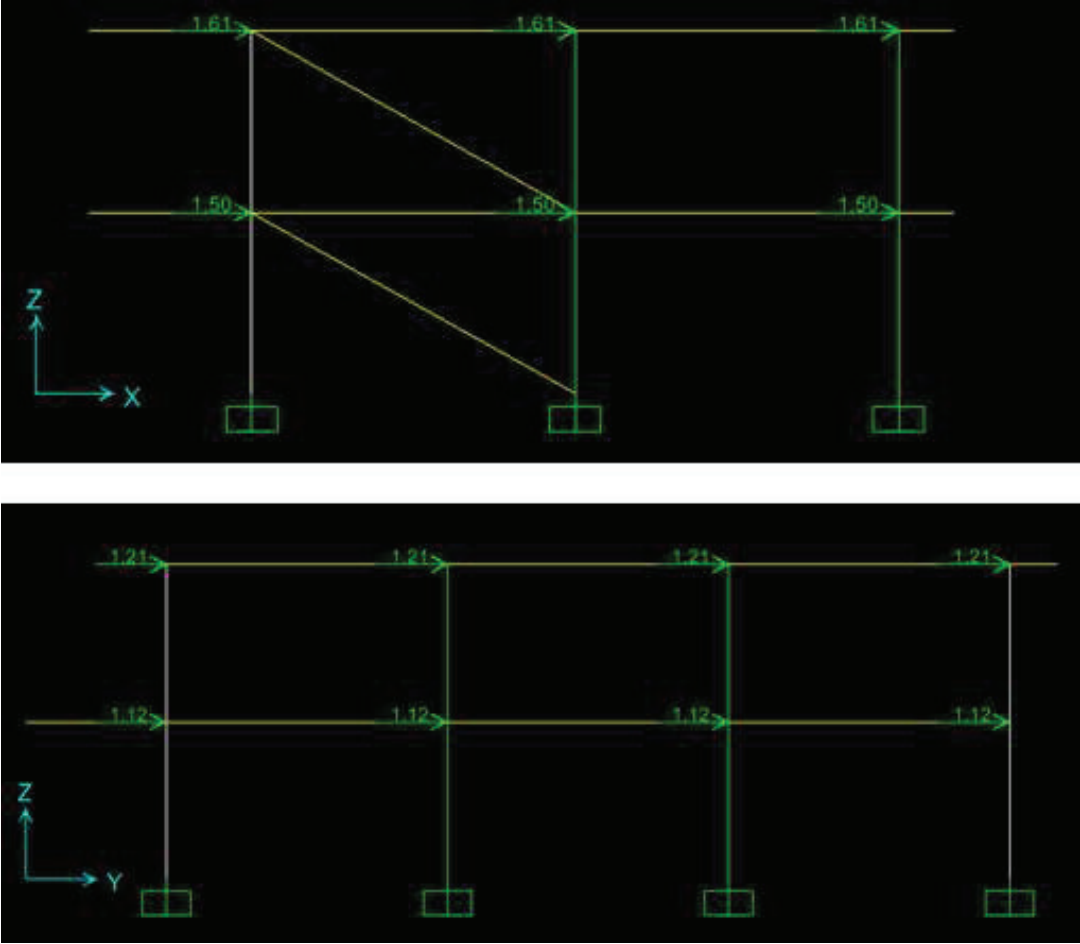


Figura 36 Introducción de cargas laterales

## Análisis de vigas

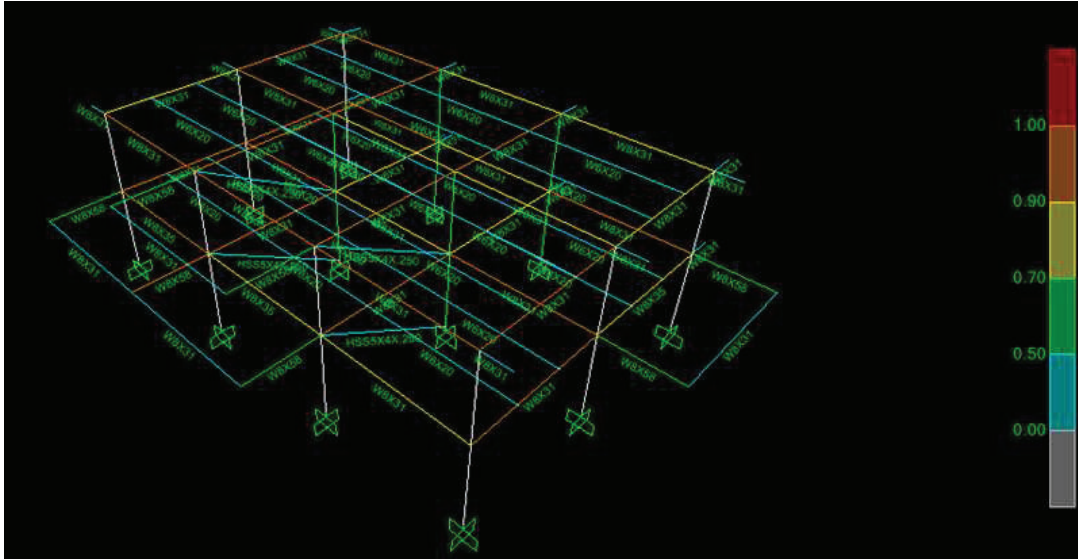


Figura 37 Simulación de las vigas de la estructura

Tabla 31 Steel Design 1 - Summary Data - AISC-LRFD93

| TABLE: Steel Design 1 - Summary Data - AISC-LRFD93 |             |             |                    |              |               |                |          |                    |                    |
|--|-------------|-------------|--------------------|--------------|---------------|----------------|----------|--------------------|--------------------|
| Frame  | Design Sect | Design Type | Status             | Ratio        | RatioT<br>ype | Combo          | Location | ErrMsg             | WarnMs<br>g        |
| 86   | W8X31       | Beam        | No<br>Message<br>s | 0,871<br>303 | PMM           | COMB2          | 6        | No<br>Message<br>s | No<br>Message<br>s |
| 103  | W8X31       | Beam        | Overstre<br>ssed   | 0,955<br>363 | PMM           | COMB3          | 0        | No<br>Message<br>s | No<br>Message<br>s |
| 167  | W8X31       | Beam        | Overstre<br>ssed   | 0,950<br>901 | PMM           | COMB2          | 0        | No<br>Message<br>s | No<br>Message<br>s |
| 4  | W8X31       | Beam        | No<br>Message<br>s | 0,857<br>478 | PMM           | COMB2          | 0        | No<br>Message<br>s | No<br>Message<br>s |
| 5  | W8X31       | Beam        | No<br>Message<br>s | 0,910<br>49  | PMM           | COMB<br>DISENO | 0        | No<br>Message<br>s | No<br>Message<br>s |
| 16   | W8X31       | Beam        | No<br>Message<br>s | 0,885<br>109 | PMM           | COMB3          | 0        | No<br>Message<br>s | No<br>Message<br>s |
| 18   | W8X31       | Beam        | No<br>Message<br>s | 0,865<br>103 | PMM           | COMB3          | 0        | No<br>Message<br>s | No<br>Message<br>s |

## Análisis de columnas

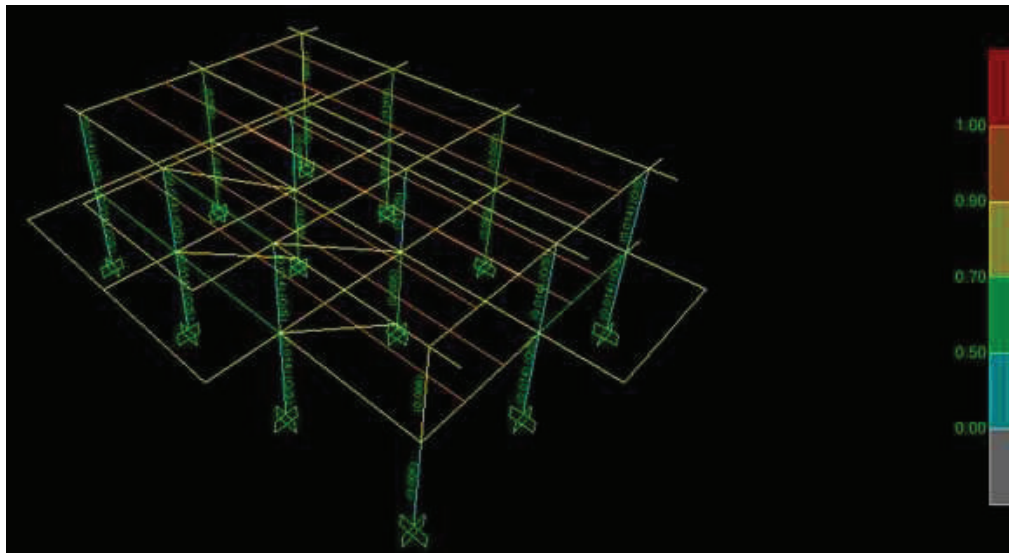


Figura 38 Simulación de las columnas de la estructura

Tabla 32 Concrete Design 1 - Column Summary Data - ACI 318-05/IBC2003

| TABLE: Concrete Design 1 - Column Summary Data - ACI 318-05/IBC2003 |                 |                |               |                    |              |              |              |                    |                    |
|---|-----------------|----------------|---------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|--------------------|--------------------|
| Frame   | DesignS<br>ect  | Design<br>Type | Design<br>Opt | Status             | Locat<br>ion | PMM<br>Combo | PMM<br>Ratio | ErrMsg             | WarnM<br>sg        |
| 38  | cc10x8x<br>1/4  | Column         | Check         | No<br>Messag<br>es | 3,36         | COMB3        | 0,5963<br>1  | No<br>Messag<br>es | No<br>Messag<br>es |
| 40  | cc10x8x<br>1/4  | Column         | Check         | No<br>Messag<br>es | 0            | COMB3        | 0,6933<br>9  | No<br>Messag<br>es | No<br>Messag<br>es |
| 128   | cc10x10<br>x1/4 | Column         | Check         | No<br>Messag<br>es | 0            | COMB3        | 0,7925<br>55 | No<br>Messag<br>es | No<br>Messag<br>es |
| 2   | cc10x10<br>x1/4 | Column         | Check         | No<br>Messag<br>es | 0            | COMB3        | 0,6064<br>68 | No<br>Messag<br>es | No<br>Messag<br>es |
| 2   | cc10x10<br>x1/4 | Column         | Check         | No<br>Messag<br>es | 3,36         | COMB3        | 0,8437<br>36 | No<br>Messag<br>es | No<br>Messag<br>es |
| 29  | cc10x8x<br>1/4  | Column         | Check         | No<br>Messag<br>es | 0            | COMB3        | 0,6910<br>06 | No<br>Messag<br>es | No<br>Messag<br>es |

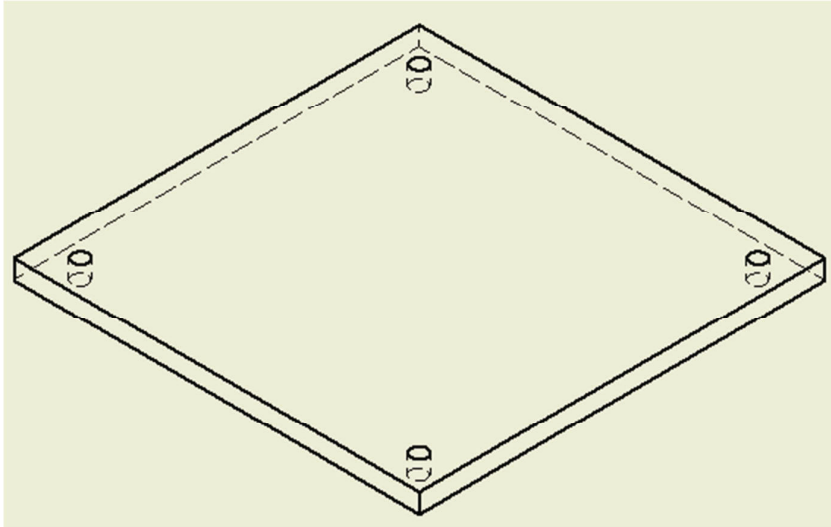
**Nota:** La simulación se realizó de acuerdo a los combos de cargas recomendados por la NEC.

Una tabla completa tanto de vigas como columnas se adjuntará como(ANEXO 4).



### 3.3.1 DIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES.

#### 3.3.1.1 Diseño de la placa base<sup>42</sup>



**Figura 39 Placa Base**

$$P_p = 0.85 * f'_c A_1$$

$$P_u = \phi_c * P_p = \phi_c (0.85 f'_c A_1)$$

$$A_1 = \frac{P_u}{0.85 f'_c}$$

Siendo  $t$  el espesor de la placa, se tiene

$$t = m \sqrt{\frac{2P_u}{0.9F_yBN}} = n \sqrt{\frac{2P_u}{0.9F_yBN}}$$

El material para el diseño de las placas base es el acero A36

Para la columna compuesta de 12x10x1/2 se tiene

$$P_u = 125.22 \text{ kips}$$

$$M_{ux} = 36.32 \text{ kip} - \text{ft}$$

$$M_{uy} = 26.19 \text{ kip} - \text{ft}$$

$$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

Se obtiene la carga equivalente que esta aplicada en la placa base

$$P_{ueq} = P_u + m * M_{ux} + m * u * M_{uy}$$

<sup>42</sup> Erazo & Ordoñez , Diseño del entramado de acero de la estructura soporte del Edificio "Diamante Premiun Corp" Ubicado en la ciudad de Guayaquil, Abril 2013, pp. 115-118 [11]

Los valores de m y u están valorados en la siguiente tabla:

**Tabla 33 Valores de m y u**

| Valores de "m"              |               |     |     |     |     |     |     |
|-----------------------------|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| <b>Fy</b>                   | <b>36 Ksi</b> |     |     |     |     |     |     |
| <b>KL(PIE)</b>              | 10            | 12  | 14  | 16  | 18  | 20  | 22  |
| <b>Primera aproximación</b> |               |     |     |     |     |     |     |
| <b>todas las formas</b>     | 2             | 1.9 | 1.8 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 |

Fuente: (McCormac, 2002)

Elaborado por: David Allauca; Julio Merizalde

De acuerdo a la columna tenemos el siguiente valor de KL.

$$KL = 1.28 * 11.02ft$$

$$KL = 14.11 ft$$

De acuerdo a este valor tenemos (interpolando)

$$m = 1.79$$

Para aplicar la expresión de carga equivalente se usa

$$u = 2$$

$$P_{ueq} = (125.22 + 1.79 * 36.32 + 1.79 * 2 * 26.19)kip =$$

$$P_{ueq} = 283.99 kip$$

La placa base deberá soportar esta carga equivalente, además de cubrir toda el área del concreto. De acuerdo a esto se tiene lo siguiente.

$$A_1 = \frac{P_{ueq}}{\phi 0.85 f'_c}$$

$$A_1 = \frac{283.99 kips}{0.75 * 0.85 * 2.98 \frac{kip}{in^2}} = 149.48 in^2$$

Para determinar las dimensiones de la placa se supondrá una placa cuadrada por lo cual tenemos:

$$B = N = A_1^{0.5}$$

$$B = N = 12.22 in$$

Las dimensiones finales para una columna de 12x10x1/2 es

$$B = N = 14 in$$

Para determinar el espesor de la placa base se considera lo siguiente:

$$t = m \sqrt{\frac{2P_u}{0.9F_yBN}}$$

$$m = \frac{N - d}{2}$$

$$m = \frac{14 - 10}{2} = 2 \text{ in}$$

$$t = 2 \text{ in} * \sqrt{\frac{2 * 283.99 \text{ kips}}{0.9 * 36 \text{ ksi} * 14^2 \text{ in}^2}}$$

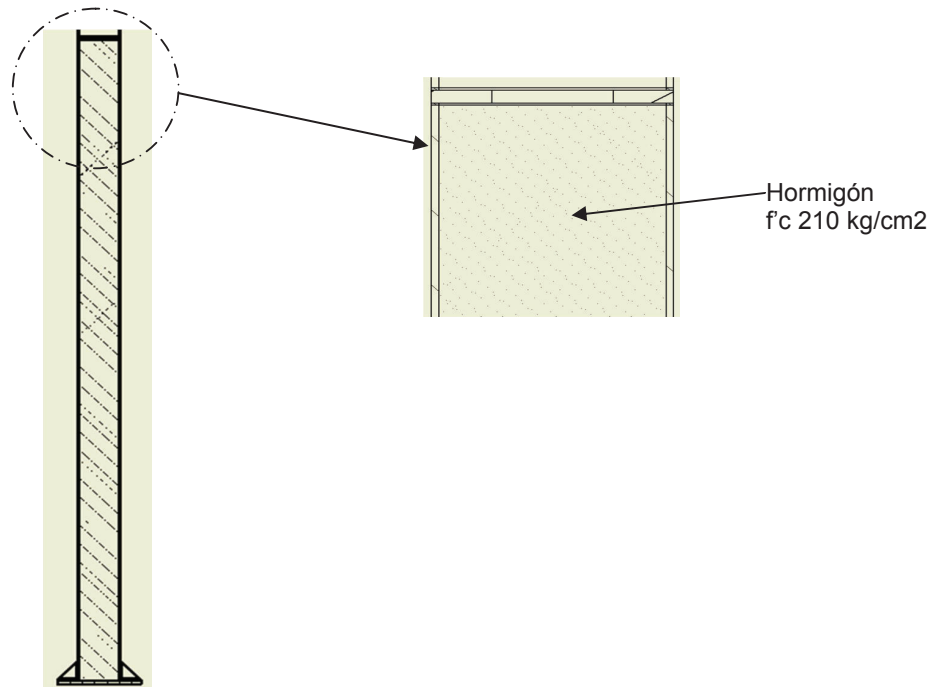
$$t = 0.59 \text{ in}$$

$$t = 14.98 \text{ mm}$$

Se obtiene una placa de espesor

$$t = \frac{3}{4} \text{ in} (19.05 \text{ mm})$$

### 3.3.1.2 Diseño columna crítica<sup>43</sup>



**Figura 40 Columna Compuesta Crítica**

$$P_D = (0.047 + 0.026) * 19.69 + 2 * \frac{35}{1000} + 2 * \frac{20}{1000} = 1.54 \text{ kips/ft}$$

<sup>43</sup> CIMEPI, 2014, "Segundo Curso Internacional de Diseño de Estructuras Compuestas", Quito Ecuador, 7ma Sesión [7]

$$P_L = 0.042 * 19.69 = 0.83 \text{ kips/ft}$$

$$P_r = P_u = 1.2D + 1.6L$$

$$P_r = 1.2 * \left(1.54 \frac{\text{kips}}{\text{lf}}\right) + 1.6 * 0.83 \frac{\text{kips}}{\text{ft}} = 3.18 \text{ kips/ft}$$

$$P_r = 3.18 \frac{\text{kips}}{\text{ft}} * 13.12 \text{ft} = 41.72 \text{ kips}$$

Para el perfil HSS 10x10x1/4

$$H = 10 \text{ in}$$

$$B = 10 \text{ in}$$

$$t = 0.233 \text{ in}$$

$$A_s = 8.96 \text{ in}^2$$

$$b_i = 10 - 2 * 0.233 = 9.53 \text{ in}$$

$$h_i = 10 - 2 * 0.233 = 9.53 \text{ in}$$

$$A_c = 9.53 * 9.53 - 0.233^2(4 - \pi) = 90.85 \text{ in}^2$$

### 3.3.1.2.1 Calculo de la carga de Euler

$$C_3 = 0.6 + 2 \left( \frac{A_s}{A_c + A_s} \right) \leq 0.9$$

$$0.6 + 2 * \left( \frac{8.96}{90.85 + 8.96} \right) \leq 0.9$$

$$0.78 \leq 0.9$$

Controla

$$C_3 = 0.78$$

$$E_c = w_c^{1.5} \sqrt{f'_c}$$

$$= \left( 150 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \right)^{1.5} * \sqrt{3 \text{ksi}}$$

$$E_c = 3181.98 \text{ ksi}$$

$$EI_{eff} = E_s I_{sy} + E_s I_{sr} + C_3 E_c I_{cy}$$

$$I_{cy} = \frac{(b_i^3 * h_i)}{12}$$

$$= (29000 \text{ksi} * 141 \text{ in}^4) + 0 + 0.78 * (3181.98 \text{ksi})(687.37 \text{ in}^4)$$

$$EI_{eff} = 5'795\ 014.122 \text{ kip} - \text{in}^2$$

### 3.3.1.2.2 Calculo de G

$$G_1 = 1 \text{ (empotrado en un extremo)}$$

$$G = \frac{\frac{EI_{co}}{L_{co}}}{\frac{EI_v}{L_v}}$$

$$I_v = 110 \text{ in}^4 \text{ (W8x31)}$$

$$L_{c1} = 11.02 \text{ ft}$$

$$L_{c2} = 11.02 \text{ ft}$$

$$L_v = \text{ft}$$

Ladeo no impedido multiplicar por 0.67 para juntas empotradas

$$G_2 = \frac{\left(\frac{5'795\ 014.122}{11.02}\right)}{0.67 * \left(\frac{110}{3.28} + \frac{110}{9.84}\right) 29000} = 0.61$$

$$G_2 = 0.61$$

Con  $G_1$  y  $G_2$

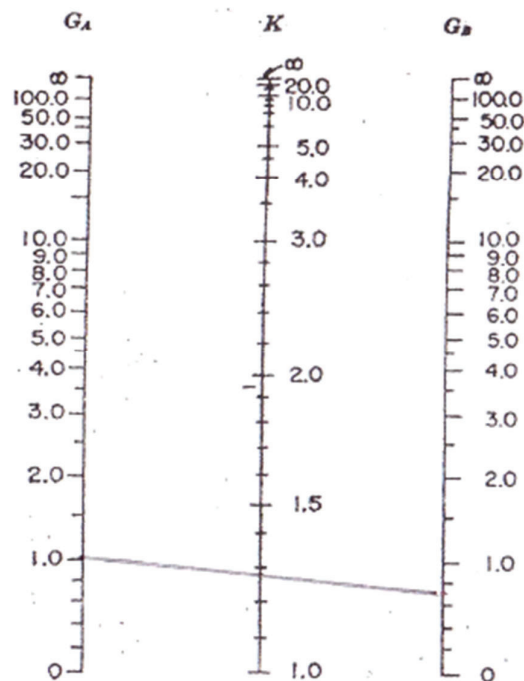


Figura 41 Determinación de K corregido

(CIMEPI, 2014)

$$K = 1.28$$

$$L = \text{altura de la columna ft}$$

$$KL = 1.28 * 11.02 \text{ ft} = 14.11 \text{ ft}$$

$$P_e = \pi^2 * (EI_{eff}) / (KL)^2$$

$$P_e = (\pi^2 * 5'795\ 014.122\ kip - in^2) / \left(1.28 * 11.02\ ft * \frac{12in}{ft}\right)^2$$

$$P_e = 1996.22\ kips$$

### 3.3.1.2.3 Revisión pandeo local

$$\lambda_p = 2.26 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\lambda_p = 2.26 \sqrt{\frac{29000\ kpsi}{36\ kpsi}}$$

$$\lambda_p = 64.14$$

Resistencia requerida a flexión por el análisis de segundo orden para la combinación de cargas mayoradas.

$$M_u = B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt}$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{P_{e1}}}$$

$$C_m = 0.6 - 0.4 \left(\frac{M_1}{M_2}\right)$$

$$M_1 = 15.56\ kip - ft$$

$$M_2 = 19.98\ kip - ft$$

$$C_m = 0.6 - 0.4 \left(-\frac{15.56}{19.98}\right)$$

$$C_m = 0.91$$

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI_{eff}}{(K_1 L)^2}$$

$$P_{e1} = 1996.22\ kips$$

$$B_1 = \frac{0.91}{1 - \left(\frac{31.45}{1996.22}\right)}$$

$$B_1 = 0.92$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\sum P_{piso}}{\sum P_{e\ piso}}}$$

$$P_{e\text{ piso}} = R_M \left( \frac{HL}{\Delta_H} \right)$$

$$H = 6.77 \text{ kips}$$

$$L = 11.02 \text{ ft}$$

$$\Delta_H = 0.0011 \text{ m}$$

$$\Delta_H = 0.0035 \text{ ft}$$

$$R_M = 1 - 0.15 \left( \frac{P_{mf}}{P_{piso}} \right)$$

$$P_{mf} = 31.46 \text{ kips (de acuerdo al sap)}$$

$$P_{piso} = 41.72 \text{ kips}$$

$$R_M = 1 - 0.15 \left( \frac{P_{mf}}{P_{piso}} \right)$$

$$R_M = 1 - 0.15 \left( \frac{31.46 \text{ kips}}{41.72 \text{ kips}} \right)$$

$$R_M = 0.88$$

$$P_{e\text{ piso}} = 0.88 \left( \frac{6.77 \text{ kips} * 11.02 \text{ ft}}{0.0035 \text{ ft}} \right)$$

$$P_{e\text{ piso}} = 18757.93 \text{ kips}$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{41.72 \text{ kips}}{18757.93 \text{ kips}}}$$

$$B_2 = 1$$

$$M_u = B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt}$$

$$M_{nt} = 53.26 \text{ kip} - \text{ft}$$

$$M_{lt} = 15.56 \text{ kip} - \text{ft}$$

$$M_u = 0.92 * 53.26 + 1 * 15.56 = 64.55 \text{ kip} - \text{ft}$$

$$M_r = 64.55 \text{ kip} - \text{ft}$$

$$P_r = 41.72 \text{ kips}$$

$$\phi_c P_n = 468 \text{ kips}$$

$$\phi_b M_n = 129 \text{ kip} - \text{ft} \text{ pag 668 AISC}$$

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{P_u}{\phi_c P_n}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{41.72 \text{ kips}}{468 \text{ kips}} \\
&= 0.09 \leq 0.2 \\
&\frac{P_u}{\phi_c P_n} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_u}{\phi_b M_n} \right) \leq 1 \\
&\frac{41.72 \text{ kips}}{468 \text{ kips}} + \frac{8}{9} \left( \frac{64.55 \text{ kip-ft}}{129 \text{ kip-ft}} \right) \leq 1 \\
&0.54 \leq 1 \quad \mathbf{OK}
\end{aligned}$$

### 3.3.1.2.4 Método Rígido Plástico

#### Punto A Compresión pura

$$\begin{aligned}
P_A &= F_y A_s + 0.85 f'_c A_c \\
&= 36 \text{ ksi} * 8.96 \text{ in}^2 + 0.85 * 3 \text{ ksi} * 90.85 \text{ in}^2 \\
P_A &= 554.22 \text{ kips} \\
M_A &= 0 \text{ kip-ft}
\end{aligned}$$

#### Punto C Compresión y Momento Igual al del punto B

$$\begin{aligned}
P_C &= 0.85 f'_c A_c \\
&= 0.85 * 3 \text{ ksi} * 90.85 \text{ in}^2 \\
P_C &= 231.66 \text{ kips} \\
M_C &= M_B
\end{aligned}$$

#### Punto D Máximo Momento (Falla Balanceada)

$$\begin{aligned}
P_D &= \frac{0.85 f'_c A_c}{2} \\
&= \frac{0.85 * 3 \text{ ksi} * 90.85 \text{ in}^2}{2} \\
P_D &= 115.83 \text{ kips} \\
Z_c &= \frac{b_i h_i^2}{4} - 0.192 r_i^3 \\
Z_c &= \frac{(9.53 \text{ in})(9.53 \text{ in})^2}{4} - 0.192 * (0.233 \text{ in})^3 \\
Z_c &= 216.38 \text{ in}^3 \\
Z_{sx} &= 32.7 \text{ in}^3 \text{ (tabla 1 - 12 AISC)} \\
M_D &= F_y Z_{sx} + \frac{0.85 f'_c Z_c}{2}
\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 &= 36\text{ksi} * 32.7\text{in}^3 + \frac{0.85 * 3\text{ksi} * 216.38\text{in}^3}{2} \\
 &= 1453.08 \text{ kip} - \text{in} \\
 M_D &= 121.09 \text{ kip} - \text{ft}
 \end{aligned}$$

Punto B Flexión Pura

$$\begin{aligned}
 P_B &= 0 \text{ kips} \\
 h_n &= \frac{0.85f'_c A_c}{2(0.85f'_c b_i + 4tF_y)} \leq \frac{h_i}{2} \\
 &= \frac{0.85 * 3\text{ksi} * 90.85\text{in}^2}{2(0.85 * 3\text{ksi} * 9.53\text{in} + 4 * 0.233\text{in} * 36\text{ksi})} \leq \frac{9.53\text{in}}{2} \\
 2.0 \text{ in} &\leq 4.77 \text{ in} \\
 &= 2.0\text{in} \\
 Z_{sn} &= 2th_n^2 \\
 Z_{sn} &= 2 * 0.233\text{in} * (2.0\text{in})^2 \\
 Z_{sn} &= 1.86 \text{ in}^3 \\
 Z_{cn} &= b_i h_n^2 \\
 &= 9.53\text{in} * (2.0\text{in})^2 \\
 Z_{cn} &= 38.12 \text{ in}^3 \\
 M_B &= M_D - F_y Z_{sn} - \frac{0.85f'_c Z_{cn}}{2} \\
 &= 1453.08\text{kip} - \text{in} - 36\text{ksi} * 1.86\text{in}^3 - \frac{0.85 * 3\text{ksi} * 38.12\text{in}^3}{2} \\
 M_B &= 111.46\text{kip} - \text{ft}
 \end{aligned}$$

Punto E Flexión y Alta Compresión

$$\begin{aligned}
 h_E &= \frac{h_n}{2} + \frac{H}{4} \\
 &= \frac{2.0\text{in}}{2} + \frac{10\text{in}}{4} \\
 h_E &= 3.5 \text{ in} \\
 P_E &= \frac{0.85f'_c A_c}{2} + 0.85f'_c b_i h_E + 4F_y t h_E \\
 &= \frac{0.85 * 3\text{ksi} * 90.85\text{in}^2}{2} + 0.85 * 3\text{ksi} * 9.53\text{in} * 3.5\text{in} + 4 * 36\text{ksi} * 0.233\text{in} * 3.5\text{in} \\
 P_E &= 318.32 \text{ kips} \\
 Z_{cE} &= b_i h_E^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 9.53in * (3.5in)^2 \\
Z_{cE} &= 116.74 in^3 \\
Z_{sE} &= 2th_E^2 \\
&= 2 * 0.233in * (3.5in)^2 \\
Z_{sE} &= 5.7 in^3 \\
M_E &= M_D - F_y Z_{sE} - \frac{0.85f'_c Z_{cE}}{2} \\
&= 1453.08 kip - in - 36ksi * 5.7in^3 - \frac{0.85 * 3ksi * 116.74in^3}{2} \\
M_E &= 91.58 kip - ft
\end{aligned}$$

### 3.3.1.2.5 Caculo de la carga de Euler

$$\begin{aligned}
P_{no} &= F_y A_s + C_2 f'_c \left( A_c + \frac{A_{sr} E_s}{E_c} \right) \\
&= 36ksi * 8.96in^2 + 0.85 * 3ksi * (90.85in^2) \\
P_{no} &= 554.22 kips \\
C_3 &= 0.78 \\
EI_{eff} &= 5'795 014.122 kip - in^2 \\
P_e &= 1996.22 kips \\
\frac{P_{no}}{P_e} &= \frac{554.22kips}{1996.22kips} \\
0.27 &\leq 2.25 \\
P_n &= P_{no} \left( 0.658 \frac{P_{no}}{P_e} \right) \\
&= 554.22 kips * (0.658^{0.27}) \\
P_n &= 495 kips \\
\lambda &= \frac{P_n}{P_{no}} \\
&= \frac{495kips}{554.22kips} \\
\lambda &= 0.89 \\
P'_A &= \lambda P_A \\
P'_A &= 493.25 kips \\
P'_B &= 0 kips
\end{aligned}$$

$$P'_C = 206.17 \text{ kips}$$

$$P'_D = 103.08 \text{ kips}$$

$$P'_E = 283.30 \text{ kips}$$

### 3.3.1.2.6 Resistencias de diseño (LRFD)

$$\phi_c = 0.75$$

$$P'' = \phi_c * P'$$

$$M'' = 0.9 * M$$

$$P''_A = 369.93 \text{ kips}$$

$$P''_B = 0 \text{ kips}$$

$$P''_C = 154.63 \text{ kips}$$

$$P''_D = 77.31 \text{ kips}$$

$$P''_E = 212.48 \text{ kips}$$

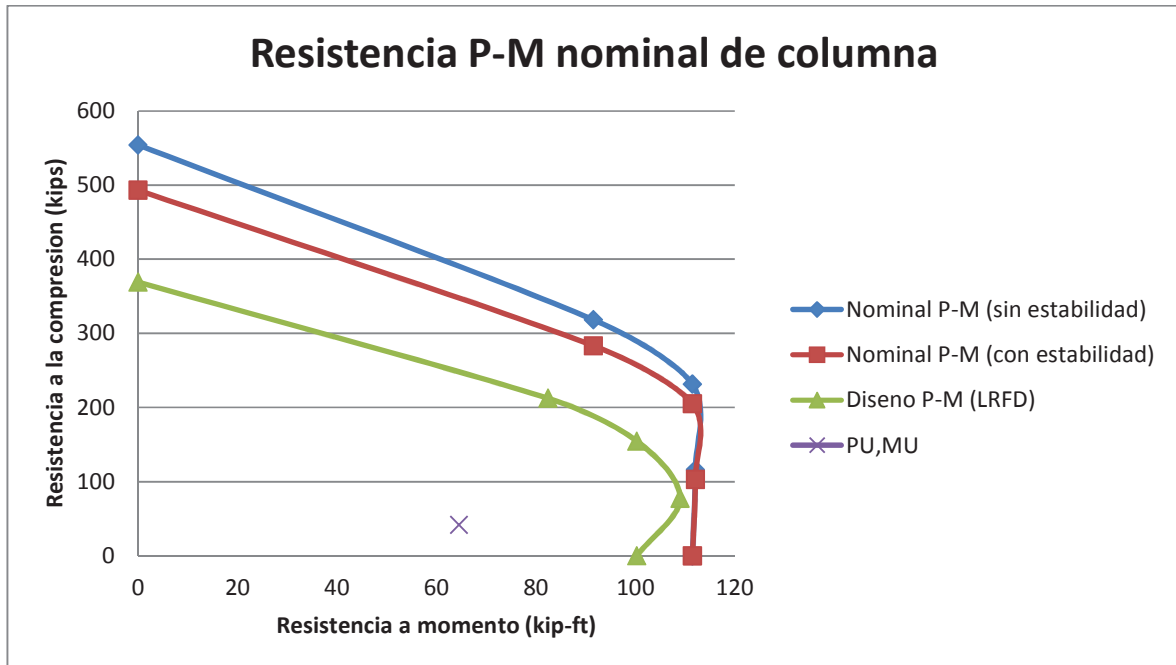
$$M''_A = 0 \text{ kip} - \text{ft}$$

$$M''_B = 100.31 \text{ kip} - \text{ft}$$

$$M''_C = 100.31 \text{ kip} - \text{ft}$$

$$M''_D = 108.98 \text{ kip} - \text{ft}$$

$$M''_E = 82.42 \text{ kip} - \text{ft}$$



**Gráfico 2 Resistencia de la columna corregida**

### 3.3.1.3 RIGIDIZADORES<sup>44</sup>

Se toma un perfil de tubo cuadrado HSS 5x4x1/4

- Criterio de rigidez

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

$L$ : la longitud del miembro en tensión

$r$ : mínimo radio de giro de la sección transversal del miembro

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

$$\frac{270.74}{1.57} \leq 200$$

$$172.44 \leq 200$$

- Criterio de diseño: método LRFD

$$\phi T_n \geq T_u$$

<sup>44</sup> American Institute of Steel Construction, 2010, "Steel Construction AISC Manual", Design of Tension Members. [3]

$\phi$  : Factor de reducción de resistencia

$T_n$  : resistencia nominal de tensión

$T_u$  : carga mayorada en el miembro (del programa SAP 2000  $T_u=10.7$  kips)

$$\phi T_n = \phi F_y A_s$$

$$\phi T_n = 0.9 * 36 * 3.84$$

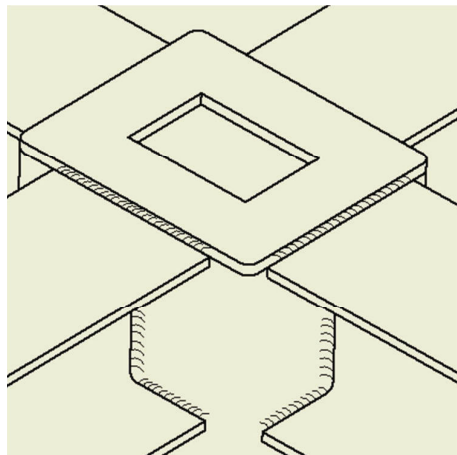
$$\phi T_n = 124.42 \text{ kips}$$

$$\phi T_n \geq T_u$$

$$124.42 \geq 10.7$$

### 3.3.2 DISEÑO DE JUNTAS SOLDADAS<sup>45</sup>.

#### 3.3.2.1 Caso viga 8x31 – columna



**Figura 42 Soldadura Viga-Columna**

$$M = 78.55 \text{ kip} - ft$$

$$V = 21.42 \text{ kips}$$

Electrodo E70XX

- Soldadura resistente a momento

$$C = T = \frac{M}{d - t_f}$$

$$T = \frac{76.31 * 12}{8 - 0.435} = 121.05 \text{ Klb}$$

<sup>45</sup>American Institute of Steel Construction, 2010, "Steel Construction AISC Manual", Design Considerations for Welds [3]

Área requerida de soldadura

$$A = \frac{C}{\phi F_y} = \frac{121.05}{0.9 * 36} = 3.74 \text{ in}^2$$

Longitud mínima requerida de soldadura

Tomando en consideración un cordón de pie “w” igual al ancho del patín  $t_f$

$$L = \frac{A}{t_f} = \frac{3.74}{0.435} = 8.59 \text{ in}$$

- Soldadura resistente a cortante

Ancho máximo de la sección soldada es el ancho del alma  $t_w = 0.285 \text{ in}$  por lo

que usamos un cordón  $w = \frac{3}{16}$

$$g = w * \text{sen}(45)$$

$$L = \frac{V}{g * \phi * (0.6 F_{ysold})} = \frac{21.21}{\frac{3}{16} * 0.707 * 0.75 * (0.6 * 70)} = 5.13 \text{ in}$$

### 3.3.2.2 Caso viga 8x35 – columna<sup>46</sup>

$$M = 1007.05 \text{ kip} - \text{in}$$

$$V = 25.4 \text{ kips}$$

Electrodo E70XX

- Soldadura resistente a momento

$$C = T = \frac{M}{d - t_f}$$

$$T = \frac{1007.05}{8.12 - 0.495} = 132.07 \text{ Klb}$$

Área requerida de soldadura

$$A = \frac{C}{\phi F_y} = \frac{132.07}{0.9 * 36} = 4.08 \text{ in}^2$$

Longitud mínima requerida de soldadura

Tomando en consideración un cordón de pie “w” igual al ancho del patín  $t_f$

$$L = \frac{A}{t_f} = \frac{4.08}{0.495} = 8.24 \text{ in} \approx 8.5 \text{ in}$$

- Soldadura resistente a cortante

<sup>46</sup> American Institute of Steel Construction, 2010, “Steel Construction AISC Manual”, Design Considerations for Welds [3]

Ancho máximo de la sección soldada es el ancho del alma  $t_w = 0.310 \text{ in}$  por lo que usamos un cordón  $w = \frac{1}{4}$

$$L = \frac{V}{g * \phi * (0.6 F_{ysold})} = \frac{25.4}{\frac{1}{4} * 0.707 * 0.75 * (0.6 * 70)} = 4.56 \text{ in} \approx 5 \text{ in}$$

$$g = w * \text{sen}(45)$$

### 3.3.2.3 Caso viga 6x20 – viga 8x31<sup>47</sup>

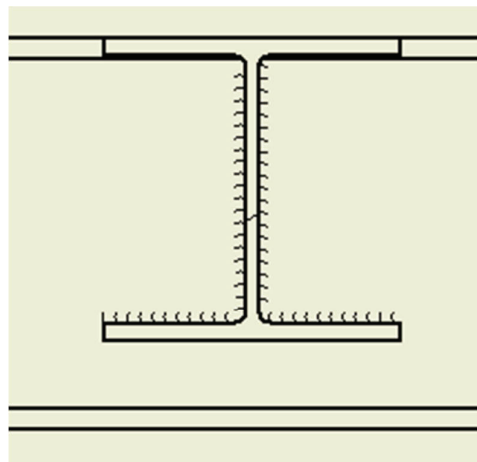


Figura 43 Soldadura Vigas principal-Viga secundaria

Preparación de la viga secundaria

$$K = K_{8x31} = 0.829 \text{ in}$$

$$L_c = \frac{1}{2} b_{fg} - \frac{1}{2} t_{wg} = \frac{1}{2} (8) - \frac{1}{2} (0.285)$$

$$L_c = 3.86 \text{ in}$$

$$V = 9.92 \text{ kips}$$

Electrodo E70XX

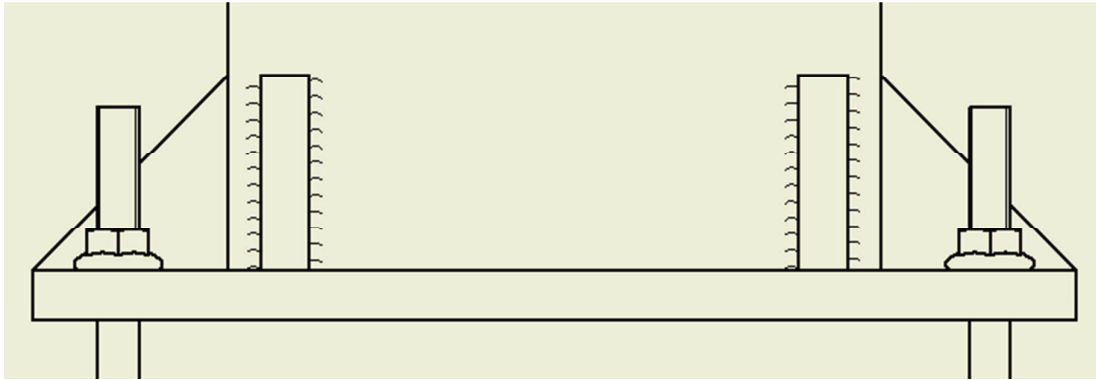
Ancho máximo de la sección soldada es el ancho del alma  $t_w = 0.285 \text{ in}$  por lo que usamos un cordón  $w = \frac{3}{16}$

$$g = w * \text{sen}(45)$$

<sup>47</sup> American Institute of Steel Construction, 2010, "Steel Construction AISC Manual", Design Considerations for Welds [3]

$$L = \frac{V}{g * \phi * (0.6 F_{ysold})} = \frac{9.92}{\frac{3}{16} * 0.707 * 0.75 * (0.6 * 70)} = 2.38 \text{ in} \approx 2.5 \text{ in}$$

### 3.3.2.4 Caso columna – placa<sup>48</sup>



**Figura 44 Soldadura Columna-Placa base**

$$M = 726 \text{ kip} - \text{in}$$

$$V = 8.14 \text{ kips}$$

Área de soldadura

$$A = 2 w \text{ sen}45 (b + d)$$

$$A = 2 * \frac{1}{4} * \text{sen}45 (10 + 10) = 6.49 \text{ in}^2$$

$$C = \frac{d}{2} = 5 \text{ in}$$

$$I = \frac{d^2}{6} (3b + d) = \frac{10^2}{6} (3(10) + 10)$$

$$I = 666.67 \text{ in}^3$$

$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{M * C}{I}\right)^2 + \left(\frac{V}{A}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{726 * 5}{666.67}\right)^2 + \left(\frac{8.14}{6.49}\right)^2}$$

$$\sigma = 5.58 \text{ ksi}$$

El esfuerzo encontrado debe ser menor a la resistencia del material base

$$\sigma \leq \phi F_y$$

$$5.58 \text{ ksi} \leq 0.9 * 36$$

<sup>48</sup> American Institute of Steel Construction, 2010, "Steel Construction AISC Manual", Design Considerations for Welds [3]



$$5.58 \text{ ksi} \leq 32.4 \text{ ksi}$$

### 3.3.2.5 Caso rigidizadores<sup>49</sup>

$$P_u = 13.18 \text{ kip}$$

Electrodo E70XX

Tomando en consideración un cordón de pie “w” igual al espesor del rigidizador

$t = \frac{1}{4}$  y una longitud de cordón igual al perímetro del perfil

$$L = 2(b + h) = 2(5 + 4) = 18 \text{ in}$$

- Soldadura resistente a tensión

$$g = w * \text{sen}(45)$$

$$R_{sold} = g * \phi * (0.6 F_{ysold}) * L$$

$$R_{sold} = \frac{1}{4} * \text{sen}(45) * 0.75 * (0.6 * 70) * 18 = 92.06 \text{ kips}$$

$$R_{sold} \geq P_u$$

### 3.3.2.6 Caso viga 8x58 – columna<sup>50</sup>

$$M = 1737.17 \text{ kip} - \text{in}$$

$$V = 29.79 \text{ kips}$$

Electrodo E70XX

- Soldadura resistente a momento

$$C = T = \frac{M}{d - t_f}$$

$$T = \frac{1737.17}{8.75 - 0.81} = 218.79 \text{ Klb}$$

Área requerida de soldadura

$$A = \frac{C}{\phi F_y} = \frac{218.79}{0.9 * 36} = 6.75 \text{ in}^2$$

Longitud mínima requerida de soldadura

Tomando en consideración un cordón de pie “w” igual al ancho del patín  $t_f$

$$L = \frac{A}{t_f} = \frac{6.75}{0.81} = 8.33 \text{ in} \approx 8.5 \text{ in}$$

<sup>49</sup> American Institute of Steel Construction, 2010, “Steel Construction AISC Manual”, Design Considerations for Welds [3]

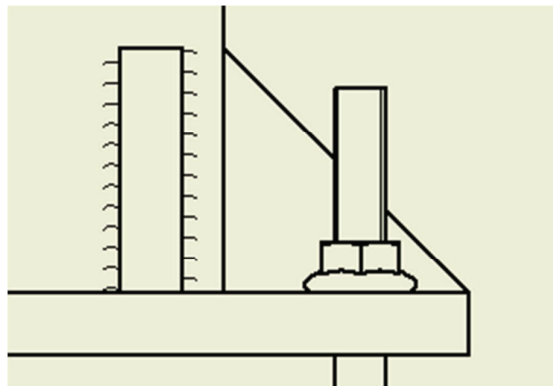
<sup>50</sup> American Institute of Steel Construction, 2010, “Steel Construction AISC Manual”, Design Considerations for Welds [3]

- Soldadura resistente a cortante

Ancho máximo de la sección soldada es el ancho del alma  $t_w = 0.310 \text{ in}$  por lo que usamos un cordón  $w = \frac{1}{4}$

$$L = \frac{V}{g * \phi * (0.6 F_{ysold})} = \frac{24.94}{\frac{1}{4} * 0.707 * 0.75 * (0.6 * 70)} = 4.48 \text{ in} \approx 4.5 \text{ in}$$

### 3.3.2.7 Caso ménsulas<sup>51</sup>



**Figura 45 Soldadura de Ménsulas**

$$V_{max} = 3.92 \text{ kips}$$

$$M_{max} = 321.86 \text{ kips} - \text{in}$$

Electrodo E70XX

Columna: 12x10x1/4

Placa base: 14x14x3/4

$$C = 14 - 12 = 2 \text{ in}$$

$$B = \frac{C}{\text{tg } 30} = \frac{2}{\text{tg } 30} = 4 \text{ in}$$

$$e_z = \frac{B}{2} = \frac{4}{2} = 2$$

Carga en la ménsula

$$P = \frac{M_u}{e_z} + V_u = \frac{321.86}{2} + 3.92 = 164.85 \text{ kips}$$

Considerando 2 ménsulas por lado (8 TOTAL)

<sup>51</sup> American Institute of Steel Construction, 2010, "Steel Construction AISC Manual", Design Considerations for Welds [3]

$$P_u = \frac{P}{8} = \frac{164.85}{8} = 20.6 \text{ kips}$$

$$P_u = C C_1 D L$$

$C, C_1$  (tabla 8.4)

$D = 16$  avos de pulgada de cordón de soldadura por ménsula

$$D = \frac{P_u}{\phi C C_1 L} = \frac{20.6}{0.75 * 1 * 1.12 * 4} = 6.13 \approx 7$$

$$D = \frac{7}{16} \text{ in} \approx 0.44 \text{ in} \approx 0.5 \text{ in}$$

### 3.3.3 DISEÑO DEL PERNO DE ANCLAJE<sup>52</sup>

Resistencia de tracción y corte de pernos de anclaje

$$R_n = \phi F_n A_b$$

Dónde:

$\phi = 0.75$

$F_n$  es la tensión de tracción nominal y es igual a  $0.9 * F_u$

$F_u$  es el esfuerzo a la ruptura para las varillas de acero

$A_b$  es el área bruta del perno

$T_u$  es el esfuerzo a la ruptura

Según ACI 12.2.1 la longitud básica de desarrollo  $L_d$  para barras y alambres con resaltes en tracción, debe calcularse con las siguientes expresiones, pero en ningún caso podrá ser menor que 30 cm.

#### 3.3.3.1 Para varillas de 36 mm de diámetro y menores

$$L_d = \frac{0.0632 A_b F_y}{\sqrt{F'_c}}$$

Pero no menor que

$$L_d = 0.006 d_b F_y$$

- Para varillas de 44 mm de diámetro

<sup>52</sup> Erazo & Ordóñez, 2013, "Diseño del Entramado de acero de la Estructura Soporte del Edificio "Diamante Premiun Corp", Quito Ecuador, Escuela Politécnica Nacional, pp 91-92 [11]

$$L_d = \frac{0.079 F_y}{\sqrt{F'_c}}$$

- Para varillas de 55 mm de diámetro

$$L_d = \frac{1.106 F_y}{\sqrt{F'_c}}$$

Dónde:

$L_d$  es longitud de desarrollo en cm

$A_b$  es área de una varilla en cm<sup>2</sup>

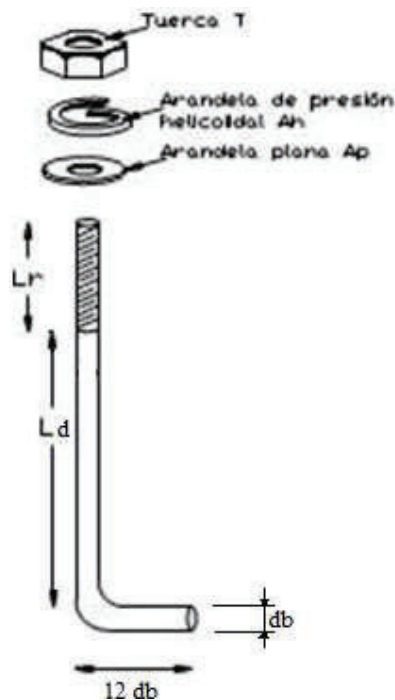
$d_b$  es diámetro de la varilla en cm

$F_y$  es esfuerzo de fluencia en Kg/cm<sup>2</sup>

### 3.3.3.2 Especificaciones para ganchos estándares o normalizados

De acuerdo a [ACI 7.1] se pueden tener:

Doblez de 180° más una extensión  $L_r$  de  $4d_b$ , pero no menos de 6 cm en el extremo libre de la varilla.



**Figura 46** Esquema de gancho con dobles de 180°

(Construido, 2015)

Procedimiento para dimensionar el perno de anclaje

La fuerza de tensión aplicada sobre cada perno se obtiene de:

$$T = \frac{M}{n * s}$$

Dónde:

M: es el momento aplicado sobre la placa base.

S: es la separación entre pernos de anclaje.

N: es el número de pernos de anclaje.

M: 321.86 kip-in

s: 14 in

n: 2 por lado

$$T = \frac{321.86}{2 * 14}$$

$$T = 11.5 \text{ kip}$$

- La resistencia de diseño de tracción y de corte,  $R_n$  es:

$$R_n = \phi F_n A_b$$

Donde

$$\phi = 0.75$$

$$F_u = 4200 \frac{kg}{cm^2} = 59.6 \text{ kip/in}^2$$

$$F_n = 0.9 F_u = 0.9 * 59.6$$

$$F_n = 53.64 \text{ kip/in}^2$$

$$R_n = 0.75 * 53.64 * \frac{\pi * d^2}{4}$$

Asumiendo que la resistencia de diseño de tracción y de corte es igual a la fuerza de tensión aplicada sobre cada perno.

Por lo tanto:

$$T = R_n$$

$$11.5 = 0.75 * 53.64 * \frac{\pi * d^2}{4}$$

$$d = 0.6 \text{ in}$$

$$d = 15.24 \text{ mm}$$

Se asume un diámetro de 16mm.

Ancho de gancho: 12db= 19cm recomendado

Por lo tanto:

$$L_d = \frac{0.0632 A_b F_y}{\sqrt{F'_c}}$$

$$L_d = \frac{0.0632 * \pi * 1.6^2 * 4200}{4 * \sqrt{2100}}$$

$$L_d = 36.8 \text{ cm} \approx 37 \text{ cm}$$

## **CAPÍTULO 4**

### **4.1 PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE**

#### **4.1.1 INTRODUCCIÓN**

En este capítulo se detallan los procesos a seguir para la construcción de la estructura compuesta de dos pisos, además de la elaboración de los planos de conjunto y de taller para los elementos que van a ser fabricados en el lugar de trabajo.

De los planos de taller se obtendrá la información necesaria para la el dimensionamiento de los elementos estructurales y así como también el ensamble de dichos elementos.

Además se detallara el proceso a seguir para la elaboración de las juntas soldada, ensayos necesarios para su respectivo control de calidad.

También de los planos de taller podemos obtener la cantidad de material, dimensionamiento de los elementos, número de elementos (tonillos, placas), todo esto para poder optimizar el tiempo de construcción de la estructura compuesta.

#### **4.1.2 MATERIALES**

##### **4.1.2.1 Acero estructural**

El acero que se va a utilizar para la construcción de la estructura es ASTM A36 debido a que este material se encuentra comúnmente en el mercado y es el más utilizado en las construcciones de estructuras en nuestro país.

##### **4.1.2.2 Perfiles**

Los perfiles que se van a utilizar se determinó de acuerdo a los cálculos y en base al manual AISC 360 que se muestra en el capítulo 3 y se determinó lo siguiente:

**Tabla 34 Perfiles de vigas utilizados**

| <b>Ubicación de viga</b>      | <b>Tamaño de perfil I</b> |
|-------------------------------|---------------------------|
| Vigas principales             | W8X31                     |
| Vigas secundarias             | W6X20                     |
| Vigas en voladizo             | W8X58                     |
| Vigas de contorno de voladizo | W8X35                     |

Fuente: David Allauca; Julio Merizalde

Elaborado por: David Allauca; Julio Merizalde

Para las columnas de acuerdo al manual AISC 360 para columnas de perfil rectangular rellenas se determinó lo siguiente:

**Tabla 35 Perfiles de columnas utilizadas**

| <b>Columnas</b>   | <b>Perfil de columna</b> |
|---|--------------------------|
| Columnas interiores   | HSS 10X8X1/4             |
| Columnas exteriores   | HSS 10x10x1/4            |
| Columnas de exteriores (en dirección a las vigas en voladizo) | HSS12x10x1/4             |

Fuente: David Allauca; Julio Merizalde

Elaborado por: David Allauca; Julio Merizalde

#### **4.1.2.3 Deck**

El entre piso Deck utiliza concreto, lamina laminada en frio y mallas electro soldadas. Todos estos materiales trabajan para dar una losa compuesto al entrepiso de la estructura que trabaja junto a las vigas secundarias, lo que le da mayor estabilidad a la estructura.





**Figura 47 Placa colaborante o Deck**

( Lo practico s.r., 2011)

#### 4.1.2.4 Elementos consumibles para soldadura

El principal material consumible en el proceso de soldadura son los electrodos. Los electrodos o material de aporte que se seleccionó en el capítulo anterior de acuerdo a los diseños de juntas es E7018. El proceso de soldadura que más se utiliza en nuestro país es SMAW o soldadura con electrodo sumergido (Shield Metal Arc Welding). La norma AWS D1.1 nos recomienda para procesos de soldadura SMAW con material base A36 con espesores menores a 20mm un material de aporte E60xx ó E70xx, para nuestro diseño de juntas soldadas se utilizara materiales de aporte E7018<sup>53</sup>.

La recomendación que nos da la norma AWS D1.1 se observa en el siguiente cuadro:

<sup>53</sup> AWS D1.1,2002, "Código de Soldaduras en Estructuras de Acero" pp 62-71 [6]

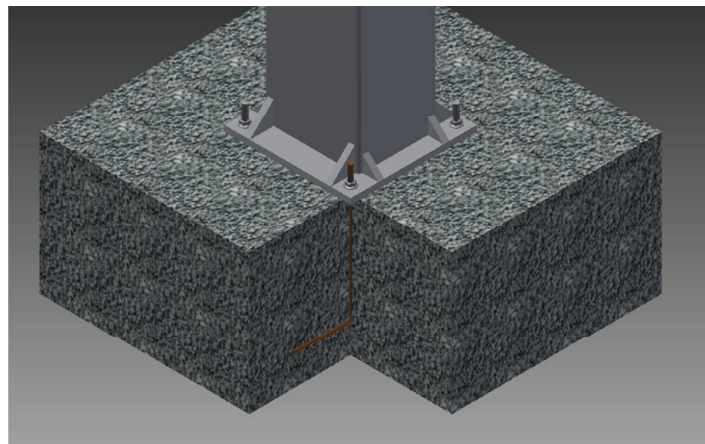
**Tabla 36 Recomendaciones de electrodos**

| Metal base precalificado – Combinaciones del metal de aporte para la resistencia calificada |   |                                     |       |                  |                                    |         |                                    |                             |  |  |  |         |
|---|---|-------------------------------------|-------|------------------|------------------------------------|---------|------------------------------------|-----------------------------|--|--|--|---------|
| G<br>R<br>U<br>P<br>O   | Requerimientos de la Especificación del Acero |                                     |       |                  | Requerimientos del metal de aporte |         |                                    |                             |  |  |  |         |
|   | Especificación del acero                      | Esfuerzo / Punto de fluencia mínimo |       | Rango de tensión |                                    | Proceso | Especificaciones del electrodo AWS | Clasificación de Electrodo  |  |  |  |         |
|   |   | ksi                                 | MPa   | ksi              | MPa                                |         |                                    |                             |  |  |  |         |
| I   | ASTM A 36                                     | (≤3/4 in. [20 mm])                  | 36    | 250              | 58-80                              | 400-550 | SMAW                               | A5.1                        | E60XX, E70XX   |  |  |         |
|   | ASTM A 53                                     | Grado B                             | 35    | 240              | 60 min                             | 415 min |                                    | A5.5 <sup>3</sup>           | E70XX-X  |  |  |         |
|   | ASTM A 106                                    | Grado B                             | 35    | 240              | 60 min                             | 415 min | SAW                                | A5.17                       | F6XX-EXXX, F6XX-ECXXX,<br>F7XX-EXXX, F7XX-ECXXX                                      |  |  |         |
|   | ASTM A 131                                    | Grados A, B, CS, D, DS, E           | 34    | 235              | 58-71                              | 400-490 |                                    |                             |  |  |  |         |
|   | ASTM A 139                                    | Grado B                             | 35    | 241              | 60 min                             | 414 min |                                    |                             |  |  |  |         |
|   | ASTM A 381                                    | Grado Y35                           | 35    | 240              | 60 min                             | 415 min | ASTM A 500                         | Grado A                     | 33   | 228                                    | 45 min   | 310 min |
|   | ASTM A 501                                    | Grado B                             | 42    | 290              | 58 min                             | 400 min |                                    |                             |  |  |  |         |
|   | ASTM A 516                                    | Grado 55                            | 30    | 205              | 55-75                              | 380-515 | GMAW                               | A5.18                       | ER70S-X, E70C-XC<br>E70C-XM (Los electrodos con el<br>Sufijo -GS de deberán excluir) |  |  |         |
|   | ASTM A 524                                    | Grado 60                            | 32    | 220              | 60-80                              | 415-550 |                                    |                             |  |  |  |         |
|   | ASTM A 524                                    | Grado I                             | 35    | 240              | 60-85                              | 415-586 | Grado II                           | 30                          | 205  | 55-80                                  | 380-550  |         |
|   | ASTM A 570                                    | Grado 30                            | 30    | 205              | 49 min                             | 340 min |                                    |                             |  |  |  |         |
|   | ASTM A 570                                    | Grado 33                            | 33    | 230              | 52 min                             | 360 min | Grado 36                           | 36                          | 250  | 53 min                                 | 365 min  |         |
|   | ASTM A 570                                    | Grado 40                            | 40    | 275              | 55 min                             | 380 min |                                    |                             |  |  |  |         |
|   | ASTM A 570                                    | Grado 45                            | 45    | 310              | 60 min                             | 415 min |                                    |                             |  |  |  |         |
|   | ASTM A 573                                    | Grado 65                            | 35    | 240              | 65-77                              | 450-530 |                                    |                             |  |  |  |         |
|   | ASTM A 573                                    | Grado 58                            | 32    | 220              | 58-71                              | 400-490 | ASTM A 709                         | Grado 36 (≤3/4 in. [20 mm]) | 36   | 250                                    | 58-80  | 400-550 |
|   | API 5L  | Grado B                             | 35    | 240              | 60                                 | 415     |                                    |                             |  |  |  |         |
|   | ABS   | Grado X42                           | 42    | 290              | 60                                 | 415     | Grados A, B, D, CS, DS             | Grado E <sup>2</sup>        | 58-71  | 400-490                                |  |         |
|   | ABS   | Grado E <sup>2</sup>                | 58-71 | 400-490          | FCAW                               | A5.20   |                                    |                             |  |  | (Los electrodos con el sufijo -2,<br>-2M, -3, -10, -13, -14 GS deberán<br>excluirse y los electrodos con el<br>sufijo -11 se deberán excluir para<br>espesores mayores que 1/2<br>pulgadas<br>[12 mm]) |         |
|   |   |                                     |       |                  |                                    |         |                                    |                             | A5.29 <sup>3</sup>   | E6XTX-X, E6XT-XM,<br>E7XTX-X, E7XTX-XM |  |         |

Fuente: (AWS D1.1, 2002)

Elaborado por: (AWS D1.1, 2002)

**4.1.3 CIMENTACION**



**Figura 48 Cimientos**

La cimentación es uno de los aspectos más importantes en el diseño de cualquier estructura ya que será la encargada de recibir y soportar las cargas de la misma.

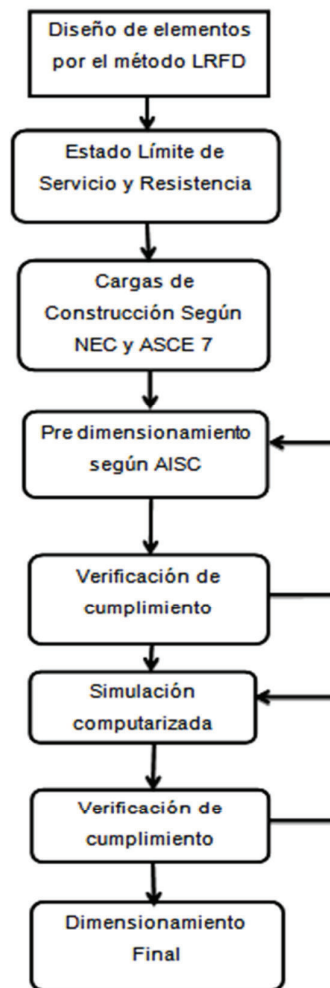
Para este proyecto se diseñarán las placas base que se sujetarán a los cimientos con pernos de anclaje, y a las cuales se unirán las columnas mediante soldadura, reforzada por ménsulas entre la columna y la placa base.

Se deberá inspeccionar la cimentación para garantizar el correcto montaje los diferentes elementos estructurales

#### **4.1.4 FABRICACIÓN Y MONTAJE PARA ESTRUCTURAS METÁLICAS**

Una vez definidos los parámetros estructurales y el diseño de los elementos de la estructura, se procederá con la adquisición de materiales, los cuales previa inspección se almacenan en bodega hasta el proceso de fabricación en planta.

#### 4.1.4.1 Diseño de elementos de la estructura



**Gráfico 3 Diagrama de flujo de procesos para el diseño de elementos de la estructura**

#### **Descripción de los procesos para el diseño de los elementos de la estructura.**

El diseño se basa en el método de evaluación de estados límites de servicio y resistencia o más conocido como método LRFD.

El diseño de la perfilería, comienza con un predimensionamiento de los elementos que forman la estructura, columnas y vigas, sometidos a los requerimientos de carga definidos según el tipo de estructura, verificando la resistencia de los diferentes elementos.

Los elementos deberán cumplir requisitos de compacticidad, resistencia a cortante y deflexión para vigas y requisitos de pandeo por flexión, pandeo local para columnas.

Con el fin de realizar un control de los elementos diseñados, mediante el software SAP 2000, se ingresa la estructura y las solicitaciones de carga, simulando la estructura donde se verificará la existencia o no de elementos sobredimensionados o sobre esforzados para poder optimizar la perfilería, concluyendo así el diseño de los elementos.

#### **4.1.4.2 Fabricación de elementos de la estructura.**

La fabricación de los elementos estructurales se los realizara de acuerdo a las dimensiones de los planos de taller en planta con personal capacitado.

Siempre se debe llevar un control de las dimensiones de los elementos para evitar problemas de montaje de la estructura y retrasos que incurren en altos costos.

El personal encargado de los detalles y ensamblado de los elementos deberá tener suficiente experiencia en soldadura de estructuras para brindar calidad a los elementos soldados. Además las uniones se someterán a ensayos no destructivos para el control de calidad.

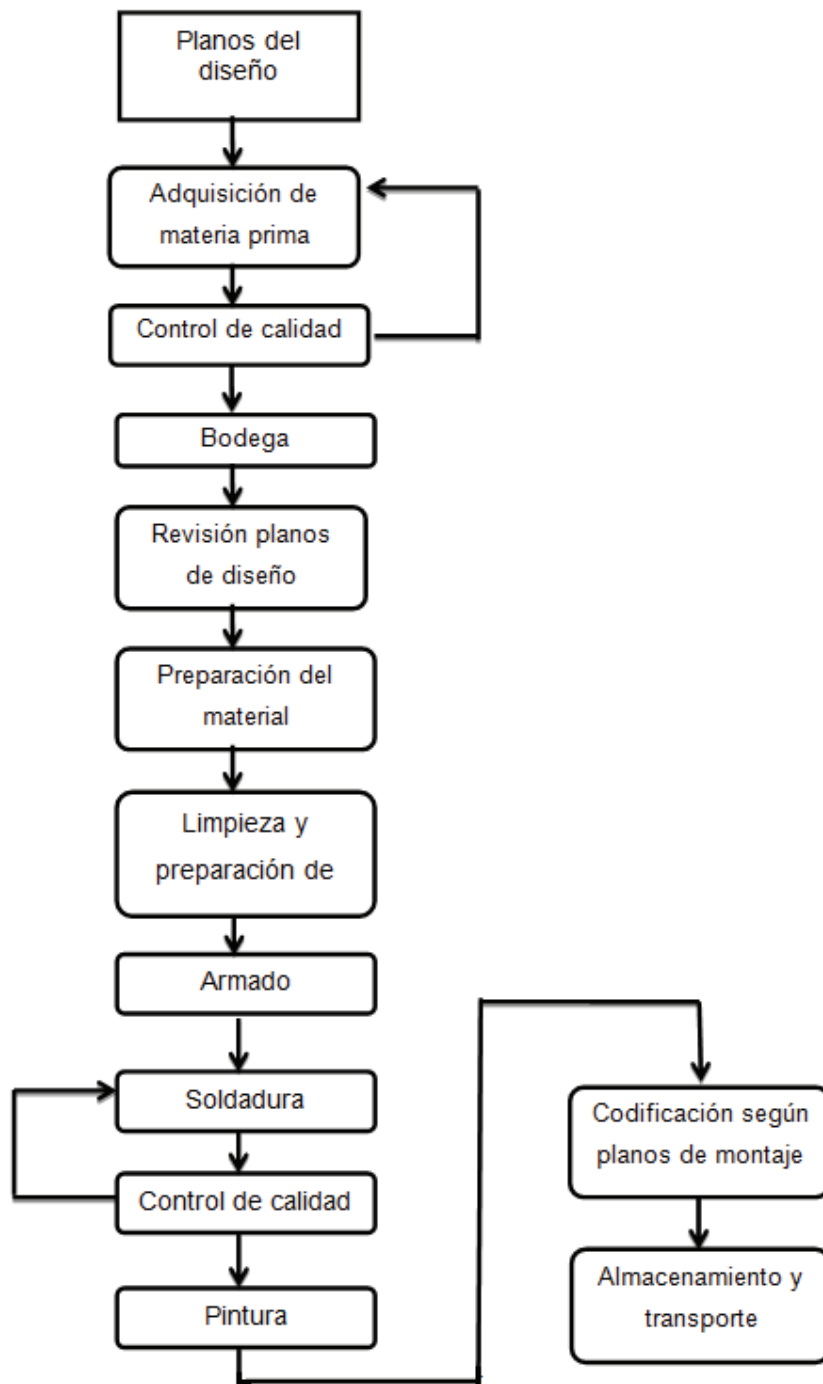


Gráfico 4 Diagrama de flujo para la fabricación de Elementos

#### **4.1.4.3 Descripción de procesos para la fabricación**

Una vez establecidos los planos, se procede a comprar los elementos necesarios, tomando en cuenta las dimensiones de los elementos de la estructura, para evitar muchos cortes y desperdicio de material. Esta materia prima se la recibirá en bodega, donde se clasificarán por tipo de elemento para facilidad de trabajo en el taller.

En el taller se realizará el trazado, de acuerdo a las indicaciones del plano. Posteriormente se procederá a cortar los elementos y preparar los mismos para el proceso de soldadura, realizando los respectivos biseles y limpieza según el WPS correspondiente.

Luego se procede al proceso de armado, el cual consiste en presentar el conjunto de elementos que forman una pieza. El armador deberá comprobar o rectificar cada uno de los cortes de los elementos, luego unirlos entre sí por medio de puntos de soldadura, que permitan manipular la pieza para finalizar la unión por medio de un cordón de acuerdo con el WPS que corresponda (ANEXO 2).

Luego de la soldadura se debe realizar una limpieza de la superficie trabajada, preparando la pieza formada para el proceso de pintado, además se realizará control de calidad mediante métodos no destructivos como tintas penetrantes.

Posteriormente se realiza un proceso de pitado sobre las piezas metálicas, el cual sirve como protección contra la corrosión.

Las piezas, antes de salir del taller, deberán codificarse, mediante números o letras ubicados en partes visibles para facilidad de ensamble de acuerdo con los planos de diseño.

#### **Montaje de la estructura**

Con el fin de optimizar el proceso de montaje, se debe elaborar un plan de montaje, el cual indique el orden de ensamblado de la estructura, en una secuencia lógica, que nos permita reducir tiempos y costos.

El proceso de montaje tiene el siguiente orden:

**Zapatas**

Son los cimientos donde se fijará la estructura, y deben estar listas para iniciar el proceso de montaje. Las zapatas deben tener un sistema de anclaje realizado por la obra civil. En ellas irán fijados los pernos de anclaje donde inicia el montaje de las placas base de la estructura.

**Columnas primer piso**

Se deberá orientar las columnas de acuerdo a los planos de diseño y fijarlas a la placa base por medio de soldadura verificando la verticalidad y la posición de la columna, dejándolas listas para recibir a las vigas. Posteriormente se fijan las ménsulas tanto a las columnas como a la placa base.

**Concreto de relleno**

Se rellenarán las columnas con concreto ( $f' = 3\text{ksi}$ ), se pueden rellenar completamente la columna, pero se recomienda hacerlo en tres partes dejando que el concreto solidifique antes de llenar otro tercio de la columna, evitando así el efecto de presión hidrostática y la deformación de la columna.

**Vigas Principales**

Se alinearan las vigas a la altura descrita en planos y se fijaran a las columnas mediante soldadura, según el WPS correspondiente. Se debe verificar la horizontalidad, y paralelismo entre ellas. Se puede o no usar apuntalamiento para montar con mayor facilidad.

**Vigas Secundarias**

Se debe alinear con respecto a marcas ubicadas en las vigas principales y soldar verificando el nivel, horizontalidad y paralelismo. Al igual se puede usar o no apuntalamiento.



**Steel Deck**

Se fijará el deck en la orientación indicada en los planos por medio de pernos unidos por puntos de soldadura ubicados a lo largo de las vigas tanto principales como secundarias. Se coloca sobre el deck malla electro soldada separada por medio de elementos plásticos, conforme indican los planos.

**Concreto Para Losas**

Se verterá el concreto sobre placa metálica comprobando un espesor uniforme a lo largo de la estructura.

**Pintura**

Se pintara la estructura metálica con una pintura especial a base de yeso la cual indicará fallas producidas en los elementos. Para poder pintar se deberá aprobar todas las uniones, y se realizará el proceso basados en la norma ISO 12944.

**Nota:** Debido a la simetría del primer piso y el segundo piso de la estructura, el proceso de montaje del segundo piso es el mismo que el primer piso, por lo que no se describe a detalle en esta sección.

## **CAPÍTULO 5**

### **5.1 ANÁLISIS DE COSTOS**

En este capítulo se elaborará un análisis de costos unitarios de los rubros que intervienen en la construcción de la estructura de la vivienda. Se elaborará además un cronograma valorado de actividades, que permita planificar contratación de servicios y adquisición de equipos según el avance del proyecto.

Este análisis permitirá además distribuir de manera adecuada los fondos para el desarrollo de las actividades, y verificar una coincidencia con el valor calculado en el análisis.

## 5.1.2 MATERIALES

Tabla 37 Listado de materiales

| Listado de Materiales |          |          |                  |           |
|-----------------------|----------|----------|------------------|-----------|
| Elemento              | Material | Unidades | Dimensiones (in) | Peso (kg) |
| W 8x31                | A 36     | 34       | 236.22           | 9432.66   |
| W 8x31                | A 36     | 14       | 39.37            | 647.33    |
| W 8x35                | A 36     | 4        | 236.22           | 1251.8    |
| W 6x20                | A 36     | 16       | 236.22           | 3950.77   |
| W 6x20                | A 36     | 8        | 118.11           | 329.23    |
| W 8x58                | A 36     | 7        | 118.11           | 1818.4    |
| Col compuesta         | A 36     | 6        | HSS 10x10x1/4    | 1098      |
| Col compuesta         | A 36     | 8        | HSS 10x8x1/4     | 1170      |
| Col compuesta         | A 36     | 10       | HSS 10x12x1/4    | 1632      |
| Rigidizadores         | A 36     | 4        | HSS 5x4x1/4      | 534.9     |
| Placa base            | A 36     | 12       | 14x14x3/4        | 294.94    |
| Placa de cortante     | A 36     | 6        | 10x10x1/4        | 32.363    |
| Placa de cortante     | A 36     | 8        | 10x8x1/4         | 28.704    |
| Placa de cortante     | A 36     | 10       | 10x12x1/4        | 61.6      |
| Ménsulas              | A 36     | 60       | 3x3x3/4          | 26.04     |
| Ménsulas              | A 36     | 20       | 2x2x3/4          | 3.86      |
| Ménsulas              | A 36     | 16       | 4x4x3/4          | 12.35     |
| Pernos de anclaje     | A 36     | 48       | D=16mm           | 46.61     |

Fuente: David Allauca; Julio Merizalde

Elaborado por: David Allauca; Julio Merizalde

### 5.1.2 RUBROS

A continuación se indican los rubros que intervienen en la construcción de la vivienda. Cabe mencionar que solamente se realizara un análisis de costos de la parte estructural de la vivienda (obra gris).

**Tabla 38 Rubros de la Construcción**

| Rubro  | Cod | unidad         |
|--|-----|----------------|
| Preparación de terreno (Maquina)                         | A1  | m <sup>3</sup> |
| Suministro de perfiles (Vigas y Columnas)                | A2  | Kgr            |
| Suministro y Fabricación placas base (A36)               | B1  | Kgr            |
| Suministro y Fabricación placas de cortante (A36)        | B2  | Kgr            |
| Suministro y Fabricación de ménsulas (A36)               | B3  | Kgr            |
| Suministro y Fabricación de Anclajes (varilla corrugada) | B4  | Kgr            |
| Hormigón para cimientos                                  | C1  | m <sup>3</sup> |
| Montaje primer piso (vigas, columnas, deck)              | C2  | Kgr            |
| Montaje deck primer piso                                 | C3  | Kgr            |
| Concreto f'c= 3 ksi (relleno de columnas, losa)          | C4  | m <sup>3</sup> |
| Montaje segundo piso (vigas, columnas, deck)             | C5  | Kgr            |
| Montaje deck segundo piso                                | C6  | Kgr            |
| Concreto f'c= 3 ksi (relleno de columnas, losa)          | C7  | m <sup>3</sup> |
| Suministro y levantamiento de Paredes (Hormi 2)          | C8  | m <sup>2</sup> |

Fuente: David Allauca; Julio Merizalde  
Elaborado por: David Allauca; Julio Merizalde

## 5.1.3 ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

## 5.1.3.1 Rubro 1: Preparación de terreno

Tabla 39 Análisis de costos Preparación de terreno

ESTRUCTURA VIVIENDA COMPUESTA

| Rubro                   | Preparación de terreno (Maquina) |          |               |                |             |
|-------------------------|----------------------------------|----------|---------------|----------------|-------------|
| Código                  | A1                               |          |               |                |             |
| Unidad                  | m <sup>2</sup>                   |          |               |                |             |
| Cantidad                | 320                              |          |               |                |             |
| Tiempo [h]              | 16                               |          |               |                |             |
| Rendimiento [U/h]       | 20                               |          |               |                |             |
| EQUIPOS                 |                                  |          | TOTAL 2,74500 |                |             |
| Descripción             | Cantidad                         | Tarifa   | Costo /hora   | Costo unitario | %           |
|                         |                                  | USD/hora |               |                |             |
| Retroexcavadora         | 1                                | 28       | 28            | 1,4000         | 45,03055645 |
| Volqueta                | 1                                | 19,6     | 19,6          | 0,9800         | 31,52138951 |
| Herramienta Menor (Kit) | 2                                | 0,5      | 1             | 0,0500         | 1,608234159 |
| Compactador             | 1                                | 6,3      | 6,3           | 0,3150         | 10,1318752  |
| PERSONAL                |                                  |          |               | TOTAL          | 0,36400     |
| Descripción             | Cantidad                         | Jornal   | Costo /hora   | Costo unitario | %           |
|                         |                                  | USD/hora |               |                |             |
| Maestro Mayor           | 1                                | 2,57     | 2,57          | 0,1285         | 4,133161788 |
| Peón                    | 1                                | 2,27     | 2,27          | 0,1135         | 3,650691541 |
| Albañil                 | 1                                | 2,44     | 2,44          | 0,1220         | 3,924091348 |
| MATERIAL                |                                  |          |               | TOTAL          | 0           |
| Descripción             | Unidad                           | Cantidad | Tarifa        | Costo unitario | %           |

|                           |         |  |           |
|---------------------------|---------|--|-----------|
| Utilidad (20%)            | 0,6218  |  | 3,10900   |
| Costo Admin (8%)          | 0,24872 |  | 0,99488   |
| Costo Financiamiento (2%) | 0,06218 |  | 4,10388   |
| Impuestos (2%)            | 0,06218 |  | 320       |
|                           |         |  | 1313,2416 |

Este rubro comprende la limpieza y nivelación del terreno, además de la preparación de los agujeros para los cimientos.

Los costos de la maquinaria descritos a continuación comprenden: la maquinaria, combustible y conductor.

Fuente: CCQ

Elaborado por: David Allauca; Julio Merizalde

## 5.1.3.2 Rubro 2: Suministro de perfiles

Tabla 40 Análisis de costos Suministro de perfiles

ESTRUCTURA VIVIENDA COMPUESTA

|                          |   |                 |                    |                       |                       |             |
|--------------------------|---|-----------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|-------------|
| <b>Rubro</b>             | Suministro de perfiles (Vigas y Columnas) |                 |                    |                       |                       |             |
| <b>Código</b>            | A2  |                 |                    |                       |                       |             |
| <b>Unidad</b>            | Kg  |                 |                    |                       |                       |             |
| <b>Cantidad</b>          | 21850                                     |                 |                    |                       |                       |             |
| <b>Tiempo [h]</b>        | 8   |                 |                    |                       |                       |             |
| <b>Rendimiento [U/h]</b> | 2731,25                                   |                 |                    |                       |                       |             |
| <b>EQUIPOS</b>           |   |                 |                    |                       | <b>TOTAL</b>          | 0,01465     |
| <b>Descripción</b>       | <b>Cantidad</b>                           | <b>Tarifa</b>   | <b>Costo /hora</b> | <b>Costo unitario</b> | <b>Costo unitario</b> | <b>%</b>    |
| Hidrogrua (6 Ton)        | 1   | 40              | 40                 | 0,0146                | 0,0146                | 0,763890149 |
| <b>PERSONAL</b>          |   |                 |                    |                       | <b>TOTAL</b>          | 0,00256     |
| <b>Descripción</b>       | <b>Cantidad</b>                           | <b>Jornal</b>   | <b>Costo /hora</b> | <b>Costo unitario</b> | <b>Costo unitario</b> | <b>%</b>    |
| Albañil                  | 1   | 2,44            | 2,44               | 0,0009                | 0,0009                | 0,046597299 |
| Peón                     | 2   | 2,27            | 4,54               | 0,0017                | 0,0017                | 0,086701532 |
| <b>MATERIAL</b>          |   |                 |                    |                       | <b>TOTAL</b>          | 1,9         |
| <b>Descripción</b>       | <b>Unidad</b>                             | <b>Cantidad</b> | <b>Tarifa</b>      | <b>Costo unitario</b> | <b>Costo unitario</b> | <b>%</b>    |
| Perfiles                 | kg  | 1               | USD                | 1,9                   | 1,9                   | 99,10281102 |

|                           |             |                 |             |
|---------------------------|-------------|-----------------|-------------|
| Utilidad (20%)            | 0,383440183 | COSTO DIRECTO   | 1,91720     |
| Costo Admin (8%)          | 0,153376073 | COSTO INDIRECTO | 0,613504293 |
| Costo Financiamiento (2%) | 0,038344018 | PRECIO UNITARIO | 2,53071     |
| Impuestos (2%)            | 0,038344018 | CANTIDAD        | 21850       |
|                           |             | COSTO TOTAL     | 55295,9088  |

Los elementos estructurales solicitados, vigas y columnas, serán suministrados por la empresa COSINTPLAN S.A. Los elementos deberán contar con la terminación exigida en los planos para facilitar la soldadura.

Fuente: COSINTPLAN S.A.; CCQ.

Elaborado por: David Allauca; Julio Merizalde



## 5.1.3.3 Rubro 3: Suministro y Fabricación placas base

Tabla 41 Análisis de costos Fabricación placas base

| ESTRUCTURA VIVIENDA COMPUESTA |                               |          |                |                |             |                |                |   |         |
|-------------------------------|-------------------------------|----------|----------------|----------------|-------------|----------------|----------------|---|---------|
| Rubro                         | Fabricación placas base (A36) |          |                |                |             |                |                |   |         |
| Código                        | B1                            |          |                |                |             |                |                |   |         |
| Unidad                        | kg                            |          |                |                |             |                |                |   |         |
| Cantidad                      | 294,94                        |          |                |                |             |                |                |   |         |
| Tiempo [h]                    | 8                             |          |                |                |             |                |                |   |         |
| Rendimiento [U/h]             | 36,8675                       |          |                |                |             |                |                |   |         |
| EQUIPOS                       |                               |          |                |                |             |                |                |   | 0,15217 |
| Descripción                   | Cantidad                      | Tarifa   | Costo /hora    | Costo unitario | %           | TOTAL          | Costo unitario | % |         |
| PERSONAL                      |                               |          |                |                |             |                |                |   |         |
| Descripción                   | Cantidad                      | Jornal   | Costo /hora    | Costo unitario | %           | TOTAL          | Costo unitario | % |         |
|                               |                               | USD/hora |                |                |             |                |                |   |         |
| Amoladora                     | 1                             | 1,31     | 1,31           | 0,0355         | 1,453339719 |                |                |   |         |
| Taladro de pedestal           | 1                             | 1,8      | 1,8            | 0,0488         | 1,996955338 |                |                |   |         |
| Compresor (2 Hp)              | 1                             | 0,5      | 0,5            | 0,0136         | 0,554709816 |                |                |   |         |
| Herramienta Menor (Kit)       | 1                             | 2        | 2              | 0,0542         | 2,218839265 |                |                |   |         |
| MATERIAL                      |                               |          |                |                |             |                |                |   |         |
| Descripción                   | Cantidad                      | Jornal   | Costo /hora    | Costo unitario | %           | TOTAL          | Costo unitario | % |         |
|                               |                               | USD/hora |                |                |             |                |                |   |         |
| Pintor                        | 1                             | 2,3      | 2,3            | 0,0624         | 2,551665155 |                |                |   |         |
| Albañil                       | 2                             | 2,44     | 4,88           | 0,1324         | 5,413967806 |                |                |   |         |
| PERSONAL                      |                               |          |                |                |             |                |                |   |         |
| Descripción                   | Cantidad                      | Tarifa   | Costo unitario | %              | TOTAL       | Costo unitario | %              |   |         |
| Plancha A36 (3/4)             | kg                            | 1        | 1,9            | 1,9000         | 77,71290377 |                |                |   |         |
| Anticorrosivos                | Gl                            | 0,00169  | 18,36          | 0,0310         | 1,269108981 |                |                |   |         |
| Discos 2 (desbaste y pulido)  | u                             | 0,00678  | 2,5            | 0,0170         | 0,693280905 |                |                |   |         |

|                        |   |      |    |        |             |
|------------------------|---|------|----|--------|-------------|
| Brocas 16mm (3 brocas) | u | 0,01 | 15 | 0,1500 | 6,135229245 |
|------------------------|---|------|----|--------|-------------|

|                        |             |
|------------------------|-------------|
| <b>COSTO DIRECTO</b>   | 2,44490     |
| <b>COSTO INDIRECTO</b> | 0,782366854 |
| <b>PRECIO UNITARIO</b> | 3,22726     |
| <b>CANTIDAD</b>        | 294,94      |
| <b>COSTO TOTAL</b>     | 951,8490291 |

|                           |             |
|---------------------------|-------------|
| Utilidad (20%)            | 0,488979283 |
| Costo Admin (8%)          | 0,195591713 |
| Costo Financiamiento (2%) | 0,048897928 |
| Impuestos (2%)            | 0,048897928 |

Las placas serán suministradas por la empresa COSINTPLAN S.A. y contarán con las dimensiones establecidas, por lo que se deberá realizar en taller las perforaciones para los pernos de anclaje.

Fuente: COSINTPLAN S.A.; CCQ.

Elaborado por: David Allauca; Julio Merizalde

## 5.1.3.4 Rubro 4: Suministro y Fabricación placas de cortante

Tabla 42 Análisis de costos Fabricación placas de cortante

| ESTRUCTURA VIVIENDA COMPUESTA |                                     |          |             |                |                |   |  |  |         |
|-------------------------------|-------------------------------------|----------|-------------|----------------|----------------|---|--|--|---------|
| Rubro                         | Fabricación placas de cortante(A36) |          |             |                |                |   |  |  |         |
| Código                        | B2                                  |          |             |                |                |   |  |  |         |
| Unidad                        | Kg                                  |          |             |                |                |   |  |  |         |
| Cantidad                      | 122,61                              |          |             |                |                |   |  |  |         |
| Tiempo [h]                    | 8                                   |          |             |                |                |   |  |  |         |
| Rendimiento [U/h]             | 15,32625                            |          |             |                |                |   |  |  |         |
| EQUIPOS                       |                                     |          |             |                |                |   |  |  | 0,24859 |
| Descripción                   | Cantidad                            | Tarifa   | Costo /hora | TOTAL          | Costo unitario | % |  |  |         |
|                               |                                     | USD/hora |             |                |                |   |  |  |         |
| Amoladora                     | 1                                   | 1,31     | 1,31        | 0,0855         | 3,083714703    |   |  |  |         |
| Compresor (2 Hp)              | 1                                   | 0,5      | 0,5         | 0,0326         | 1,176990344    |   |  |  |         |
| Herramienta Menor (Kit)       | 1                                   | 2        | 2           | 0,1305         | 4,707961378    |   |  |  |         |
| PERSONAL                      |                                     |          |             | TOTAL          | Costo unitario | % |  |  |         |
|                               |                                     | Jornal   | Costo /hora |                |                |   |  |  |         |
|                               |                                     | USD/hora |             |                |                |   |  |  |         |
| Pintor                        | 1                                   | 2,3      | 2,3         | 0,1501         | 5,414155585    |   |  |  |         |
| Albañil                       | 2                                   | 2,44     | 4,88        | 0,3184         | 11,48742576    |   |  |  |         |
| MATERIAL                      |                                     |          |             | TOTAL          | Costo unitario | % |  |  |         |
|                               |                                     | Cantidad | Tarifa      |                |                |   |  |  |         |
|                               |                                     | USD      |             |                |                |   |  |  |         |
| Descripción                   | Unidad                              |          |             | Costo unitario |                |   |  |  |         |
|                               |                                     |          |             |                |                |   |  |  |         |
| Plancha A36 (3/4)             | kg                                  | 1        | 1,9         | 1,9000         | 68,54762342    |   |  |  |         |
| Anticorrosivos                | Gl                                  | 0,00407  | 18,36       | 0,0747         | 2,695913089    |   |  |  |         |
| Discos 4 (desbaste y pulido)  | u                                   | 0,032    | 2,5         | 0,0800         | 2,886215723    |   |  |  |         |

|                        |             |
|------------------------|-------------|
| <b>COSTO DIRECTO</b>   | 2,77180     |
| <b>COSTO INDIRECTO</b> | 0,886974587 |
| <b>PRECIO UNITARIO</b> | 3,65877     |
| <b>CANTIDAD</b>        | 122,61      |
| <b>COSTO TOTAL</b>     | 448,60      |

Utilidad (20%) 0,554359117  
 Costo Admin (8%) 0,221743647  
 Costo Financiamiento (2%) 0,055435912  
 Impuestos (2%) 0,055435912

Las placas serán suministradas por la empresa COSINTPLAN S.A. y contarán con las dimensiones establecidas en planos.

Fuente: COSINTPLAN S.A.; CCQ.

Elaborado por: David Allauca; Julio Merizalde

## 5.1.3.5 Rubro 5: Suministro y Fabricación de ménsulas

Tabla 43 Análisis de costos Fabricación de ménsulas

ESTRUCTURA VIVIENDA COMPUESTA

| Rubro                        | Fabricación de ménsulas (A36) |                 |                    |                       |                       |                    |                       |                       |             |
|------------------------------|-------------------------------|-----------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|-------------|
| Código                       | B3                            |                 |                    |                       |                       |                    |                       |                       |             |
| Unidad                       | kg                            |                 |                    |                       |                       |                    |                       |                       |             |
| Cantidad                     | 42,25                         |                 |                    |                       |                       |                    |                       |                       |             |
| Tiempo [h]                   | 16                            |                 |                    |                       |                       |                    |                       |                       |             |
| Rendimiento [U/h]            | 2,640625                      |                 |                    |                       |                       |                    |                       |                       |             |
| <b>EQUIPOS</b>               |                               |                 |                    |                       |                       |                    |                       | <b>TOTAL</b>          | 1,44284     |
| <b>Descripción</b>           | <b>Cantidad</b>               | <b>Tarifa</b>   | <b>Costo /hora</b> | <b>Costo unitario</b> | <b>Costo unitario</b> | <b>Costo /hora</b> | <b>Costo unitario</b> | <b>Costo unitario</b> | <b>%</b>    |
| Amoladora                    | 1                             | 1,31            | 1,31               | 0,4961                | 0,4961                | 1,31               | 0,4961                | 0,4961                | 7,815097738 |
| Compresor (2 Hp)             | 1                             | 0,5             | 0,5                | 0,1893                | 0,1893                | 0,5                | 0,1893                | 0,1893                | 2,982861732 |
| Herramienta Menor (Kit)      | 1                             | 2               | 2                  | 0,7574                | 0,7574                | 2                  | 0,7574                | 0,7574                | 11,93144693 |
| <b>PERSONAL</b>              |                               |                 |                    |                       |                       |                    |                       | <b>TOTAL</b>          | 2,71905     |
| <b>Descripción</b>           | <b>Cantidad</b>               | <b>Jornal</b>   | <b>Costo /hora</b> | <b>Costo unitario</b> | <b>Costo unitario</b> | <b>Costo /hora</b> | <b>Costo unitario</b> | <b>Costo unitario</b> | <b>%</b>    |
|                              |                               | <b>USD/hora</b> |                    |                       |                       |                    |                       |                       |             |
| Pintor                       | 1                             | 2,3             | 2,3                | 0,8710                | 0,8710                | 2,3                | 0,8710                | 0,8710                | 13,72116397 |
| Albañil                      | 2                             | 2,44            | 4,88               | 1,8480                | 1,8480                | 4,88               | 1,8480                | 1,8480                | 29,1127305  |
| <b>MATERIAL</b>              |                               |                 |                    |                       |                       |                    |                       | <b>TOTAL</b>          | 2,1860076   |
| <b>Descripción</b>           | <b>Unidad</b>                 | <b>Cantidad</b> | <b>Tarifa</b>      | <b>Costo unitario</b> | <b>Costo unitario</b> | <b>Tarifa</b>      | <b>Costo unitario</b> | <b>Costo unitario</b> | <b>%</b>    |
|                              |                               |                 | <b>USD</b>         |                       |                       |                    |                       |                       |             |
| Plancha A36 (3/4)            | kg                            | 1               | 1,9                | 1,9000                | 1,9000                | 1,9                | 1,9000                | 1,9000                | 29,93115319 |
| Anticorrosivos               | Gl                            | 0,00591         | 18,36              | 0,1085                | 0,1085                | 18,36              | 0,1085                | 0,1085                | 1,709346104 |
| Discos 6 (desbaste y pulido) | u                             | 0,071           | 2,5                | 0,1775                | 0,1775                | 2,5                | 0,1775                | 0,1775                | 2,796199838 |

|                           |             |
|---------------------------|-------------|
| Utilidad (20%)            | 1,269580218 |
| Costo Admin (8%)          | 0,507832087 |
| Costo Financiamiento (2%) | 0,126958022 |
| Impuestos (2%)            | 0,126958022 |

|                        |             |
|------------------------|-------------|
| <b>COSTO DIRECTO</b>   | 6,34790     |
| <b>COSTO INDIRECTO</b> | 2,031328349 |
| <b>PRECIO UNITARIO</b> | 8,37923     |
| <b>CANTIDAD</b>        | 42,25       |
| <b>COSTO TOTAL</b>     | 354,0224439 |

Las placas serán suministradas por la empresa COSINTPLAN S.A. y contarán con las dimensiones establecidas en planos.

Fuente: COSINTPLAN S.A.; CCQ

Elaborado por: David Allauca; Julio Merizalde

## 5.1.3.6 Rubro 6: Suministro y Fabricación de Anclajes

Tabla 44 Análisis de costos Fabricación de Anclajes

| ESTRUCTURA VIVIENDA COMPUESTA |   |          |             |                |             |                |   |  |         |
|-------------------------------|---|----------|-------------|----------------|-------------|----------------|---|--|---------|
| Rubro                         | Fabricación de Anclajes (varilla corrugada) |          |             |                |             |                |   |  |         |
| Código                        | B4  |          |             |                |             |                |   |  |         |
| Unidad                        | Kg  |          |             |                |             |                |   |  |         |
| Cantidad                      | 46,61                                       |          |             |                |             |                |   |  |         |
| Tiempo [h]                    | 8   |          |             |                |             |                |   |  |         |
| Rendimiento [U/h]             | 5,82625                                     |          |             |                |             |                |   |  |         |
| EQUIPOS                       |   |          |             |                |             |                |   |  | 2,88522 |
| Descripción                   | Cantidad                                    | Tarifa   | Costo /hora | Costo unitario | TOTAL       | Costo unitario | % |  |         |
|                               |   | USD/hora |             |                |             |                |   |  |         |
| Amoladora                     | 1   | 1,31     | 1,31        | 0,2248         | 4,630429433 |                |   |  |         |
| Herramienta Menor (Kit)       | 1   | 0,5      | 0,5         | 0,0858         | 1,767339478 |                |   |  |         |
| Torno                         | 1   | 15       | 15          | 2,5746         | 53,02018434 |                |   |  |         |
| PERSONAL                      |   |          |             |                | TOTAL       | Costo unitario | % |  |         |
| Descripción                   | Cantidad                                    | Jornal   | Costo /hora | Costo unitario |             |                |   |  |         |
|                               |   | USD/hora |             |                |             |                |   |  |         |
| Albañil                       | 1   | 2,8      | 2,8         | 0,4806         | 9,897101077 |                |   |  |         |
| MATERIAL                      |   |          |             |                | TOTAL       | Costo unitario | % |  |         |
| Descripción                   | Unidad                                      | Cantidad | Tarifa      | Costo unitario |             |                |   |  |         |
|                               |   |          | USD         |                |             |                |   |  |         |
| Varilla corrugada A36 16mm    | kg  | 1        | 1,09        | 1,0900         | 22,44737636 |                |   |  |         |
| Transporte                    | kg  | 1        | 0,4         | 0,4000         | 8,237569307 |                |   |  |         |

|                           |             |
|---------------------------|-------------|
| Utilidad (20%)            | 0,971160266 |
| Costo Admin (8%)          | 0,388464106 |
| Costo Financiamiento (2%) | 0,097116027 |
| Impuestos (2%)            | 0,097116027 |

|                        |             |
|------------------------|-------------|
| <b>COSTO DIRECTO</b>   | 4,85580     |
| <b>COSTO INDIRECTO</b> | 1,553856426 |
| <b>PRECIO UNITARIO</b> | 6,40966     |
| <b>CANTIDAD</b>        | 46,61       |
| <b>COSTO TOTAL</b>     | 298,754148  |

Los pernos de anclaje se realizará con una varilla de 16mm de diámetro el roscado deberá un roscado M16x2 maquinado en el taller.

Fuente: COSINTPLAN S.A.; CCQ

Elaborado por: David Allauca; Julio Merizalde



## 5.1.3.7 Rubro 7: Hormigón para Cimientos

Tabla 45 Análisis de costos Cimentación

| ESTRUCTURA VIVIENDA COMPUESTA                          |                           |                 |             |                |             |  |  |       |         |
|--|---------------------------|-----------------|-------------|----------------|-------------|--|--|-------|---------|
| Rubro  | Concreto para Cimentación |                 |             |                |             |  |  |       |         |
| Código   | C1                        |                 |             |                |             |  |  |       |         |
| Unidad   | m <sup>3</sup>            |                 |             |                |             |  |  |       |         |
| Cantidad   | 12                        |                 |             |                |             |  |  |       |         |
| Tiempo [h]   | 32                        |                 |             |                |             |  |  |       |         |
| Rendimiento [U/h]                                      | 0,375                     |                 |             |                |             |  |  |       |         |
| EQUIPOS  |                           |                 |             |                |             |  |  | TOTAL | 7,78667 |
| Descripción  | Cantidad                  | Tarifa USD/hora | Costo /hora | Costo unitario | %           |  |  |       |         |
| Vibrador a gasolina                                    | 1                         | 2,42            | 2,42        | 6,4533         | 4,91171098  |  |  |       |         |
| Herramienta Menor (Kit)                                | 1                         | 0,5             | 0,5         | 1,3333         | 1,014816318 |  |  |       |         |
|  |                           |                 |             |                |             |  |  |       |         |
| PERSONAL   |                           |                 |             | TOTAL          | 33,60000    |  |  |       |         |
| Descripción  | Cantidad                  | Jornal USD/hora | Costo /hora | Costo unitario | %           |  |  |       |         |
| Maestro Mayor  | 1                         | 3               | 3           | 8,0000         | 6,088897909 |  |  |       |         |
| Albañil  | 2                         | 2,8             | 5,6         | 14,9333        | 11,36594276 |  |  |       |         |
| Peón   | 2                         | 2               | 4           | 10,6667        | 8,118530546 |  |  |       |         |
| MATERIAL   |                           |                 |             | TOTAL          | 90          |  |  |       |         |
| Descripción  | Unidad                    | Cantidad        | Tarifa USD  | Costo unitario | %           |  |  |       |         |
| Hormigón f'c=380 kg/cm2 (incluye bomba, plastificante) | m <sup>3</sup>            | 1               | 90          | 90,0000        | 68,50010148 |  |  |       |         |

|                           |             |                    |                  |
|---------------------------|-------------|--------------------|------------------|
| Utilidad (20%)            | 26,27733333 | COSTO DIRECTO      | 131,38667        |
| Costo Admin (8%)          | 10,51093333 | COSTO INDIRECTO    | 42,04373333      |
| Costo Financiamiento (2%) | 2,62773333  | PRECIO UNITARIO    | 173,43040        |
| Impuestos (2%)            | 2,62773333  | CANTIDAD           | 12               |
|                           |             | <b>COSTO TOTAL</b> | <b>2081,1648</b> |

Fuente: CCQ

Elaborado por: David Allauca; Julio Merizalde

## 5.1.3.8 Rubro 8: Montaje primer piso

Tabla 46 Análisis de costos Montaje primer piso

| ESTRUCTURA VIVIENDA COMPUESTA |   |                 |                    |                       |                       |            |
|-------------------------------|---|-----------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|------------|
| Rubro                         | Montaje primer piso (vigas, columnas, deck) |                 |                    |                       |                       |            |
| Código                        | C2  |                 |                    |                       |                       |            |
| Unidad                        | kg  |                 |                    |                       |                       |            |
| Cantidad                      | 10925                                       |                 |                    |                       |                       |            |
| Tiempo [h]                    | 24  |                 |                    |                       |                       |            |
| Rendimiento [U/h]             | 455,2083333                                 |                 |                    |                       |                       |            |
| <b>EQUIPOS</b>                |   |                 |                    |                       | <b>TOTAL</b>          | 0,00110    |
| <b>Descripción</b>            | <b>Cantidad</b>                             | <b>Tarifa</b>   | <b>Costo /hora</b> | <b>Costo unitario</b> | <b>Costo unitario</b> | <b>%</b>   |
|                               |   | <b>USD/hora</b> |                    |                       |                       |            |
| Herramienta Menor (Kit)       | 1   | 0,5             | 0,5                | 0,0011                | 0,343731202           | 0,01845    |
| <b>PERSONAL</b>               |   |                 |                    | <b>TOTAL</b>          | <b>Costo unitario</b> | <b>%</b>   |
| <b>Descripción</b>            | <b>Cantidad</b>                             | <b>Jornal</b>   | <b>Costo /hora</b> | <b>Costo unitario</b> | <b>Costo unitario</b> | <b>%</b>   |
|                               |   | <b>USD/hora</b> |                    |                       |                       |            |
| Supervisor (Ingeniero)        | 1   | 6,25            | 6,25               | 0,0137                | 4,296640027           |            |
| Albañil                       | 3   | 2,8             | 8,4                | 0,0185                | 5,774684197           |            |
| <b>MATERIAL</b>               |   |                 |                    | <b>TOTAL</b>          | <b>Costo unitario</b> | <b>0,3</b> |
| <b>Descripción</b>            | <b>Unidad</b>                               | <b>Cantidad</b> | <b>Tarifa</b>      | <b>Costo unitario</b> | <b>Costo unitario</b> | <b>%</b>   |
|                               |   |                 | <b>USD</b>         |                       |                       |            |
| Montaje                       | kg  | 1               | 0,3                | 0,3000                | 93,8815846            |            |

|                           |             |             |
|---------------------------|-------------|-------------|
| Utilidad (20%)            | 0,063910297 | 0,31955     |
| Costo Admin (8%)          | 0,025564119 | 0,102256476 |
| Costo Financiamiento (2%) | 0,00639103  | 0,42181     |
| Impuestos (2%)            | 0,00639103  | 10925       |
|                           |             | 4608,252    |

El montaje será realizado por la empresa COSINTPLAN S.A.

Fuente: COSINTPLAN S.A.; CCQ

Elaborado por: David Allauca; Julio Merizalde

## 5.1.3.9 Rubro 9: Montaje deck primer piso

Tabla 47 Análisis de costos Montaje deck primer piso

|                         |                          | ESTRUCTURA VIVIENDA COMPUESTA |             |                |             |
|-------------------------|--------------------------|-------------------------------|-------------|----------------|-------------|
| Rubro                   | Montaje deck primer piso |                               |             |                |             |
| Código                  | C3                       |                               |             |                |             |
| Unidad                  | m <sup>2</sup>           |                               |             |                |             |
| Cantidad                | 289,37                   |                               |             |                |             |
| Tiempo [h]              | 16                       |                               |             |                |             |
| Rendimiento [U/h]       | 18,085625                |                               |             |                |             |
| EQUIPOS                 |                          |                               |             | TOTAL          | 0,02765     |
| Descripción             | Cantidad                 | Tarifa                        | Costo /hora | Costo unitario | %           |
|                         |                          | USD/hora                      |             |                |             |
| Herramienta Menor (Kit) | 1                        | 0,5                           | 0,5         | 0,0276         | 0,189760387 |
|                         |                          |                               |             |                |             |
| PERSONAL                |                          |                               |             | TOTAL          | 0,64139     |
| Descripción             | Cantidad                 | Jornal                        | Costo /hora | Costo unitario | %           |
|                         |                          | USD/hora                      |             |                |             |
| Albañil                 | 2                        | 2,8                           | 5,6         | 0,3096         | 2,125316336 |
| Peón                    | 3                        | 2                             | 6           | 0,3318         | 2,277124646 |
|                         |                          |                               |             |                |             |
| MATERIAL                |                          |                               |             | TOTAL          | 13,9        |
| Descripción             | Unidad                   | Cantidad                      | Tarifa      | Costo unitario | %           |
|                         |                          |                               | USD         |                |             |
| Steel deck 0.65mm       | m <sup>2</sup>           | 1                             | 13,5        | 13,5000        | 92,66225047 |
| Conectores de cortante  | u/m <sup>2</sup>         | 6                             | 0,4         | 0,4000         | 2,745548162 |
| Malla electrosoldada    | m <sup>2</sup>           | 1                             | 0,4         | 0,4000         | 2,745548162 |

|                           |             |             |
|---------------------------|-------------|-------------|
| Utilidad (20%)            | 2,913807928 | 14,56904    |
| Costo Admin (8%)          | 1,165523171 | 4,662092684 |
| Costo Financiamiento (2%) | 0,291380793 | 19,23113    |
| Impuestos (2%)            | 0,291380793 | 289,37      |
|                           |             | 5564,91276  |

El montaje será realizado por la empresa COSINTPLAN S.A.

Fuente: COSINTPLAN S.A.; CCQ

Elaborado por: David Allauca; Julio Merizalde

## 5.1.3.10 Rubro 10: Concreto f'c= 3 ksi

Tabla 48 Análisis de costos Concreto f'c= 3 ksi

| ESTRUCTURA VIVIENDA COMPUESTA |   |          |             |         |                |   |  |  |  |
|-------------------------------|---|----------|-------------|---------|----------------|---|--|--|--|
| Rubro                         | Concreto f'c= 3 ksi (relleno de columnas, losa) |          |             |         |                |   |  |  |  |
| Codigo                        | C4  |          |             |         |                |   |  |  |  |
| Unidad                        | m <sup>3</sup>                                  |          |             |         |                |   |  |  |  |
| Cantidad                      | 26  |          |             |         |                |   |  |  |  |
| Tiempo [h]                    | 48  |          |             |         |                |   |  |  |  |
| Rendimiento [U/h]             | 0,541666667                                     |          |             |         |                |   |  |  |  |
| EQUIPOS                       |   |          |             |         |                |   |  |  |  |
| Descripción                   | Cantidad  | Tarifa   | Costo /hora | TOTAL   | Costo unitario | % |  |  |  |
|                               |   | USD/hora |             |         |                |   |  |  |  |
| Vibrador a gasolina           | 1   | 2,42     | 2,42        | 4,4677  | 3,421461897    |   |  |  |  |
| Alisador                      | 1   | 4,63     | 4,63        | 8,5477  | 6,546020076    |   |  |  |  |
| Herramienta menor (kit)       | 1   | 0,5      | 0,5         | 0,9231  | 0,706913615    |   |  |  |  |
| PERSONAL                      |   |          |             |         |                |   |  |  |  |
| Descripción                   | Cantidad  | Jornal   | Costo /hora | TOTAL   | Costo unitario | % |  |  |  |
|                               |   | USD/hora |             |         |                |   |  |  |  |
| Maestro Mayor                 | 1   | 2,57     | 2,57        | 4,7446  | 11,35479994    |   |  |  |  |
| Peón                          | 2   | 2,27     | 4,54        | 8,3815  | 20,05867383    |   |  |  |  |
| Albanil                       | 3   | 2,44     | 7,32        | 13,5138 | 32,34129789    |   |  |  |  |
| MATERIAL                      |   |          |             |         |                |   |  |  |  |
| Descripción                   | Unidad  | Cantidad | Tarifa      | TOTAL   | Costo unitario | % |  |  |  |
|                               |   |          | USD         |         |                |   |  |  |  |
| Hormigon f'c=210              | m <sup>3</sup>                                  | 1        | 90          | 90,0000 | 68,92407748    |   |  |  |  |

|                           |             |                        |             |
|---------------------------|-------------|------------------------|-------------|
| Utilidad (20%)            | 26,11569231 | <b>COSTO DIRECTO</b>   | 130,57846   |
| Costo Admin (8%)          | 10,44627692 | <b>COSTO INDIRECTO</b> | 41,78510769 |
| Costo Financiamiento (2%) | 2,611569231 | <b>PRECIO UNITARIO</b> | 172,36357   |
| Impuestos (2%)            | 2,611569231 | <b>CANTIDAD</b>        | 26          |
|                           |             | <b>COSTO TOTAL</b>     | 4481,4528   |

Fuente: COSINTPLAN S.A.; CCQ

Elaborado por: David Allauca; Julio Merizalde



## 5.1.3.11 Rubro 11: Montaje segundo piso

Tabla 49 Análisis de costos Montaje segundo piso

ESTRUCTURA VIVIENDA COMPUESTA

|                          |  |                 |                    |                       |                       |          |
|--------------------------|--|-----------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|----------|
| <b>Rubro</b>             | Montaje segundo piso (vigas, columnas, deck) |                 |                    |                       |                       |          |
| <b>Codigo</b>            | C5   |                 |                    |                       |                       |          |
| <b>Unidad</b>            | Kg   |                 |                    |                       |                       |          |
| <b>Cantidad</b>          | 10925  |                 |                    |                       |                       |          |
| <b>Tiempo [h]</b>        | 24   |                 |                    |                       |                       |          |
| <b>Rendimiento [U/h]</b> | 455,2083333                                  |                 |                    |                       |                       |          |
| <b>EQUIPOS</b>           |  |                 |                    |                       | <b>TOTAL</b>          | 0,00110  |
| <b>Descripción</b>       | <b>Cantidad</b>                              | <b>Tarifa</b>   | <b>Costo /hora</b> | <b>Costo unitario</b> | <b>Costo unitario</b> | <b>%</b> |
| Herramienta Menor (Kit)  | 1  | 0,5             | 0,5                | 0,0011                | 0,343731202           |          |
| <b>PERSONAL</b>          |  |                 |                    |                       | <b>TOTAL</b>          | 0,01845  |
| <b>Descripción</b>       | <b>Cantidad</b>                              | <b>Jornal</b>   | <b>Costo /hora</b> | <b>Costo unitario</b> | <b>Costo unitario</b> | <b>%</b> |
| Supervisor (Ingeniero)   | 1  | 6,25            | 6,25               | 0,0137                | 4,296640027           |          |
| Albañil                  | 3  | 2,8             | 8,4                | 0,0185                | 5,774684197           |          |
| <b>MATERIAL</b>          |  |                 |                    |                       | <b>TOTAL</b>          | 0,3      |
| <b>Descripción</b>       | <b>Unidad</b>                                | <b>Cantidad</b> | <b>Tarifa</b>      | <b>Costo unitario</b> | <b>Costo unitario</b> | <b>%</b> |
| Montaje                  | kg   | 1               | 0,3                | 0,3000                | 93,8815846            |          |

|                           |             |             |
|---------------------------|-------------|-------------|
| Utilidad (20%)            | 0,063910297 | 0,31955     |
| Costo Admin (8%)          | 0,025564119 | 0,102256476 |
| Costo Financiamiento (2%) | 0,00639103  | 0,42181     |
| Impuestos (2%)            | 0,00639103  | 10925       |
|                           |             | 4608,252    |

El montaje será realizado por la empresa COSINTPLAN S.A.

Fuente: COSINTPLAN S.A.; CCQ

Elaborado por: David Allauca; Julio Merizalde

## 5.1.3.12 Rubro 12: Montaje deck segundo piso

Tabla 50 Análisis de costos Montaje deck segundo piso

| ESTRUCTURA VIVIENDA COMPUESTA |                           |          |             |       |                |             |  |  |         |
|-------------------------------|---------------------------|----------|-------------|-------|----------------|-------------|--|--|---------|
| Rubro                         | Montaje deck segundo piso |          |             |       |                |             |  |  |         |
| Codigo                        | C5                        |          |             |       |                |             |  |  |         |
| Unidad                        | m <sup>2</sup>            |          |             |       |                |             |  |  |         |
| Cantidad                      | 220,07                    |          |             |       |                |             |  |  |         |
| Tiempo [h]                    | 16                        |          |             |       |                |             |  |  |         |
| Rendimiento [U/h]             | 13,754375                 |          |             |       |                |             |  |  |         |
| EQUIPOS                       |                           |          |             |       |                |             |  |  | 0,03635 |
| Descripción                   | Cantidad                  | Tarifa   | Costo /hora | TOTAL | Costo unitario | %           |  |  |         |
| Herramienta Menor (Kit)       | 1                         | 0,5      | 0,5         |       | 0,0364         | 0,245959122 |  |  |         |
| PERSONAL                      |                           |          |             |       |                |             |  |  | 0,84337 |
| Descripción                   | Cantidad                  | Jornal   | Costo /hora | TOTAL | Costo unitario | %           |  |  |         |
| Albañil                       | 2                         | 2,8      | 5,6         |       | 0,4071         | 2,754742169 |  |  |         |
| Peón                          | 3                         | 2        | 6           |       | 0,4362         | 2,951509467 |  |  |         |
| MATERIAL                      |                           |          |             |       |                |             |  |  | 13,9    |
| Descripción                   | Unidad                    | Cantidad | Tarifa      | TOTAL | Costo unitario | %           |  |  |         |
| Steel deck 0.65mm             | m <sup>2</sup>            | 1        | USD         |       | 13,5           | 91,34137804 |  |  |         |
| Conectores de cortante        | u/m <sup>2</sup>          | 6        |             |       | 0,4            | 2,706411201 |  |  |         |
| Malla electrosoldada          | m <sup>2</sup>            | 1        |             |       | 0,4            | 2,706411201 |  |  |         |

|                           |             |  |             |
|---------------------------|-------------|--|-------------|
| Utilidad (20%)            | 2,955944018 |  | 14,77972    |
| Costo Admin (8%)          | 1,182377607 |  | 4,729510429 |
| Costo Financiamiento (2%) | 0,295594402 |  | 19,50923    |
| Impuestos (2%)            | 0,295594402 |  | 220,07      |
|                           |             |  | 4293,39636  |

El montaje será realizado por la empresa COSINTPLAN S.A.

Fuente: COSINTPLAN S.A.; CCQ

Elaborado por: David Allauca; Julio Merizalde

## 5.1.3.13 Rubro 13: Concreto f'c= 3 ksi

Tabla 51 Análisis de costos Concreto f'c= 3 ksi

| ESTRUCTURA VIVIENDA COMPUESTA |   |          |             |                |             |  |  |  |       |          |
|-------------------------------|---|----------|-------------|----------------|-------------|--|--|--|-------|----------|
| Rubro                         | Concreto f'c= 3 ksi (relleno de columnas, losa) |          |             |                |             |  |  |  |       |          |
| Código                        | C7  |          |             |                |             |  |  |  |       |          |
| Unidad                        | m <sup>3</sup>                                  |          |             |                |             |  |  |  |       |          |
| Cantidad                      | 20  |          |             |                |             |  |  |  |       |          |
| Tiempo [h]                    | 48  |          |             |                |             |  |  |  |       |          |
| Rendimiento [U/h]             | 0,416666667                                     |          |             |                |             |  |  |  |       |          |
| EQUIPOS                       |   |          |             |                |             |  |  |  | TOTAL | 18,12000 |
| Descripción                   | Cantidad  | Tarifa   | Costo /hora | Costo unitario | %           |  |  |  |       |          |
|                               |   | USD/hora |             |                |             |  |  |  |       |          |
| Vibrador a gasolina           | 1   | 2,42     | 2,42        | 5,8080         | 4,068594486 |  |  |  |       |          |
| Alisador                      | 1   | 4,63     | 4,63        | 11,1120        | 7,784129119 |  |  |  |       |          |
| Herramienta menor (kit)       | 1   | 0,5      | 0,5         | 1,2000         | 0,840618695 |  |  |  |       |          |
| PERSONAL                      |   |          |             |                |             |  |  |  | TOTAL | 34,63200 |
| Descripción                   | Cantidad  | Jornal   | Costo /hora | Costo unitario | %           |  |  |  |       |          |
|                               |   | USD/hora |             |                |             |  |  |  |       |          |
| Maestro Mayor                 | 1   | 2,57     | 2,57        | 6,1680         | 13,50243779 |  |  |  |       |          |
| Peón                          | 2   | 2,27     | 4,54        | 10,8960        | 23,85255548 |  |  |  |       |          |
| Albañil                       | 3   | 2,44     | 7,32        | 17,5680        | 38,45830531 |  |  |  |       |          |
| MATERIAL                      |   |          |             |                |             |  |  |  | TOTAL | 90       |
| Descripción                   | Unidad  | Cantidad | Tarifa      | Costo unitario | %           |  |  |  |       |          |
|                               |   |          | USD         |                |             |  |  |  |       |          |
| Hormigon f'c=210              | m <sup>3</sup>                                  | 1        | 90          | 90,0000        | 63,04640215 |  |  |  |       |          |



## 5.1.3.14 Rubro 14: Suministro y levantamiento de Paredes

Tabla 52 Análisis de costos Paredes

ESTRUCTURA VIVIENDA COMPUESTA

| Rubro                            | Paredes (Hormi 2) |                |             |                |             |                |         |
|----------------------------------|-------------------|----------------|-------------|----------------|-------------|----------------|---------|
| Código                           | C8                |                |             |                |             |                |         |
| Unidad                           | m <sup>2</sup>    |                |             |                |             |                |         |
| Cantidad                         | 303               |                |             |                |             |                |         |
| Tiempo [h]                       | 48                |                |             |                |             |                |         |
| Rendimiento [U/h]                | 6,3125            |                |             |                |             |                |         |
| EQUIPOS                          |                   |                |             |                |             |                | 1,66337 |
| Descripción                      | Cantidad          | Tarifa         | Costo /hora | Costo unitario | TOTAL       | Costo unitario | %       |
|                                  |                   | USD/hora       |             |                |             |                |         |
| Herramienta menor (kit)          | 1                 | 0,5            |             | 0,0792         | 0,219540776 |                |         |
| Pistola para proyectado continuo | 2                 | 5              |             | 1,5842         | 4,390815512 |                |         |
| PERSONAL                         |                   |                |             |                | TOTAL       | Costo unitario | %       |
|                                  |                   | Jornal         | Costo /hora |                |             |                |         |
|                                  |                   | USD/hora       |             |                |             |                |         |
| Maestro mayor                    | 1                 | 2,57           |             | 0,4071         | 1,128439586 |                |         |
| Peon                             | 3                 | 2,27           |             | 1,0788         | 2,990145363 |                |         |
| Albañi                           | 3                 | 2,44           |             | 1,1596         | 3,214076955 |                |         |
| MATERIAL                         |                   |                |             |                | TOTAL       | Costo unitario | %       |
|                                  |                   | Cantidad       | Tarifa      |                |             |                |         |
|                                  |                   | Unidad         | USD         |                |             |                |         |
| Paneles de cerramiento PSC130    | 1                 | m <sup>2</sup> |             | 22,01          | 22,0100     | 61,00516744    |         |
| Alambre de amarre                | 0,5               | kg             |             | 3,24           | 1,6200      | 4,490157713    |         |
| Recubrimiento de hormigon        | 0,046             | m <sup>3</sup> |             | 90             | 4,1400      | 35,8588984     |         |

|  |                  |   |   |        |             |
|--|------------------|---|---|--------|-------------|
| Apoyos de pared instalados (varilla<br>l=30cm, $\phi$ =12mm) | u/m <sup>2</sup> | 4 | 1 | 4,0000 | 11,08680917 |
|--|------------------|---|---|--------|-------------|

|                           |             |                        |             |
|---------------------------|-------------|------------------------|-------------|
| Utilidad (20%)            | 7,215782178 | <b>COSTO DIRECTO</b>   | 36,07891    |
| Costo Admin (8%)          | 2,886312871 | <b>COSTO INDIRECTO</b> | 11,54525149 |
| Costo Financiamiento (2%) | 0,721578218 | <b>PRECIO UNITARIO</b> | 47,62416    |
| Impuestos (2%)            | 0,721578218 | <b>CANTIDAD</b>        | 303         |
|                           |             | <b>COSTO TOTAL</b>     | 14430,1212  |

El montaje de las divisiones será montado por la empresa MUTUALISTAPICHINCHA.

Fuente: Mutualista Pichincha  
Elaborado por: David Allauca; Julio Merizalde



**Tabla 53 Cronograma valorado**

|  |
|--|
|  |
|--|

## CONCLUSIONES

Las cargas a las cuales es sometida la estructura se obtuvieron de acuerdo al tipo (funcionalidad) de la estructura, a la distribución de los elementos, y a la ubicación geográfica de la misma, cumpliendo con la normativa NEC-11 y AISC 360-10.

Los diversos sistemas estructurales compuestos se encuentran actualmente en continuo perfeccionamiento, y han demostrado resultados satisfactorios en estructuras construidas alrededor del mundo. Su aplicación es conveniente en nuestro medio por sus ventajas, especialmente en su resistencia sísmica, respecto a medios convencionales de construcción ya que nos encontramos en una zona de alta sismicidad.

Los sistemas de construcción compuesta permitirán obtener estructuras más eficientes que sistemas convencionales de hormigón o acero desde el punto de vista económico. Se obtiene un mayor beneficio en costo para estructuras de gran elevación y de luces que superan los 5 metros. La reducción de costo se puede apreciar principalmente en la disminución de dimensiones de los elementos estructurales, así como también en la disminución de tiempos de construcción.

Se pudo observar una diferencia de costos, mediante una comparación de costos directos de obra gris entre la estructura compuesta del presente documento y una estructura convencional de hormigón armado (Datos proporcionados por Mutualista Pichincha). Se obtuvo una diferencia de USD 50/m<sup>2</sup> y un total de USD 24300 menos en la construcción de la estructura utilizando el sistema de construcción compuesta.

Para realizar el diseño de la estructura de la vivienda, se tomó como referencia los planos arquitectónicos de los cuales se obtuvieron las medidas generales, bajo estas consideraciones se diseñó la estructura bajo las normas AISC 360-10 y la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 11), una vez realizado el diseño de la estructura se comprobó los resultados mediante la

simulación en el programa informático SAP 2000 indicando que la estructura soporta las cargas a las cuales está sometida cumpliendo así los requerimientos de diseño por estabilidad.

La comprobación de la estructura a los esfuerzos sometidos se lo llevo a cabo en el programa de simulación SAP 2000, previo al pre diseño de los diferentes elementos de la estructura. Considerando todas las cargas que recomendadas por la norma NEC 11 y las combinaciones de carga del AISC 360-10. Lo que dio como resultado que todos los elementos soportan las cargas a las cuales están sometidas.

Debido a los volados que posee la estructura la relación carga/resistencia en los alrededores de la las vigas en voladizo son altas, para poder reducir en cierta forma esta relación y hacer a la estructura más segura se colocaron rigidizadores en los alrededores de las vigas que están en volado.

En el diseño de la estructura se aplicó las normas AISC 360 para el cálculo de todos los casos de las vigas. Se utilizó esta norma también para las combinaciones de cargas que se utilizaron en todos los elementos de la estructura. En el diseño de las juntas soldadas se utilizó como referencia la norma AISC 341 para cumplir con los requerimientos antisísmicos.

Se determinó que para las cargas aplicadas en la estructura una columna solamente de acero no soportaría dicha carga y una columna de hormigón es soportaría con unas dimensiones muy grandes. Con lo cual una columna compuesta acero hormigón nos da un elemento capaz de soportar las cargas a la cual la estructura está sometida.

Los elementos de cortante son indispensables en los elementos compuestos ya que transfieren las cargas al hormigón haciendo que trabajen en conjunto con los elementos de acero vigas y columnas.

## RECOMENDACIONES

Con el fin de realizar un buen diseño estructural, es importante seguir todas las recomendaciones de las normativas tanto nacionales como internacionales de construcción compuesta hasta que se cree una norma específica para este sistema constructivo.

Para lograr optimizar los tiempos de montaje será conveniente identificar las operaciones que se puedan realizar en taller, como preparación de elementos, pintura, cortes, control de calidad, etc.

Se deberá realizar un buen control de calidad de las juntas soldadas mediante ensayos no destructivos, comenzando con inspección visual de los cordones de soldadura, seguido de inspección con líquidos penetrantes u otro método complementario. Además se deberá tener en cuenta que los defectos encontrados deben cumplir con lo estipulado en la norma AWS D1.1 para la aprobación de la junta.

Al momento de ensamblar la estructura es importante contar con un plan de seguridad, que contenga todos los equipos necesarios de protección personal, para evitar cualquier incidente durante el proceso de montaje de la estructura de la vivienda.

Será indispensable para el proceso de montaje controlar las dimensiones al momento de realizar los cortes para la fabricación de los elementos, pues esto podría provocar pérdidas tanto de tiempo como de dinero para corregir los defectos encontrados.

Para garantizar un diseño antisísmico de alta resistencia se recomienda utilizar las juntas pre calificadas que están detalladas en las normas AISC 358-10 y AISC 360-10. Garantizando así la formación de la rótula plástica en la viga en caso de falla.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Aguilar Falconí, R. (2013). *Microzonificación Sísmica* (Primera edición ed.). Quito.
- [2] Alacero . (2010). *Especificación ANSI/AISC 360-10 para Construcciones de Acero* . Santiago de Chile, Chile .
- [3] American Institute of Steel Construction . (2010). *Steel Construction AISC Manual Design Considerations for Welds* (Vol. Fourteenth Edition). United States of America.
- [4] ARQHYS. (2015). *ARQHYS ARQUITECTURA*. Recuperado el 10 de Octubre de 2014, de <http://www.arqhys.com/contenidos/estructurales-aceros.html>
- [5] ASCE/SEI 7-05. (2006). *Minimum Desig Loads for buildings and Other Structures*. Reston, Virginia, United States of America.
- [6] AWS D1.1. (2002). *Código de Soldaduras en Estructuras de Acero* .
- [7] CIMEPI. (Agosto 2014). *Segundo Curso Internacional de Diseño de Estructuras Compuestas* (primera edición ed.). Quito.
- [8] Constructor Civil. (2014). *Tips para la Construcción de Edificaciones, Casas Materiales y Equipos de Construcción*. Recuperado el 11 de 05 de 2015, de <http://www.elconstructorcivil.com/2013/07/edificios-cargas-de-viento.html>
- [9] Construido. (2015). *Construido tudo para sua construção e reforma*. Recuperado el 10 de octubre de 2014, de <http://construindo.org/concreto-usinado-precoblocos-e-dicas/>
- [10] EL OFICIAL. (2013). MODERNOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS APLICADOS EN ECUADOR. *EL OFICIAL informacion que construye*.

- [11] Erazo , D., & Ordóñez, L. (Abril 2013). *Diseño del entramado de acero de la estructura soporte del Edificio "Diamante Premiun Corp" Ubicado en la ciudad de Guayaquil*. Quito.
- [12] Grupo El Comercio. (2015). Construcción, sector clave para levantar la economía ecuatoriana en este 2015. *LIDERES*, 10-12.
- [13] HIERROS DURACERO. (2006). *DURACERO MALLAS ELECTROSOLDADAS*. Recuperado el 20 de NOVIEMBRE de 2015, de <http://duracero.com/productos/hierrosyacerosparalaconstruccion/pdf/duracero%203.pdf>
- [14] HOLCIM . (2015). *HOLCIM* . Recuperado el 7 de Octubre de 2014, de CONCRETO : <http://www.holcim.com.mx/productos-y-servicios/concreto.html>
- [15] Hoyos, F. (2014). Conectores de cortante. *ACESCO*, 3-15.
- [16] INGEVOX. (Julio de 2013). *Diseño Estructural para el Proyecto Don Bosco – Loja*. Recuperado el 30 de Marzo de 2015, de <http://www.ingevox.com.ec/analisis-y-diseno-estructural-para-el-proyecto-don-bosco-loja/>
- [17] Lo practico s.r. (2011). *Lo Practico*. Recuperado el 20 de noviembre de 2014, de <http://lopractico.webcindario.com/Estructuras%20con%20novalosa.html>
- [18] Macro steel project. (2010). *Alacero: Módulo de Uniones Apernadas y soldadas*. Santiago: Francis Pfenniger B.
- [19] Martinez Calzon, J., & Ortiz Herrera, J. (1978). *Construcción Mixta Hormigón Acero*. Rueda.
- [20] McCormac, J. (2002). *Estructuras Metálicas Métodoo LRFD*. México: Alfaomega.

- [21] McCracken & Lopez. (2014). *McCracken & Lopez, P.A. Consulting Engineers*. Recuperado el 10 de Enero de 2015, de <http://mccrackenlopez.info/>
- [22] megaconstrucciones.net. (s.f.). *MEGACONSTRUCCIONES.NET*. Recuperado el 2 de octubre de 2014, de 2014: <http://megaconstrucciones.net/?construccion=torre-del-banco-china>
- [23] Navarrete , J. (2003). *Secciones Compuestas de Acero Concreto Metodo LRFD*. Mexico .
- [24] Norma Ecuatoria de la Construcción NEC. (2010). *Cargas Sísmicas Diseño Sismo Resistente* (Vol. III). Quito.
- [25] Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC. (2010). *Cargas (No Sísmicas)* (Vol. III). Quito.
- [26] Novacero. (2014). NOVALOSA Placa Polaborante Galvanizada. *El acero del futuro NOVACERO*, 1-4.
- [27] NTNET Soluciones. (2005). *Acero-deck placa colaborante*. Recuperado el 3 de noviembre de 2014, de <http://www.acero-deck.com/>
- [28] Octavio, A. (2013). Construcción compuesta acero-concreto. *EL ACERO HOY*, 7-8.
- [29] Riba, C. (2002). Diseño Concurrente. En R. Carles, *Diseño Concurrente* (págs. 178-184). España.
- [30] ULMA C y E, S. Coop. (2015). *ULMA Formwork and Scaffolding for construction sites*. Recuperado el 2 de octubre de 2014, de [www.ulmaconstruction.com](http://www.ulmaconstruction.com).
- [31] Universidad Nacional de Colombia. (2014). *Análisis Estructural Avanzado* . Recuperado el 10 de Diciembre de 2014, de [Análisis Estructural Avanzado ttp://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4100685/unidad\\_7/html/cont\\_04.html](http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4100685/unidad_7/html/cont_04.html)

- [32] Valdés, N. I. (2011). *Construcción y tecnología en concreto*. Recuperado el 30 de Marzo de 2015, de <http://www.imcyc.com/revistacyt/nov11/artingenieria.html>
- [33] Wikipedia. (2015). *Hormigón*. Recuperado el 9 de 10 de 2014, de Hormigón: <http://es.wikipedia.org/wiki/Hormig%C3%B3n>



## **ANEXO 1 PLANOS**

## **ANEXO 2 WPS**

## **ANEXO 3 COSTOS PERFILERIA**

**ANEXO 4 RESULTADOS SAP2000**

## **ANEXO 5 PLANOS ARQUITECTONICOS**