



**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES**

**Sistemas constructivos prefabricados empleados en la
construcción de edificaciones**

**Trabajo de grado previo a la obtención del título de:
INGENIERO CIVIL CON ÉNFASIS EN GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES**

**Autor:
ESTEBAN MAURICIO OYERVIDE SOTO**

**Director:
ROBERTO GAMÓN TORRES**

CUENCA, ECUADOR

2017

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de grado a mis padres, Manuel y Gladys, quienes han estado de forma incondicional apoyándome y guiándome durante toda mi formación académica, de igual manera a mis hermanos Juan y Angélica quienes con sus consejos me han dado la motivación necesaria para culminar de la mejor manera mi trabajo de titulación.

Este es un logro de todos nosotros, muchas gracias familia

Esteban Mauricio Oyervide Soto

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
INDICE DE CONTENIDOS.....	iii
INDICE DE FIGURAS.....	xii
INDICE DE TABLAS.....	xv
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: HISTORIA DEL ARTE	4
1.1 Reseña histórica	4
CAPÍTULO II: HORMIGONES PREFABRICADOS	7
2.1 Generalidades.....	7
2.2 Instalaciones de planta	8
2.3 Equipos para la confección del hormigón.....	10
2.3.1 Sistemas de dosificación	10
2.3.2 Hormigoneras.....	11
2.3.3 Sistemas de calidad	12
2.3.3.1 Características de los materiales	12
2.3.3.2 Trabajabilidad del hormigón.....	15
2.4 Equipos para el transporte del hormigón	15
2.5 Equipo de encofrados.....	15
2.5.1 Encofrados de acero	16
2.5.2 Encofrados de madera.....	17
2.5.3 Encofrados de concreto	18

2.6 Equipos para la compactación	18
2.7 Sistemas de curado del hormigón	19
2.8 Equipos para el transporte y carga de las piezas	19
2.9 Almacenamiento	21
CAPÍTULO III: INDUSTRIALIZACIÓN Y TECNOLOGÍA EN LA PREFABRICACIÓN	23
3.1 Concepto	23
3.2 Historia.....	23
3.3 Actualidad	25
3.4 Fabricación de miembros estructurales.....	27
3.5 Construcción de edificaciones	28
CAPÍTULO IV: SISTEMAS CONSTRUCTIVOS PREFABRICADOS Y MIEMBROS ESTRUCTURALES PREFABRICADOS DE HORMIGÓN	30
4.1 Concepto estructural	30
4.2 Procedimientos constructivos	31
4.3 Tipos de sistemas constructivos.....	31
4.3.1 Sistema de prefabricación en hormigón preesforzado	32
4.3.1.1 Clasificación	32
4.3.1.1.1 Pretensado	32
4.3.1.1.2 Postensado.....	33
4.3.1.2 Ventajas y desventajas de la prefabricación en hormigón preesforzado	34
4.3.2 Sistema de prefabricación en acero.....	35
4.3.2.1 Clasificación	36
4.3.2.1.1 Estructura isostática	36
4.3.2.1.2 Estructura hiperestática	36
4.3.2.1.3 Estructura de pórticos con nudos rígidos	36
4.3.2.2 Ventajas y desventajas de la prefabricación en acero	36

4.3.3 Sistemas mixtos	37
4.3.3.1 Clasificación	38
4.3.3.1.1 Profiled composite walls	38
4.3.3.1.1.1 Ventajas y desventajas del sistema mixto profiled composite walls	39
4.3.3.1.2 Columnas de hormigón armado con un perfil de acero embebido en hormigón	40
4.3.3.1.2.1 Ventajas y desventajas del sistema mixto columnas de hormigón armado con un perfil de acero embebidas en hormigón	41
4.3.3.1.3 Columnas tubulares de acero rellenas de hormigón (CFT)	41
4.3.3.1.3.1 Ventajas y desventajas del sistema mixto de columnas tubulares de acero rellenas de hormigón	42
4.3.3.1.6 Columnas de hormigón armado con vigas de acero embebidas	43
4.3.3.1.6.1 Ventajas y desventajas del sistema mixto de columnas de hormigón armado con vigas de acero embebidas	43
4.4 Elementos estructurales	44
4.4.1 Vigas prefabricadas de hormigón	44
4.4.2 Columnas prefabricadas de hormigón	45
4.4.3 Muros	46
4.4.3.1 Tipos de muros prefabricados	46
4.4.3.1.1 Muros prefabricados empotrados	47
4.4.3.1.2 Muros de pantalla prefabricada y zapata in situ	47
4.4.3.1.3 Muros de pantalla prefabricada con tirante y zapata in situ	47
4.4.3.1.4 Muros prefabricados en su totalidad	47
4.4.4 Elementos de losa	48
4.4.4.1 Clasificación	48
4.4.4.1.1 Losas Hollow core	48
4.4.4.1.2 Losas Doble T	49
4.4.4.2 Consideraciones de diseño	50

CAPÍTULO V: CONEXIONES Y RESPUESTA SÍSMICA	51
5.1 Tipos	52
5.1.1 Conexiones húmedas	52
5.1.2 Conexiones dúctiles	53
5.1.3 Conexiones secas	53
5.2 Conexiones utilizadas entre sistemas.....	53
5.2.1 Conexiones del sistema de hormigón pretensado prefabricado	53
5.2.2 Conexiones del sistema prefabricado en acero	54
5.2.3 Conexiones del sistema Profiled composite walls	54
5.2.4 Conexiones del sistema de columnas de hormigón armado con un perfil de acero embebido en hormigón	54
5.2.5 Conexiones del sistema Columnas tubulares de acero rellenas de hormigón (CFT)	54
5.2.6 Conexiones del sistema columnas de hormigón armado con vigas de acero embebidas	54
5.3 Normas de calidad.....	55
5.4 Resistencia a sismicidad	55
5.4.1 Filosofía de diseño sísmico	56
5.4.1.1 Filosofía de diseño sísmico convencional.....	56
5.4.1.1.1 Nivel I	57
5.4.1.1.2 Nivel II	57
5.4.1.1.3 Nivel III.....	57
5.4.1.2 Nueva filosofía de diseño sísmico	57
5.4.1.2.1 Aislamiento sísmico.....	57

CAPÍTULO VI: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL SISTEMA ESTRUCTURAL DE HORMIGÓN ARMADO FUNDIDO EN SITIO Y EL SISTEMA ESTRUCTURAL PREFABRICADO EN HORMIGÓN PRETENSADO

.....	58
6.1 Descripción de la edificación analizada.....	58
6.2 Sistemas constructivos utilizados	58
6.2.1 Sistema estructural en hormigón armado <i>in situ</i>	59
6.2.1.1 Fuerzas de diseño	59
6.2.1.1.1 Determinación del cortante basal.....	61
6.2.1.1.2 Distribución de las fuerzas laterales	65
6.2.1.2 Bases de cálculo para los elementos estructurales	66
6.2.1.2.1 Criterio de diseño de vigas.....	66
6.2.1.2.1.1 Diseño de vigas	67
6.2.1.2.2.2. Cuantía máxima	67
6.2.1.2.2.3 Cantidad de acero de refuerzo.....	67
6.2.1.2.2.4 Verificación.....	67
6.2.1.2.2. Criterio de diseño de columnas	68
6.2.1.2.2.1 Diseño de columnas	69
6.2.1.2.2.2 Cuantía mínima	69
6.2.1.2.2.3 Cuantía máxima	69
6.2.1.2.2.4 Verificación.....	69
6.2.1.2.3 Diseño de losa	70
6.2.1.2.3.1 Cuantía mínima	72
6.2.1.2.3.2 Cuantía máxima	73
6.2.1.2.3.3 Recubrimiento mínimo	73
6.2.1.2.3.4 Verificación.....	73
6.2.1.3 Ejecución de obra.....	74
6.2.1.3.1 Datos generales	75
6.2.1.3.2 Definición de plantas y grupos de plantas	77
6.2.1.3.3 Importación de planos arquitectónicos DXF o DWG a Cypecad	78

6.2.1.3.4 Introducción de columnas para el edificio	80
6.2.1.3.5 Introducción de vigas para el edificio	81
6.2.1.3.6 Introducción de losas para el edificio	84
6.2.1.3.7 Introducción de la cimentación para el edificio	88
6.2.1.4 Procedimiento constructivo	91
6.2.1.4.1 Obras preliminares	91
6.2.1.4.1.1 Desbroce y limpieza del terreno	92
6.2.1.4.1.2 Replanteo y nivelación del terreno	92
6.2.1.4.1.3 Excavación a máquina	92
6.2.1.4.1.4 Movimiento de tierras	92
6.2.1.4.2 Cimentación	92
6.2.1.4.3 Estructuración	93
6.2.1.4.3.1 Columnas	93
6.2.1.4.3.2 Vigas	93
6.2.1.4.3.3 Losas de entrepiso	94
6.2.2 Sistema estructural prefabricado en hormigón preesforzado	95
6.2.2.1 Aspectos generales de diseño.....	95
6.2.2.1.1 Coeficientes de reducción	95
6.2.2.1.2 Diseño de columnas	96
6.2.2.1.2.1 Cálculo de carga y momento de la columna	99
6.2.2.1.2.2 Diseño al destensar el elemento	99
6.2.2.1.2.3 Diseño al transportar el elemento	100
6.2.2.1.2.4 Diseño última resistencia a flexocompresión	100
6.2.2.1.3 Diseño de vigas	105
6.2.2.1.3.1 Cálculo de cargas y momentos	108
6.2.2.1.3.1.1 Producto de la carpeta	109
6.2.2.1.3.1.2 Producto del trabajo	109
6.2.2.1.3.1.3 Producto de la tabiquería	110
6.2.2.1.3.1.4 Producto de la carga viva	110
6.2.2.1.3.2 Pérdidas debido a la fuerza de preesfuerzo	110

6.2.2.1.3.2.1 Pérdida por el acortamiento instantáneo del hormigón al momento de cortar los cables.....	111
6.2.2.1.3.2.2 Pérdida por corrimiento y ajuste de cuñas	112
6.2.2.1.3.2.3 Pérdida por retracción del hormigón.....	112
6.2.2.1.3.2.4 Pérdida por fluencia plástica del hormigón	113
6.2.2.1.3.2.5 Pérdida por relajación del acero de preesfuerzo	113
6.2.2.1.3.3 Análisis de esfuerzos.....	114
6.2.2.1.3.3.1 Al momento de cortar los cables.....	114
6.2.2.1.3.3.2 Al momento de colocar la carga muerta sobre el elemento	115
6.2.2.1.3.4 Resistencia última	116
6.2.2.1.3.5 Verificación de la cuantía de acero	117
6.2.2.1.3.6 Determinación del cortante	118
6.2.2.1.3.7 Deflexiones	119
6.2.2.1.4 Diseño de losas	120
6.2.2.1.4.1 Cálculo de cargas y momentos	123
6.2.2.1.4.1.1 Producto de la carpeta	124
6.2.2.1.4.1.2 Producto del trabajo	124
6.2.2.1.4.1.3 Producto de la tabiquería	125
6.2.2.1.4.1.4 Producto de la carga viva.....	125
6.2.2.1.4.2 Pérdidas debido a la fuerza de preesfuerzo.....	125
6.2.2.1.4.2.1 Pérdida por el acortamiento instantáneo del hormigón al momento de cortar los cables.....	126
6.2.2.1.4.2.2 Pérdida por corrimiento y ajuste de cuñas	127
6.2.2.1.4.2.3 Pérdida por retracción del hormigón.....	127
6.2.2.1.4.2.4 Pérdida por fluencia plástica del hormigón	128
6.2.2.1.4.2.5 Pérdida por relajación del acero de preesfuerzo	128
6.2.2.1.4.3 Análisis de esfuerzos.....	129
6.2.2.1.4.3.1 Al momento de cortar los cables.....	129
6.2.2.1.4.3.2 Al momento de colocar la carga muerta sobre el elemento	130
6.2.2.1.4.4 Resistencia última	131
6.2.2.1.4.5 Verificación de la cuantía de acero	132

6.2.2.1.4.6 Acero máximo.....	133
6.2.2.1.4.7 Cálculo del acero negativo.....	133
6.2.2.1.4.8 Cortante.....	134
6.2.2.1.4.9 Deflexiones.....	136
6.2.2.1.2 Resistencia del hormigón.....	136
6.2.2.2 Procedimiento constructivo.....	137
6.2.2.2.1 Obras preliminares.....	137
6.2.2.2.1.1 Desbroce y limpieza del terreno.....	137
6.2.2.2.1.2 Replanteo y nivelación del terreno.....	137
6.2.2.2.1.3 Excavación a máquina.....	137
6.2.2.2.1.4 Movimiento de tierras.....	137
6.2.2.2.2 Cimentación.....	138
6.2.2.2.3 Estructuración.....	138
6.2.2.2.3.1 Producción de hierros.....	138
6.2.2.2.3.2 Colocación de hierros, cables y encofrado.....	138
6.2.2.2.3.3 Columnas.....	139
6.2.2.2.3.4 Vigas.....	139
6.2.2.2.3.5 Losas.....	139
6.2.2.3 Montaje.....	139
6.2.2.3.1 Secuencia lógica.....	140
6.2.2.3.1.1 Cuadro de elementos prefabricados.....	140
6.2.2.3.1.2 Determinación del tipo de grúa y equipos.....	140
6.2.2.3.1.3 Almacenamiento.....	140
6.2.2.3.1.4 Modo de izaje.....	140
6.2.2.3.1.5 Esquema de planos a elaborar.....	140
6.2.2.3.2 Selección de la grúa y equipos.....	141
6.2.2.3.3 Procedimiento.....	142
6.2.2.4 Uniones.....	143
6.3.2 Cronograma.....	143
6.3.2.1 Cronograma de la edificación prefabricada.....	143
6.3.2.1.1 Obras preliminares.....	144

6.3.2.1.2 Movimiento de tierras	144
6.3.2.1.3 Obras de hormigón in situ	145
6.3.2.1.4 Obras de hormigón simple	145
6.3.2.1.5 Prefabricación	146
6.3.2.1.5.1 Columnas	146
6.3.2.1.5.2 Vigas	147
6.3.2.1.5.3 Losas	148
6.3.2.1.6 Montaje	149
6.3.2.2 Cronograma de la edificación hormigonada in situ	150
6.3.2.2.1 Obras preliminares	150
6.3.2.2.2 Movimiento de tierras	151
6.3.2.2.3 Obras de hormigón.....	151
6.3.2.2.4 Obras de hormigón simple	152
6.3.2.2.5 Estructura	152
6.3.2.2.5.1 NV. + 3.00 m hasta NV. + 15.00 m	153
6.3.2.2.5.2 Cubierta.....	154
6.3.3 Presupuestos.....	154
6.3.2.1 Presupuesto edificación hormigonada in situ	154
6.3.2.2 Presupuesto edificación prefabricada	157
CONCLUSIONES	158
RECOMENDACIONES	160
BIBLIOGRAFÍA	161
ANEXOS	162

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Bancadas, moldes fijos para la elaboración de vigas y losas	9
Figura 2.2 Área de metalmecánica, producción de hierros.....	10
Figura 2.3 Equipos para el almacenamiento y la dosificación de los áridos	11
Figura 2.4 Cemento Portland tipo I.....	13
Figura 2.5 Explotación de áridos y pétreos en el cerro de Tamuga.....	14
Figura 2.6 Encofrados de acero para vigas pretensadas prefabricadas tipo I	16
Figura 2.7 Encofrado de madera para vigas prefabricadas	17
Figura 2.8 Encofrado de concreto, ser molde para losas DT	18
Figura 2.9 Plataforma para el traslado de los miembros estructurales	20
Figura 2.10 Equipo para el montaje de los miembros estructurales prefabricados	21
Figura 2.11 Área de almacenamiento de losetas y losas prefabricadas	22
Figura 2.12 Almacenamiento de vigas tipo I, destinadas a utilizarse en el proyecto de movilidad Tranvía en la ciudad de Cuenca.....	22
Figura 4.1 Viga de hormigón con acero pretensado	33
Figura 4.2 Esfuerzos a los que es sometida una viga pretensada.....	34
Figura 4.3 Variantes de solidarización chapa metálica – hormigón	39
Figura 4.4 Esquema de un Profiled composite wall	39
Figura 4.5 Columnas con perfiles de acero embebidas en hormigón	41
Figura 4.6 Columnas tubulares de acero rellenas de hormigón	42
Figura 4.7 Conexión viga de acero a columna de hormigón armado	43
Figura 4.8 Tipos y dimensiones de vigas prefabricadas de hormigón.....	45
Figura 4.9 Tipos de columnas prefabricadas de hormigón	45
Figura 4.10 Colocación de uno de los paneles que conforman el muro prefabricado	46
Figura 4.11 Losas hollow core.....	48
Figura 4.12 Losas doble T	49
Figura 5.1 Variantes de conexión fuerte	56
Figura 6.1 Zonas sísmicas del Ecuador.....	62
Figura 6.2 Ventana nueva obra, previa a introducir los datos generales	75

Figura 6.3 Datos generales.....	76
Figura 6.4 Ventana de la normativa para el cálculo de la acción sísmica	76
Figura 6.5 Ventana pantalla principal.....	77
Figura 6.6 Ventana introducción de plantas	77
Figura 6.7 Ventana edición y agrupación de plantas con sus respectivas alturas.....	78
Figura 6.8 Ventana gestión de vistas de plantillas.....	78
Figura 6.9 Ventana para cambiar la escala y origen de la plantilla DWG.....	79
Figura 6.10 Ventana principal entrada de columnas.....	80
Figura 6.11 Ventana nuevo pilar, características de forma y dimensiones.....	81
Figura 6.12 Ventana principal con la introducción de las columnas del proyecto	81
Figura 6.13 Ventana Principal, con la pestaña activa de entrada de vigas	82
Figura 6.14 Ventana selección del tipo y sección de las vigas	82
Figura 6.15 Desactivación de capturas	83
Figura 6.16 Disposición de las vigas del edificio	83
Figura 6.17 Vista en 3D de columnas y vigas del edificio	84
Figura 6.18 Ventana gestión de paños	84
Figura 6.19 Ventana gestión de paños	85
Figura 6.20 Ventana gestión paños introduciendo el material de losa	85
Figura 6.21 Ventana gestión paños modificado material y dimensiones de losa	86
Figura 6.22 Peso por unidad de bloque.....	86
Figura 6.23 Ventana forjado losa con el aumento del peso propio.....	87
Figura 6.24 Ventana entrada de ábacos	87
Figura 6.25 Vista en 3D de losas incluidos los ábacos	88
Figura 6.26 Ventana elementos de cimentación	88
Figura 6.27 Ventana definición de un nuevo elemento	89
Figura 6.28 Ventana de selección del tipo de zapata a utilizar.....	89
Figura 6.29 Disposición de las zapatas para cada una de las columnas	89
Figura 6.30 Ventana introducción de vigas centradoras y de atado	90
Figura 6.31 Selección de vigas de atado, dimensiones y acero de refuerzo asignado.....	90
Figura 6.32 Disposición de la cimentación de la estructura	91
Figura 6.33 Disposición de la cimentación de la estructura	91

Figura 6.34 Columna pretensada prefabricada con ménsula	96
Figura 6.35 Esfuerzos actuantes en una columna pretensada prefabricada	97
Figura 6.36 Sección columna pretensada prefabricada.....	97
Figura 6.37 Diagrama de interacción nominal.....	104
Figura 6.38 Diagrama de interacción resistente.....	105
Figura 6.39 Sección losa T.....	120
Figura 6.40 Disposición de columnas y vigas prefabricadas	139

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 6.1 Propiedades del hormigón	59
Tabla 6.2 Propiedades del acero de refuerzo	59
Tabla 6.3 Componentes no estructurales que ejercen sobre la carga muerta.....	60
Tabla 6.4 Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada.....	62
Tabla 6.5 Poblaciones provincia del Azuay y valor del factor Z	63
Tabla 6.6 Coeficiente del suelo S y Coeficiente C_m	64
Tabla 6.7 Tipo de uso, destino e importancia de la estructura.....	64
Tabla 6.8 Distribución del cortante basal	66
Tabla 6.9 Área y centro de gravedad de viga sección T para la losa.....	70
Tabla 6.10 Valores correspondientes al momento de inercia del elemento.....	71
Tabla 6.11 Propiedades del hormigón prefabricado preesforzado.....	95
Tabla 6.12 Propiedades del acero de preesfuerzo	95
Tabla 6.13 Resultados del diagrama de interacción nominal	104
Tabla 6.14 Resultados del diagrama de interacción nominal	105
Tabla 6.15 Área de los elementos que componen la sección compuesta.....	106
Tabla 6.16 Valores correspondientes al momento de inercia del elemento.....	107
Tabla 6.17 Resumen de las pérdidas.....	114
Tabla 6.18 Área de los elementos que componen la sección compuesta.....	121
Tabla 6.19 Valores correspondientes al momento de inercia del elemento.....	122
Tabla 6.20 Resumen de las pérdidas.....	129
Tabla 6.21 Cuadro de control de los elementos prefabricados	141
Tabla 6.22 Duración de la construcción de una edificación prefabricada	144
Tabla 6.23 Obras preliminares y duración.....	144
Tabla 6.24 Tareas de movimiento de tierras y duración.....	145
Tabla 6.25 Tareas de obras de hormigón in situ	145
Tabla 6.26 Tareas de obras de hormigón simple	146
Tabla 6.27 Duración etapa de prefabricación	146
Tabla 6.28 Tareas para la prefabricación de columnas.....	147

Tabla 6.29 Tareas para la prefabricación de vigas.....	148
Tabla 6.30 Tareas para la prefabricación de losas	149
Tabla 6.31 Tareas y duración para el montaje de elementos estructurales	149
Tabla 6.32 Duración para el montaje de la edificación	150
Tabla 6.33 Duración de la construcción de una edificación en sitio	150
Tabla 6.34 Obras preliminares y duración.....	151
Tabla 6.35 Tareas de movimiento de tierras y duración.....	151
Tabla 6.36 Tareas de obras de hormigón.....	152
Tabla 6.37 Tareas de obras de hormigón simple	152
Tabla 6.38 Duración de la etapa de estructuración.....	153
Tabla 6.39 Tareas de la estructura por nivel desde NV. + 3.00 hasta NV. + 15.00.....	153
Tabla 6.40 Tareas de la cubierta	154
Tabla 6.41 Cantidades de hormigón y acero de refuerzo para cimentación	154
Tabla 6.42 Cantidades de hormigón y acero de refuerzo para columnas	155
Tabla 6.43 Cantidades de hormigón y acero de refuerzo para vigas	155
Tabla 6.44 Cantidades de hormigón y acero de refuerzo para losas.....	155
Tabla 6.45 Cantidades de hormigón y acero de refuerzo para edificio de 5 plantas	155

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS PREFABRICADOS EMPLEADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES

RESUMEN

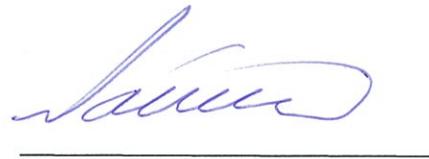
El presente proyecto de investigación trata sobre el estudio comparativo de dos sistemas constructivos, el sistema hormigonado en sitio; y el sistema de hormigón prefabricado para los cuales se realizó el planteamiento y diseño estructural, de un edificio residencial de 18 m de altura con 5 plantas tipo, el cual estará ubicado en la ciudad de Cuenca, Ecuador. El proceso para la modelación estructural se realizará mediante la utilización del software CYPECAD versión 2014. Una vez obtenidas las cantidades de obra, nos permitirán realizar los presupuestos, aplicando cada uno de los precios unitarios y además obtener los tiempos de construcción.

Palabras clave: Edificio, hormigón, miembros prefabricados, cronograma, presupuesto, modelación estructural.



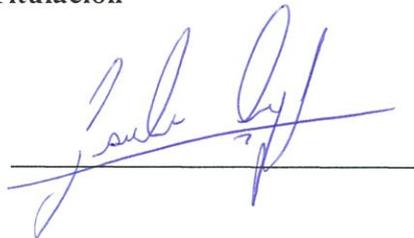
Roberto Gamón Torres

Director del Trabajo de Titulación



Paúl Cornelio Cordero Díaz

Director de Escuela



Esteban Mauricio Oyervide Soto

Autor

PREFABRICATED CONSTRUCTION SYSTEMS USED IN BUILDING CONSTRUCTION

ABSTRACT

This research project deals with a comparative study of two construction systems: the concrete system in place, and the prefabricated concrete system. In order to carry out this investigation, the proposal and structural design of the 18 meter high residential building with 5 type plants that will be located in the city of Cuenca, Ecuador was presented. The process for structural modeling will be carried out using CYPECAD software program version 2014. Once the quantities of work are obtained, it will allow us to make the budgets applying each of the unit prices, and also obtain construction times.

Keywords: Building, Concrete, Prefabricated Members, Chronogram, Budget, Structural Modeling.



Roberto Gamón Torres
Thesis Director



Paúl Cornelio Cordero Díaz
School Director



Esteban Mauricio Oyervide Soto
Author



UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
Dpto. Idiomas



Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

Oyervide Soto Esteban Mauricio

Trabajo de Titulación

Ing. Roberto Gamón Torres. Ph.D

Enero, 2017.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS PREFABRICADOS EMPLEADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES

INTRODUCCIÓN

El crecimiento de las ciudades de América Latina es inevitable, con lo cual el aumento de infraestructura es importante, necesario y debe llevarse de una forma organizada, el crecimiento poblacional de los países en desarrollo de Sudamérica esta alrededor del 1,7% anual, con lo cual se debe prever la debida infraestructura en el menor tiempo posible.

Para la construcción de obras civiles de gran relevancia, los tiempos estimados para su término son altos, tienen mayores costos, por lo cual todas las ciudades de Sudamérica se ven en la necesidad de mejorar sus métodos y tecnologías de construcción; es aquí en donde los sistemas con miembros estructurales prefabricados, tienen vital importancia para buscar las soluciones esperadas, reducir costos, disminución en tiempo de ejecución e incrementar el desarrollo urbano de cada una de las ciudades.

La falta de investigación e innovación de nuevos procesos constructivos, ha hecho que durante décadas en los países en desarrollo, se siga construyendo de la misma manera. Los sistemas constructivos con miembros estructurales prefabricados son una solución más rentable desde el punto de vista económico, reduciendo tiempos de ejecución además de ser la construcción del futuro. Sistemas utilizados hoy en día en países desarrollados con gran crecimiento, obras de infraestructura de gran magnitud e

importancia. Países de primer mundo como Estados Unidos y Alemania, llevan durante décadas empleando sistemas con miembros estructurales prefabricados para sus edificaciones, ellos denominan a la construcción como industrializada, todo se construye en la fábrica para su posterior montaje en el lugar destinado para la obra.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Investigar y evaluar el proceso constructivo, métodos y reducción de costos para edificaciones en países en desarrollo, utilizando sistemas con miembros estructurales prefabricados.

Objetivos Específicos:

- Analizar los sistemas constructivos prefabricados.
- Evaluar edificaciones construidas en países desarrollados, por los diferentes métodos constructivos, su funcionamiento y razón social.
- Ratificar mejoras en las propiedades físicas y mecánicas de los elementos prefabricados mediante ensayos de laboratorio, con muestras tomadas en elementos de hormigón armado in situ y elementos prefabricados.
- Evaluar los tiempos de ejecución de obra, con los diferentes métodos constructivos desde su inicio hasta su término, en base a la elaboración de cronogramas y avances de obra.

CAPÍTULO I

HISTORIA DEL ARTE

1.1 Reseña histórica

Construcción industrializada o prefabricada; es un sistema constructivo basado en la producción en serie de los miembros estructurales, los cuales son diseñados y elaborados para cada obra específica, una vez que finaliza la etapa de montaje, el edificio está culminado desde el punto de vista estructural. En un edificio prefabricado, las operaciones en la obra son esencialmente de montaje y no de elaboración.

A lo largo de la historia tenemos varios precedentes de prefabricación, debido a que cada sociedad debe optimizar los procesos productivos. El primer ejemplo que marcó la construcción industrializada se remonta al siglo XVI, cuando Leonardo da Vinci recibió el encargo de planificar una serie de nuevas ciudades en la región de Loire. Su idea consistió en establecer una fase de producción en el centro de cada una de las ciudades.

Posteriormente se empezó a utilizar a lo largo de dos décadas, la prefabricación basada en sistemas de diseño cerrados, cuyos elementos representativos eran grandes paneles de hormigón, este sistema se fue desarrollando en Europa, especialmente en los países del Este y los países escandinavos. Esto fue debido a la gran demanda de edificación residencial y pocos recursos económicos, que se generaron después de la segunda guerra mundial.

El desarrollo de los prefabricados se origina en forma masiva después de la segunda guerra mundial, con el objeto de reconstruir las ciudades de Europa. Este fue el continente líder en el desarrollo de la prefabricación en el mundo. Para construir viviendas, y también para construir industrias. En el área industrial se dio preferencia al hormigón, ya que el acero era un muy escaso en ese momento. En el área habitacional se buscó un sistema que combinara dos factores muy importantes, la economía y la rapidez

para reconstruir en poco tiempo una gran cantidad de viviendas destruidas. Luego de esta etapa, que duró más o menos 5 años posteriores a la segunda guerra mundial, se produjo un desarrollo más diversificado y el uso de los prefabricados se extendió a todo el mundo, comenzando con Estados Unidos y posteriormente a Latinoamérica.

A finales del siglo XX, la construcción industrializada con sistemas de diseño cerrados quedó obsoleta. Gran parte de los edificios construidos con este sistema, fueron abandonados y demolidos, y la construcción de edificaciones se realizaba mediante sistemas tradicionales.

Mientras tanto, empezó a prosperar la prefabricación de edificios públicos (escuelas, hospitales, oficinas, etc.) y edificios industriales.

La industrialización de la construcción se desarrollaba a base de grandes elementos prefabricados de hormigón. Los avances tecnológicos aplicados a este material permitieron prefabricar miembros estructurales, con variedad de formas y calidades no conseguidas hasta el momento. Hoy en día la prefabricación; o si se le quiere llamar industrialización ocupa un lugar principal en la construcción de edificaciones, brindando ventajas que ningún otro sistema constructivo podría hacerlo. En países desarrollados este método constructivo posee avances tecnológicos importantes, con lo cual su uso es cada vez mayor y más confiable.

Uno de los países pioneros de Latinoamérica para la implementación de estos sistemas estructurales fue Chile, un país que desarrolló estos sistemas de la mejor manera y con los años han ido mejorando sus métodos y tecnologías de industrialización.

En Chile, la prefabricación en hormigón se inició en la década del 50, con sistemas para viviendas de uno y dos pisos; como ejemplo, se puede citar el sistema BETONIT de paneles de 80 cm de ancho y pared de 2 cm de espesor, que se colocan enfrentados en parejas dejando un espacio entre ellos, eran fabricados al vacío por la firma Ignacio Hurtado; otro ejemplo es el sistema CEDESCO, de grandes paneles del tamaño del muro

de una habitación, para viviendas de dos pisos.

En el concepto actual de la economía, más libre y competitiva, el futuro de la prefabricación en hormigón estará en demostrar sus ventajas por sobre las alternativas existentes, sin buscar protecciones especiales, como podría pensarse para la vivienda, en que para desarrollar económicamente grandes fábricas, se requeriría asegurar un mercado estable que necesariamente tendría que ser obligado o cautivo, y que es contrario a las tendencias que hoy parecen aconsejables de alentar, como una competencia leal, más aún, en un área de la economía que es muy diversificada.

En todo el mundo la tendencia es buscar soluciones más flexibles, que produzcan una variedad de posibilidades, evitando la monotonía.

La prefabricación abierta, es decir, la producción de elementos que pueden utilizarse en múltiples proyectos, combinándose con estructuras en sitio o con prefabricados hechos en obra, tiene cabida en esta realidad, sobre todo en este medio en el que se experimentan fuertes variaciones en la actividad de la construcción.

CAPÍTULO II

HORMIGONES PREFABRICADOS

2.1 Generalidades

Está claro que los miembros estructurales prefabricados, son el presente y sobretodo el futuro para la construcción de grandes edificaciones, alrededor de todo el mundo miembros que son trabajados de una forma idónea y con el mayor control de calidad en fábrica. Las edificaciones prefabricadas están compuestas por miembros estructurales repetitivos, de tal manera que muchos de ellos van a realizarse con las mismas dimensiones, resistencia y forma siguiendo los planos estructurales; esto lo convierte en un proceso repetitivo o comúnmente denominado industrializado.

Los hormigones prefabricados están por delante del hormigón in situ, ya que poseen grandes ventajas al comparar el uno con el otro, se va a comenzar con un análisis descriptivo de porqué este sistema estructural de forma prefabricada es mejor:

- Al ser producido bajo estándares mecanizados automáticos, se reduce la posibilidad de error en su fabricación, por obligación tiene que tener las dimensiones indicadas, la resistencia requerida, y todos los procesos para que este miembro estructural, cumpla con la calidad necesaria para poder ser utilizado en el sistema estructural de la edificación.
- Permite tener un mayor avance en cuanto al cronograma pre establecido inicialmente, ya que al ser una edificación prefabricada todos sus componentes ya estarán debidamente fabricados y almacenados, hasta que llegue la fase de montaje.
- Se reduce los costos de una manera significativa mediante este sistema, ya que únicamente se utiliza mano de obra calificada para la fase de montaje de los miembros estructurales.
- Evita el uso de cualquier tipo de encofrados en la obra, reduciendo desperdicios.

2.2 Instalaciones de planta

Las instalaciones para una planta de prefabricados deben cumplir con determinados requerimientos, descritos a continuación: una superficie de producción extensa, un análisis de impacto social, cuidando el medio ambiente y sobre todo con un análisis técnico.

La superficie extensa ayuda principalmente en que se puedan fabricar los elementos sin ningún tipo de inconveniente, desde su fabricación en planta hasta su almacenamiento; el impacto social se realizará con el fin de determinar las posibles consecuencias que tendría, el colocar esta fábrica cerca de zonas pobladas; cuidando el medio ambiente, ya que es uno de los factores más importantes hoy en día, para cualquier tipo de sistema de producción a gran escala, regulado con permisos ambientales y posibles impactos al medio ambiente; el análisis técnico considerado como uno de los más importantes, ya que en este informe se va a describir toda la logística en cuanto a el traslado de la materia prima, y de los miembros estructurales prefabricados culminados hasta el destino final en donde se ejecutará la obra, se debe tener en cuenta que tiene que estar ubicada en una zona de bajo tráfico, y además que tenga fácil acceso para las plataformas que se encargaran del traslado de los miembros estructurales.

El elemento principal va a ser una nave industrial, lo suficientemente grande para poder abarcar toda la maquinaria automatizada, que confeccionará los miembros estructurales prefabricados.

Adicionalmente se tendrán todos los equipos distribuidos de una manera técnica a lo largo de toda la nave industrial, con una distribución adecuada para que se puedan realizar cada uno de los elementos fase por fase, y con los espacios necesarios para que dichos elementos puedan ser maniobrados y trasladados para su almacenamiento.

Entre las instalaciones principales que debe tener la planta de fabricación tenemos:

- Planta de recepción y distribución de áridos.
- Planta de almacenaje y dosificación de áridos.

- Instalación de dosificación de cemento.
- Instalación de dosificación para agua y aditivos.
- Mezcladora contracorriente.
- Sistema de transporte de hormigón.
- Distribuidores de hormigón.
- Sistema de control de proceso.



Figura 2.1 Bancadas, moldes fijos para la elaboración de vigas y losas

Fuente: (Fábrica Carrasco RFV Construcciones, 2015)



Figura 2.2 Área de metalmecánica, producción de hierros

Fuente: (Fábrica Carrasco RFV Construcciones, 2015)

2.3 Equipos para la confección del hormigón

La confección del hormigón se debe realizar bajo los estándares mínimos de calidad, por lo tanto la planta debe estar implementada con los mejores equipos.

2.3.1 Sistemas de dosificación

Se pretende obtener una mezcla entre cemento, agregado fino, agregado grueso, agua y aditivos que posean las características mínimas para que la mezcla cuente con la menor inversión económica, trabajabilidad, resistencia y durabilidad.

Tenemos dos métodos por los cuales se puede realizar la dosificación del concreto, por peso y por volumen.

Dosificación por volumen.- Para obtener la medida de los áridos se necesitan carretillas o cajas dosificadoras, o algún otro elemento de medida, y en donde siempre se debe dosificar en peso o por sacos.

Dosificación por peso.- Le brinda una mayor homogeneidad de partículas a la mezcla con este método, el cemento y los áridos son pesados en básculas.



Figura 2.3 Equipos para el almacenamiento y la dosificación de los áridos

Fuente: (Fábrica Carrasco RFV Construcciones, 2015)

2.3.2 Hormigoneras

Existe una gran cantidad de equipos para la confección del hormigón en la planta de prefabricados, plantas fijas, plantas móviles, con mayor o menor automatización según sea el requerimiento.

En este procedimiento es muy importante conseguir la mezcla óptima en las proporciones necesarias de áridos, cemento y agua. Para la dosificación se deberá tener en consideración la resistencia mecánica requerida, factores asociados a la fabricación y el tipo de ambiente al que estará sometida la puesta en obra.

A continuación se van a describir las hormigoneras utilizadas en la fabricación del hormigón, para miembros estructurales prefabricados.

Mezcladora de hormigón de eje horizontal.- Su funcionamiento radica en el giro de la mezcla en el interior de una cuba cilíndrica fija de eje horizontal, unas paletas elevan por turno pequeñas cantidades de mezcla, que vuelven a caer en la masa cuando la pala está en la parte superior, con este sistema existen dos tipos de mezcladoras, de simple o doble

eje. Su capacidad se encuentra entre 0,5 y 4 m³, con un tamaño máximo de árido admitido de 180 mm, su uso habitual es en la fabricación de morteros.

Mezcladora planetaria a contracorriente.- Es la más utilizada en la planta de prefabricados para obtener un hormigón de mayor calidad. Su funcionamiento radica en unas mezcladoras forzadas de eje vertical, en donde la cuba no es fija, posee un movimiento de rotación contrario al sistema planetario. Las paletas tienen un doble movimiento de rotación, alrededor de su propio eje y alrededor del eje de la máquina.

Mezcladora forzada de tren planetario.- Muy utilizada en los prefabricados y para mezclas muy secas. Consta de una cuba fija, de mayor diámetro que altura, con su eje vertical. En el interior gira suspendido un reductor con un eje de salida de tipo planetario, al que está acoplado un conjunto de paletas. Su capacidad oscila entre 1 y 4 m³. Una duración promedio de un ciclo de amasado, llenado y vaciado es de 90 segundos.

Turbo mezcladora de eje vertical.- Consta de una cuba fija y en el interior de la misma gira un rotor con unos brazos suspendidos elásticamente, y terminados en unas paletas, de forma que hay una gran velocidad periférica constante, del orden de 3 a 4 m/s, las capacidades de estas mezcladoras se encuentran entre 250 y 400 litros.

2.3.3 Sistemas de calidad

La calidad en la confección del hormigón, ya sea el tradicional hormigonado en obra o de miembros estructurales prefabricados va a depender de ciertos factores, si estos factores son controlados y revisados en cada una de las fases previas a la confección del hormigón, se podrá garantizar un sistema correcto de calidad.

2.3.3.1 Características de los materiales

A continuación se detallan los materiales que se utilizan para la confección del hormigón como: cemento, áridos (fino y grueso), agua y aditivos.

Cemento.- Es el material que une todos los componentes que conforman el hormigón, para hormigón estructural se utiliza el cemento Portland, los que podemos mencionar a continuación:

- Tipo I: Fraguado normal
- Tipo II: Propiedades modificadas
- Tipo III: Fraguado rápido
- Tipo IV: Fraguado lento
- Tipo V: Resistente a sulfatos

En dependencia del proyecto que se vaya a ejecutar, se puede elegir el más conveniente para nuestro medio el más utilizado por sus características es el cemento Portland tipo I.

Debe asegurarse que el cemento utilizado en la fabricación del hormigón esté seco y suelto como es originalmente; debe ser almacenado en un lugar seco, cubierto y con ventilación para evitar la humedad.



Figura 2.4 Cemento Portland tipo I

Fuente: www.erritec.com

Áridos.- La mayor parte del volumen del hormigón está constituido por los agregados fino y grueso, por lo cual va a depender en gran medida de ello su comportamiento. Debe existir una buena granulometría de los áridos para ser utilizados en la confección del hormigón; la clasificación del suelo se realiza mediante un juego de tamices que va desde el que tiene mayor abertura tamiz de 3", hasta el que tiene la menor abertura

denominado tamiz No. 200. Los áridos con un diámetro entre 5 mm y 75 mm se clasifican como gruesos (grava); mientras que los áridos con un diámetro entre 0,06 mm y 5 mm se clasifican como finos (arena).

Una mejor granulometría asegura hormigones de mejor calidad y con mayor resistencia el árido grueso puede estar en estado natural o ser triturado previo a su utilización siendo este último el más utilizado, ya que brinda una mayor adherencia con el cemento.

Los agregados deben estar libres de partículas orgánicas, sales, limos y arcillas ya que éstas pueden afectar la reacción química al momento del fraguado.



Figura 2.5 Explotación de áridos y pétreos en el cerro de Tamuga

Fuente: www.eltiempo.com.ec

Agua.- Debe ser en lo posible potable, o de no serlo poder ser apta para el consumo humano, de esa manera podemos garantizar que el agua sea la indicada para la confección del hormigón; no debe ser agua de mar, ya que la sal afecta directamente al acero en el hormigón armado y en el hormigón preesforzado.

Aditivos.- Son compuestos químicos que se colocan en el hormigón para que modifiquen sus propiedades. Existen acelerantes, retardantes y plastificantes, los cuales serán determinados según sea el propósito.

2.3.3.2 Trabajabilidad del hormigón

Hace referencia a la facilidad con la cual se puede trabajar el hormigón fresco a la hora de ser colocado y vibrado en los encofrados; los hormigones con poca trabajabilidad no permiten un adecuado mezclado de todas sus partículas, y tampoco una buena compactación en el encofrado, con lo que se podría reflejar en disminución de la resistencia.

2.4 Equipos para el transporte del hormigón

Para el transporte del hormigón hasta el lugar de vertido se analizará cuatro factores importantes:

- Las características del hormigón.
- Las condiciones de obra.
- Volumen del hormigón.
- Distancia de transporte.

Habitualmente se utilizan dos medios los discontinuos y continuos, con los cuales se coordina de una forma anticipada el volumen de hormigón de llegada con el ritmo de vertido y los medios de compactación.

Transporte discontinuo.- Para este método de transporte se utilizan camiones hormigoneras, camiones volquete, tolvas móviles, cubas, carretillas y más.

Transporte continuo.- Para este método de transporte se utilizan cintas transportadoras y bombeo del hormigón por tubería, mediante la fuerza de bombas a presión, lo suficientemente fuertes para impulsar el peso del hormigón.

2.5 Equipo de encofrados

Los encofrados son sistemas de moldes rígidos de uso temporal o permanente que se utilizan para dar forma al hormigón.

Se tiene que tener en consideración los siguientes aspectos para el uso de los encofrados:

- Los encofrados deben ser lo suficientemente herméticos para evitar la fuga del hormigón.
- Los encofrados deben estar arriostrados o amarrados entre si, de manera que conserven su posición y forma.
- El diseño de los encofrados debe tomar en cuenta los siguientes factores:
 - (a) La velocidad y los métodos de colocación.
 - (b) Todas las cargas de construcción.
- Los encofrados y sus apoyos deben diseñarse de manera que no dañen a las estructuras previamente construidas.

2.5.1 Encofrados de acero

Los encofrados de acero son los más utilizados para la construcción de miembros estructurales prefabricados; debido a que los encofrados de madera generaban una gran cantidad de desechos, y se buscaba tener una mayor durabilidad de los encofrados por el desgaste de la misma manipulación en cada ejecución de obra, además de buscar la mayor calidad en la ejecución de cada miembro estructural.

La ocupación de este tipo de encofrados tiene un alto costo en comparación con los demás, pero nos permite ser utilizado varias veces, conservar las medidas correctas, es más fácil y rápido de montar.



Figura 2.6 Encofrados de acero para vigas pretensadas prefabricadas tipo I

Fuente: www.moldtechsl.es

2.5.2 Encofrados de madera

Los encofrados de madera son utilizados en obras de edificación, esto debido a la forma de la madera y facilidad para armar encofrados, utilizados para las columnas, vigas y bordes; tienen una vida útil muy corta, la gran mayoría de veces se limita a ocuparla una sola vez en la obra, pero por su fácil anclaje sujeta solamente por clavos, puede ser desmontada y ser utilizada posteriormente en otras obras de edificación.

El costo de la madera se definirá por metro lineal, aunque el costo real del encofrado va a depender de la cantidad de madera empleada, del tipo de madera y de la mano de obra utilizada para su construcción.

Los encofrados de madera presentan algunas facilidades: son económicos, de fácil instalación, livianos, de buena resistencia y producen superficies rugosas convenientes para la adherencia del mortero a las columnas y vigas.

Por supuesto presenta ciertas características desfavorables como son: poca vida útil por el uso, se debilita fácilmente por el uso de clavos y tornillos y no es conveniente su utilización para obras de gran relevancia.

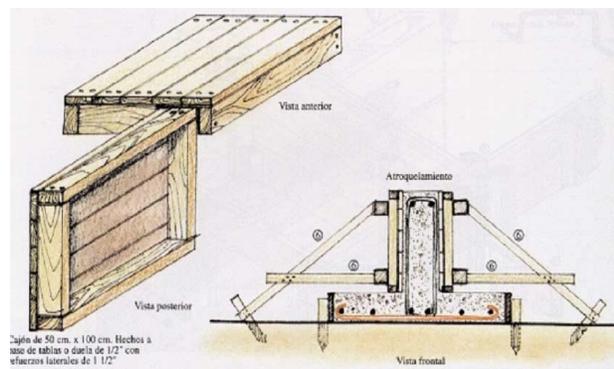


Figura 2.7 Encofrado de madera para vigas prefabricadas

Fuente: www.elconstructorcivil.com

2.5.3 Encofrados de concreto

Consiste en un molde de hormigón monolítico confeccionado sobre el propio suelo, este tipo de encofrado tiene gran durabilidad y permite producir elementos con curvaturas y formas complejas. Su vida útil esta alrededor de 200 usos, ya depende de la calidad en su confección y del mantenimiento que se le brinde.



Figura 2.8 Encofrado de concreto, ser molde para losas DT

Fuente: (Fábrica Carrasco RFV Construcciones, 2015)

2.6 Equipos para la compactación

La importancia de la compactación de la mezcla se debe, a que permite la compacidad y ausencia de poros, derivando grandes beneficios como: mayor resistencia mecánica, disminución de la permeabilidad, menor contracción y economía del cemento; existen métodos manuales y mecánicos:

- Métodos manuales.- El hormigón es acomodado a gravedad simplemente por medio de varillas. Este método ya no se usa actualmente más que para tomar muestras, debido a que los obreros deberían hacer un fuerte gasto de energía y tomaría mucho tiempo, lo cual retardaría el avance de la obra.
- Método mecánico.- Son sistemas de energía producida por motores a combustión, eléctricos o aire comprimido. La elección dependerá del costo y disponibilidad de los equipos.

Entre los sistemas mecánicos más utilizados tenemos:

- Compactación por vibración.- Es el método más utilizado en la actualidad por su eficacia.
- Barras apisonadoras.- Operadas mecánicamente, que se utilizan en algunos miembros prefabricados, como tubos y bloques.
- Compactadores de potencia.- Actúan ejerciendo altas presiones estáticas sobre la superficie de los elementos.

2.7 Sistemas de curado del hormigón

El curado es el proceso por el cual se busca mantener saturado el concreto hasta que los espacios de cemento fresco, originalmente llenos de agua, sean reemplazados por los compuestos de hidratación del cemento. Al no tener un buen proceso de curado el hormigón pierde gran capacidad de resistencia.

Existen algunos métodos de curado: curado con agua, utilizando materiales sellantes y curado al vapor a presión atmosférica.

El curado del hormigón al vapor, es el secado que se realiza a los miembros estructurales prefabricados a una temperatura entre 50 °C y 75 °C, con el propósito de que en el menor tiempo posible, puedan ser manipulados una vez que alcancen la resistencia de diseño.

Este procedimiento se realiza en una cámara de curado en donde se utiliza dispersión de vapor, con el propósito de mantener el 100% de humedad dentro de la cámara. Todo el proceso de curado tiene una duración de 24 horas, dicho tiempo que puede ser reducido con ajustes en la mezcla y aumento de la temperatura de curado; los prefabricados podrían alcanzar una resistencia del 90% en tan solo cuatro días.

2.8 Equipos para el transporte y carga de las piezas

Las instalaciones de planta están adecuadas con grúas móviles, que permiten el fácil anclaje y traslado de los miembros estructurales prefabricados hasta una zona de curado, se debe tener especial cuidado con el traslado, debido a que las piezas se encuentran aún

en estado fresco y no han alcanzado su resistencia máxima de diseño. Los miembros estructurales son diseñados de tal manera que en ciertas zonas claves posean anclajes para su fácil alzado.

Una vez que los miembros estructurales prefabricados han alcanzado su resistencia de diseño, son trasladados al destino de la obra por medio de plataformas, distribuidos de la mejor manera para que los elementos no sufran daños al momento del traslado.

Al tratarse de columnas o vigas van apiladas una sobre la otra, como máximo dos elementos debido a su propio peso y a sus dimensiones. El número de miembros que la plataforma pueda llevar va a depender de las dimensiones de la plataforma, dimensiones de los miembros estructurales y de la capacidad de carga de la plataforma.



Figura 2.9 Plataforma para el traslado de los miembros estructurales

Fuente: (Fábrica Carrasco RFV Construcciones, 2015)

La fase posterior de montaje se realizará por medio de grúas hidráulicas y plumas las mismas, que se encargan de cargar cada uno de los miembros estructurales desde la plataforma.



Figura 2.10 Equipo para el montaje de los miembros estructurales prefabricados

Fuente: (Fábrica Carrasco RFV Construcciones, 2015)

2.9 Almacenamiento

El almacenamiento de los miembros estructurales prefabricados construidos, va a depender de la planificación inicial que contemple el proyecto, es decir si los elementos fueron fabricados con mucha anticipación a la primera etapa de cimentación, éstos serán almacenados en la propia planta de prefabricados en una zona asignada para almacenamiento; conforme la obra avanza con un cronograma pre establecido, las piezas serán llevadas a su destino para ejecutar la fase de montaje de cada uno de los miembros estructurales. Cabe recalcar que por las grandes dimensiones de los prefabricados, se debe enviar a la planta el diseño con mucha anticipación, ya que los miembros serán elaborados individualmente y con un previo diseño de los encofrados.



Figura 2.11 Área de almacenamiento de losetas y losas prefabricadas

Fuente: (Fábrica Carrasco RFV Construcciones, 2015)



Figura 2.12 Almacenamiento de vigas tipo I, destinadas a utilizarse en el proyecto de movilidad Tranvía en la ciudad de Cuenca

Fuente: (Fábrica Carrasco RFV Construcciones, 2015)

CAPÍTULO III

INDUSTRIALIZACIÓN Y TECNOLOGÍAS EN LA PREFABRICACIÓN

3.1 Concepto

Se quiere fusionar la industrialización con la construcción, de manera que esta acción genere grandes beneficios tanto económicos como en seguridad. Actualmente se están desarrollando sistemas que logran industrializar la construcción de una manera idónea, en proyectos que así lo exijan. Por lo tanto podemos definir industrialización como:

- El conjunto de procesos tecnológicos, que se utilizan para poder realizar una secuencia de actividades con el objetivo de tener mejoras en la construcción.
- Industrialización no es igual a prefabricación, la prefabricación es una forma de materializar el proceso de la industrialización en la construcción, pero no la única.
- La prefabricación es un método industrial de producción que fabrica miembros estructurales o partes de una edificación, la cual puede ser en planta o fábrica y para su posterior montaje en el lugar de destino de la obra.

3.2 Historia

La industrialización como tal nace a partir de algunos sucesos y transformaciones que le dieron origen a la edad moderna, más conocida como revolución industrial.

Cabe mencionar que el primer precedente en cuanto a la construcción modular fue creado por Leonardo da Vinci en el siglo XVI, con el fin de crear nuevas ciudades a base de la prefabricación. Para eso en el centro de estas ciudades debía estar ubicada una planta de producción, en donde se elaborarían los módulos prefabricados en serie.

Posteriormente se fueron dando nuevos sucesos que permitieron a la industrialización seguir su curso. En estados Unidos, se empezaron a construir edificios denominados Ballon Frame, siendo la primera construcción de este tipo en 1833, conocida como la iglesia Santa María en Chicago. El Ballon Frame o conocido como estructura globo, está estrechamente ligada al nivel de industrialización que se había alcanzado en los Estados Unidos.

El descubrimiento del hierro como material, permitió lograr una edificatoria industrializada, ya que esto permitiría elaborar elementos estructurales auto resistentes de forma prefabricada, para posteriormente solamente ser ubicados en obra mediante técnicas de ensamblaje.

Un paso agigantado que se da en el avance de la ingeniería civil, es con la construcción del puente de hierro fundido Iron Bridge, construido por John Wilkinson y Abraham Darby entre los años 1775 y 1779.

La historia continuó su curso con grandes invenciones, y trabajos en hormigón armado año tras año los ingenieros y arquitectos lograban proyectos innovadores para la época. En 1889, en los Estados Unidos apareció la primera patente de una edificación prefabricada, basada en módulos tridimensionales en forma de cajón por parte de Edward T. Potter.

En el año de 1891, se construye el primer forjado de vigas prefabricadas a cargo de Francois Coignet. A finales del siglo XIX y principios del XX, los ensayos con hormigón pretensado empezaron a tener resultados favorables para la construcción, debido a que el hormigón era un material inerte, pasivo y que no resistía esfuerzos a tracción; por lo tanto la idea principal del pretensado es someter a compresión al hormigón antes de cargarlo, en toda la zona que va a estar sometida a cargas de tracción. Europa, los países del este y los países escandinavos especialmente, tuvieron gran desarrollo en cuanto a prefabricación, basados en sistemas de diseño cerrado, siendo sus

principales componentes grandes paneles de hormigón; esto se dio debido a la gran demanda de vivienda que existió después de la segunda guerra mundial.

Tras algunos años de prefabricación a base de sistemas cerrados, existen cambios evolucionan hacia fórmulas más flexibles, se crean nuevas técnicas de prefabricación abierta.

3.3 Actualidad

Con el pasar de los años, las nuevas prácticas constructivas y con los cambios en los procesos tecnológicos, la industrialización de la construcción en la actualidad está muy bien posicionada; factores como mejorar la calidad, reducir desperdicios, ahorro de tiempo y disminución de costos han obligado a que la construcción tome un paso agigantado hacia la mejora de sus componentes. Está claro que la industrialización de la construcción ha tenido mejoras indiscutibles, pero si se compara con la industrialización de otros elementos, está claramente por detrás de esos procesos industrializados; un factor inevitable en la prefabricación de miembros estructurales es el ser humano, con lo cual los errores no se pueden reducir por completo, pero con la industrialización se ven mejoras significativas si lo comparamos con el hormigonado in situ.

Estados Unidos

Características del país:

- Mercado dominado por pequeñas empresas de construcción tradicional de prefabricación ligera de madera.
- Experiencia histórica en casas prefabricadas.
- Iniciativas vigentes en beneficios de la industrialización de la edificación.
- Existe un gran número de catálogos clasificados con soluciones prefabricadas.

Factores que favorecen la industrialización:

- El alto costo de la mano de obra.
- Producción más rápida y eficiente con mayor rentabilidad.

- Reducción de plazos de ejecución mediante el empleo de componentes prefabricadas.

Japón

Características del país:

- Coexistencia entre soluciones de prefabricación abierta y cerrada.
- Condiciones favorables económicas e institucionales.
- Cadenas de producción basadas y adaptados de otros sectores posicionados como del automóvil.
- La impronta de las soluciones TOYOTA Home, viviendas de calidad, resistentes a terremotos y eficientes energéticamente en 2005 produjo 4.600 viviendas.
- Cambio de mentalidad del benefactor respecto a la prefabricación.
- Cero emisiones de CO2, alta eficiencia energética y sostenibilidad.
- Alta calidad del producto.
- Preocupación por la compatibilidad industrialización- diseño personalizado.

Reino Unido

Características del país:

- Estudio y muestras de propuestas innovadoras impulsadas por el Building Research Establishment (BRE).
- Interés en el Reino Unido en proyectos de investigación sobre procesos de pre-ensamblajes.
- Grandes inversiones en proyectos de investigación y desarrollo en pre-ensamblaje en la construcción.

España

Características del país:

- Bajo grado de industrialización del sector de vivienda.
- Desequilibrio entre la elevada producción de viviendas y escaso impulso en el proceso de industrialización.

América Latina

El crecimiento de la industrialización de la construcción en los países de Latinoamérica es muy bajo en comparación con los países desarrollados, existe poca inversión en sistemas tecnológicos, falta de investigación sobre nuevos procesos constructivos aplicables a edificaciones y sobre todo los países en desarrollo no aceptan por completo a la prefabricación como un método constructivo consolidado y efectivo.

Los países de Latino América poseen un alto Producto Interno Bruto (PIB) en el sector de la construcción, siendo Brasil, México y Argentina los países con mayor generación de infraestructura, pero de la misma manera se mantienen con los métodos constructivos tradicionales.

3.4 Fabricación de miembros estructurales

Son procesos tecnológicos a los cuales se remite la prefabricación de miembros estructurales, mediante una secuencia de sistemas aplicables a la construcción de edificaciones.

En los países en desarrollo como son los pertenecientes a América Latina, usan una de las tecnologías en prefabricación más solicitadas y sencillas, que es por medio de componentes industrializados, dicha tecnología está basada en cuatro procesos que se describen a continuación:

Sistemas cerrados .- Los elementos se fabrican conforme a especificaciones internas del propio sistema; responden únicamente a reglas de compatibilidad interna y el proyecto arquitectónico, ha de subordinarse en forma no necesariamente sumisa a los condicionantes del sistema.

Empleo parcial de componentes.- La gama de productos y prestaciones es más o menos fija, admitiéndose ciertas variaciones dimensionales o de pequeña entidad; su empleo no requiere un grado de industrialización determinado, de sus realizaciones y pueden utilizarse en obras o proyectos claramente tradicionales.

Sistema tipo mecano.- Son resultado de la evolución hacia una apertura acotada de los sistemas cerrados, preparados para combinarse en múltiples soluciones suministradas por distintos productores, que respetan voluntariamente un lenguaje combinatorio definido y acotado.

Sistemas abiertos.- Constituidos por elementos o componentes de distinta procedencia aptos para ser colocados en diferentes tipos de obras, industrializadas o no, y en contextos diversos. Suelen valerse de juntas pretenciosamente universales; gamas modulares acotadas; flexibilidad de proyecto prácticamente total, etc.

3.5 Construcción de edificaciones

Al hacer referencia a tecnologías en la construcción de edificaciones, estamos identificando los procesos innovadores, que han ido evolucionando en los últimos años hasta posicionarse como requerimientos indispensables en una edificación. A continuación podemos mencionar los siguientes:

Fachadas ligeras.- Son aquellas que pesan menos de 100 kg/m^2 y que no son portantes. Su función primordial es la de separar el interior y el exterior de un edificio conservando las condiciones interiores necesarias, para el funcionamiento apropiado del mismo. Estas fachadas deben satisfacer exigencias en cuanto al aspecto de resistencia, ya que es la razón de su utilización, siendo más caras y menos duraderas que las fachadas tradicionales o prefabricadas pesadas.

Dentro de fachadas ligeras se pueden mencionar los siguientes elementos:

- Muros cortina
- Muros cortina verticales
- Fachadas paneles

Módulos ligeros.- Son elementos en forma de cajas, células o elementos tridimensionales. Entre los materiales comúnmente utilizados se encuentra el metal, la madera y sus derivados, los plásticos y paneles de tabla yeso.

Mecanos ligeros.- Son sistemas de construcción que emplean elementos sacados de catálogo. Los mecanos ligeros están compuestos por un armazón de perfiles pequeños o hierro laminado plegado, y de fachada ligera que por lo general utiliza una armazón metálica. Este tipo de sistema es comúnmente empleado en construcciones de oficinas y escuelas por su rapidez de montaje y por la posibilidad de poder ser elegido antes de comprarlo.

Estructura en plástico.- Está conformada principalmente por policloruro de vinilo (PVC), resina más versátil de la familia de los plásticos, con características termoplásticas. También es usado el poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRV).

El mayor uso de estas estructuras está destinada a cubiertas plásticas debido a que se les puede dar formas complejas, en particular curvaturas dobles, que conformarán láminas auto portantes.

Grandes paneles de hormigón.- Estos elementos han ido evolucionando a la par con la maquinaria disponible en obra, a medida que la maquinaria pesada permita maniobrar componentes de mayor peso. Estos paneles estaban orientados a cubrir grandes áreas y por consiguiente reducir la cantidad de juntas.

Las exigencias requeridas por éstos son prácticamente las mismas requeridas por los paneles ligeros, como que sea térmica, acústica, de aspecto, durabilidad y economía de mantenimiento, estabilidad al fuego, entre otras.

Algunos factores importantes a considerar al trabajar con paneles son:

- Fabricación de los paneles.
- Transporte de los paneles.
- Elevación de los paneles.
- Colocación de los paneles.

CAPÍTULO IV

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS PREFABRICADOS Y MIEMBROS ESTRUCTURALES PREFABRICADOS DE HORMIGÓN

4.1 Concepto estructural

Para cualquier tipo de sistema constructivo su funcionabilidad radica en su estructura como tal, ya que la estructura de la edificación va a ser quien soporte su propio peso, y quien resista a fuerzas exteriores como: fuerzas, momentos y condiciones térmicas. La resistencia de la estructura va a depender de algunos factores a analizar, como su forma, materiales y diseño estructural.

Para el diseño estructural en la construcción de edificaciones, sea cual sea el sistema constructivo empleado, se debe tomar consideraciones previas a su ejecución, como: tipo de suelo sobre el que se va a cimentar, tipo de cimentación, dimensiones de la cimentación, dimensiones de los miembros estructurales, tipo de edificación, carga viva, carga muerta, entre otras.

La forma de la estructura puede mayorar o minorar las condiciones de servicio de la misma, ya que estructuralmente siempre van a ser mejores formas cuadradas o rectangulares en la cual su centro de gravedad se encuentre en el centro de la estructura.

Los materiales juegan un papel importante dentro de la concepción de la estructura, se mantiene que a mayor calidad de los materiales mayor calidad de la estructura, y al tener una mayor calidad de la estructura, significa que la estructura es capaz de soportar igual o mayores cargas de servicio para las cuales fue diseñada la estructura.

4.2 Procedimientos constructivos

Dependiendo del sistema constructivo a utilizarse se va a seguir una serie de procedimientos, todos empiezan con un objetivo inicial y terminan con la ejecución del proyecto. Los procedimientos constructivos giran en torno a tres factores fundamentales que son: mano de obra, materiales y equipo/maquinaria; para lo cual un estudio a fondo de dichos procedimientos ayudarían a un menor desperdicio de recursos materiales y humano.

Mano de obra.- De este factor va a depender en gran medida el avance del proyecto, ya que aquí se analiza el rendimiento y la rapidez de los trabajos de construcción, ya que con un correcto cronograma de actividades se va a evaluar la planificación, cantidad y la calidad de la mano de obra, de ser necesario utilizar mano de obra especializada.

Los materiales.- Dentro de este factor influyen algunos agentes que potencian la mejora del sistema constructivo, la selección de los materiales va a determinar la resistencia y calidad de la obra, además de influenciar directamente en el costo final de la obra.

Equipo/ Maquinaria.- Su análisis previo a la ejecución de la obra es importante ya que de este factor depende en gran medida el avance sin retrasos, poder disponer de todo el equipo necesario en el momento indicado, las características de dicho equipo y maquinaria van a estar ligadas a las características físicas y técnicas del proyecto.

Todos estos factores influyen de manera directa, para que el proyecto se ejecute en el menor tiempo posible y con los menores costos manteniendo la calidad, dependiendo del tipo de sistema constructivo a considerar, varía la cantidad y el tipo de maquinaria.

4.3 Tipos de sistemas constructivos

Los sistemas constructivos prefabricados se pueden clasificar según su procedimiento constructivo, entre los cuales podemos mencionar los siguientes:

4.3.1 Sistema de prefabricación en hormigón preesforzado

El hormigón reforzado es de entre todos los sistemas el más utilizado y desarrollado, ya que aprovecha de la mejor manera las características de la resistencia a compresión, durabilidad, resistencia al fuego y moldeabilidad del hormigón, además que al ser combinado con el acero, produce alta resistencia a la tensión y ductibilidad del mismo formando un material compuesto que combina lo mejor de los dos materiales.

El hormigón preesforzado pertenece al hormigón reforzado, el cual funciona creando intencionalmente una serie de esfuerzos permanentes en una estructura, con el fin de mejorar su comportamiento y resistencia bajo condiciones de servicio y resistencia.

Los principios y técnicas del preesforzado se han aplicado a estructuras de diferentes tipos y materiales.

4.3.1.1 Clasificación

4.3.1.1.1 Pretensado

Aquí los tendones se tensan antes de colocar el hormigón, los tendones son una especie de cables torcidos formados con varios torones de varios alambres cada uno, se tensan entre apoyos fijos que forman parte de la bancada que es fundida a la cimentación, y forma parte del área de producción. En donde se mide el alargamiento de los tendones, así como la fuerza de tensión aplicada por los gatos.

Se usa hormigón de alta resistencia a corto tiempo, el curado se realiza con vapor de agua, para acelerar el endurecimiento del hormigón. Una vez que se ha logrado la suficiente resistencia, se alivia la presión en los gatos hidráulicos, el preesfuerzo es transferido al hormigón por adherencia, en mayor cantidad cerca de los extremos de la viga y no necesita ningún tipo de anclaje especial. En la figura 4.1 se representan los diagramas de tensiones normales debidas al efecto del pretensado, suponiendo que en la sección transversal situada en el centro de luz el acero está sometido a una carga axial N.

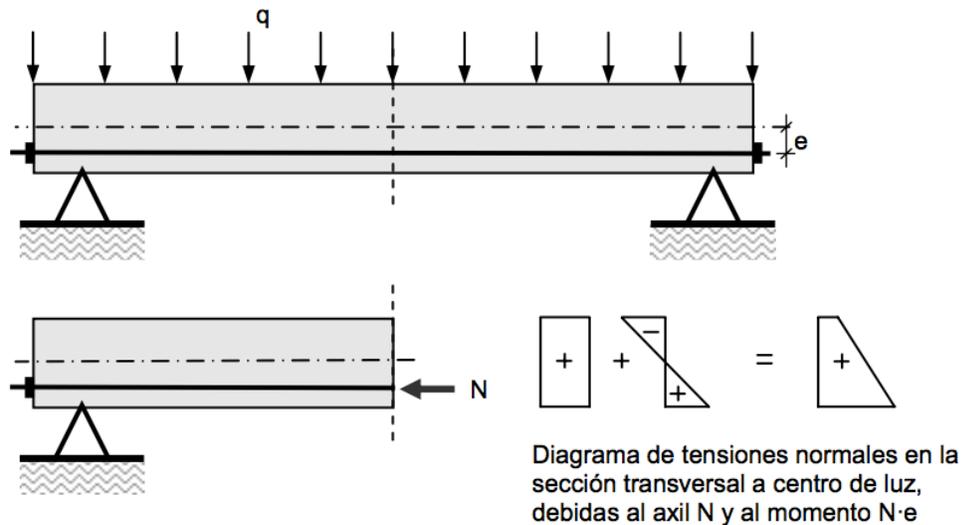


Figura 4.1 Viga de hormigón con acero pretensado

Fuente: (Luis Enrique Hernández, 2007)

Se debe lograr que las tracciones que producirán las cargas de servicio se reduzcan al máximo.

Características del pretensado:

- Pieza prefabricada.
- El preesfuerzo se aplica antes que las cargas.
- El anclaje se da por adherencia.
- La acción del preesfuerzo es interna.
- El acero tiene trayectorias rectas.

4.3.1.1.2 Postensado

Este método funciona de tal manera que el tendón que va dentro de unos conductos colocados en el miembro estructural y es tensado después de que el hormigón se ha fraguado. Así el preesfuerzo es casi siempre ejecutado externamente contra el hormigón endurecido, y los tendones se anclan contra el propio hormigón inmediatamente después del preesforzado. Los tendones pueden ser alambres paralelos atados, cables torcidos en torones o varillas de acero.

La tensión se evalúa midiendo tanto la presión del gato como la elongación del acero; los tendones se tensan todos a la vez. Normalmente se rellenan de mortero los ductos de los tendones después que éstos han sido esforzados, con bombeo a alta presión hasta que aparezca el mortero al otro extremo de la viga.

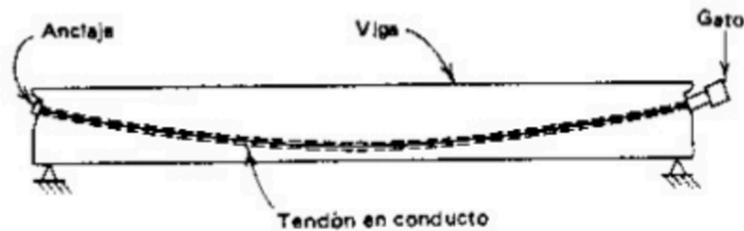


Figura 4.2 Esfuerzos a los que es sometida una viga pretensada

Fuente: www.es.slideshare.net

Características del postensado:

- Pieza prefabricada o colada en sitio.
- Se aplica el presfuerzo después del colado.
- El anclaje requiere de dispositivos mecánicos.
- La acción del preesfuerzo es externa.
- La trayectoria de los cables puede ser recta o curva.
- La pieza permite continuidad en los apoyos (elemento hiperestático).

4.3.1.2 Ventajas y desventajas de la prefabricación en hormigón preesforzado

Ventajas:

- Mejores materiales a utilizar
- Mayor calidad
- Curado con vapor
- Se optimizan tiempos muertos en obra, para la fabricación de los elementos
- Menor mano de obra
- Se optimizan tiempos de ejecución
- Mejores acabados

- Uso continuo de los moldes metálicos existentes
- Eficiencia en la utilización del hormigón
- Reducción de secciones hasta un 30%
- Reducción de acero de refuerzo a cantidades mínimas
- Aligeramiento de la estructura
- Menor peso de cimientos
- Disminuye los efectos de sismo
- Dimensionar las fuerzas reactivas del preesfuerzo con gran precisión
- Controlar deflexiones de los elementos estructurales dentro de límites aceptables

Desventajas:

- Mayores detalles especificados en los planos de construcción
- Mayores tiempos en la etapa de planificación
- Se necesita maquinaria pesada
- Mano de obra especializada
- Grandes espacios para maniobrar maquinaria
- Se manejan grandes pesos

4.3.2 Sistema de prefabricación en acero

Al hablar de los sistemas estructurales de acero hablamos de “estado límite”, que hace referencia a las condiciones de la estructura que se deben cumplir.

Tenemos los estados de resistencia y servicio.

Estado de resistencia.- Es la seguridad de la estructura, como la capacidad máxima de trabajo, ductibilidad, fatiga, fractura, torsión y deslizamiento de la misma.

Estado de servicio.- Es la ocupación de la estructura, como deflexiones, vibración, deformaciones permanentes y rotura.

4.3.2.1 Clasificación

Las estructuras formadas por miembros estructurales de acero se pueden clasificar de la siguiente manera:

4.3.2.1.1 Estructura isostática

Son estructuras que permiten ser resueltas por medio de las ecuaciones fundamentales de la estática, en la cual la sumatoria de las fuerzas verticales, horizontales y de momento es igual a cero.

$$\Sigma Fy = 0$$

$$\Sigma Fx = 0$$

$$\Sigma Mo = 0$$

4.3.2.1.2 Estructura hiperestática

Esta estructura está conformada por marcos de diferentes luces, con reacciones en ambos lados de los apoyos, y que para resolverlas hay que considerar la compatibilidad de las deformaciones en los puntos de apoyo.

4.3.2.1.3 Estructura de pórticos con nudos rígidos

Este tipo de estructura tiene un comportamiento mecánico similar al de las estructuras de hormigón, resolviendo satisfactoriamente las acciones horizontales. El nudo rígido permite el giro, es decir, las columnas y las vigas mantienen ángulos invariables después de la deformación.

4.3.2.2 Ventajas y desventajas de la prefabricación en acero

Ventajas:

- Alta resistencia por unidad de peso.
- Las propiedades del acero no varían considerablemente con el paso del tiempo.
- Rapidez de la fase de montaje.
- Reducción de plazos de ejecución de obra.
- Gran capacidad de laminarse, diferentes tamaños y formas.

- Luces mayores entre apoyos.
- Alturas mayores.
- Menos carga muerta.
- Alternativas de construcción liviana.
- Posibilidad de construir en terrenos de baja capacidad de soporte.
- Ofrece mejor respuesta a tipo de cargas sísmicas ocasionales.
- Construcción seca.
- Bajo nivel de ruido y polvo.
- Bajo nivel de escombros y desechos.
- Fácil desmantelamiento o demolición.

Desventajas:

- Constante mantenimiento de las estructuras debido a que es susceptible a la corrosión en ambientes agresivos, lo cual implica costos adicionales.
- Aumento en el costo de la estructura debido a que se debe proteger contra el fuego, debido a que al aumentar la temperatura su resistencia disminuye.
- Tienen mayor susceptibilidad al pandeo, hay que tener en consideración dos factores importantes en estos miembros estructurales que es la longitud y la esbeltez, que afectan de gran manera en la utilización del acero en las columnas.
- Necesidad de mano de obra especializada.
- Uso de equipo pesado costoso para el izaje.
- Control de calidad muy riguroso.

4.3.3 Sistemas mixtos

Consiste en un sistema estructural que une dos o más materiales de construcción, para formar la estructura definitiva del edificio. Según el Eurocódigo 4 define a los sistemas mixtos como la unión de elementos compuestos, que describe como “Miembro estructural con componentes de hormigón y perfiles de acero estructurales conformados en frío, interconectados con conexiones a corte que limitan el deslizamiento longitudinal entre los miembros de concreto y acero, y la separación de un componente del otro”.

Al ser sistemas que combinan dos materiales distintos de debe controlar lo siguiente:

Estados límite de falla:

- ✓ Falla del hormigón a compresión.
- ✓ Fluencia del acero a tracción.
- ✓ Pérdida de acción compuesta entre acero y hormigón.
- ✓ Inestabilidad global.

Estados límite de servicio:

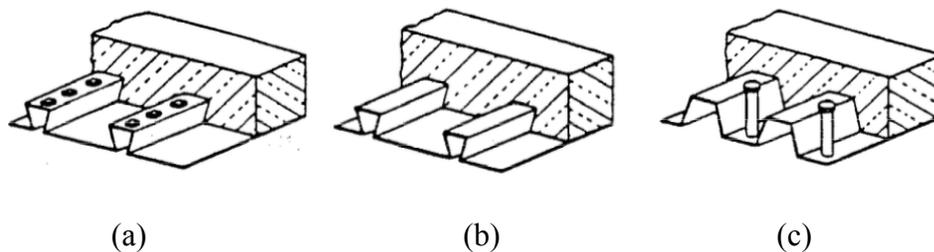
- ✓ Fisuración excesiva.
- ✓ Deformaciones excesivas.

4.3.3.1 Clasificación

4.3.3.1.1 Profiled composite walls

Este sistema se basa en un esqueleto metálico (columnas y vigas de acero), en el que para elementos horizontales (losas) se dispondrán forjados mixtos con perfiles laminados en frío, mientras que para los elementos verticales (muros), se fijan a la estructura los perfiles conformados en frío por medio de conectores, al mismo tiempo que la estructura es construida se efectúa un llenado de los perfiles, creando un muro resistente de hormigón y acero.

Se debe garantizar un trabajo conjunto entre el hormigón y el acero tanto para los elementos con disposición horizontal, como para los elementos con disposición vertical con el fin de que trabaje como un solo elemento estructural. Esto se realiza mediante conectores, que se pueden disponer de la siguientes maneras:



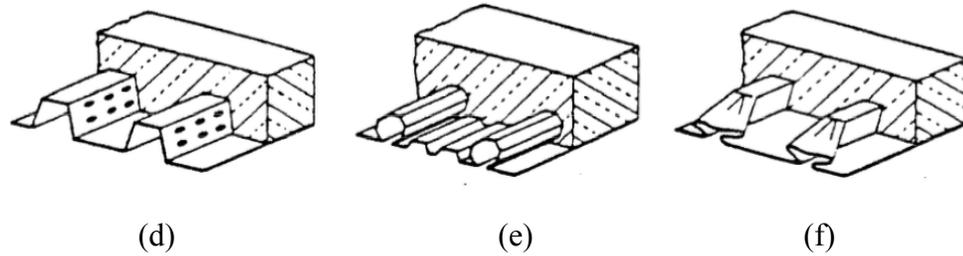


Figura 4.3 Variantes de solidarización chapa metálica – hormigón

Fuente: (Eurocódigo 4, 1992)

- ✓ (a) Muestras en alas
- ✓ (b) Ángulos agudos
- ✓ (c) Pernos
- ✓ (d) Engarce mecánico
- ✓ (e) Adherencia por fricción
- ✓ (f) Anclaje extremo

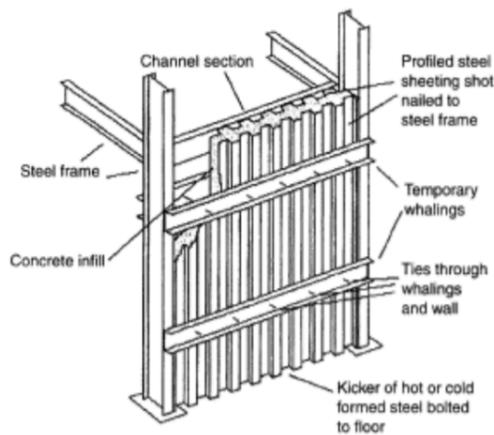


Figura 4.4 Esquema de un Profiled composite wall

Fuente: (Wright, 1999)

4.3.3.1.1 Ventajas y desventajas del sistema mixto profiled composite walls

Ventajas:

- Los perfiles conformados sirven como encofrado permanente para un muro de hormigón.

- Reducción de costos al frente de utilizar un sistema de encofrado de madera, debido a que proporciona un refuerzo al muro y elimina la necesidad de refuerzo adicional.
- Instalación rápida.
- Reduce los costos de trabajo en sitio.
- Reducción de espesores en los muros.
- Reducción del peso propio de la estructura y por lo tanto de la carga muerta a la cimentación.
- Recomendado para la rehabilitación de edificios existentes.

Desventajas:

- Que el reducir los espesores puedan generar fenómenos de inestabilidad en los perfiles conformados en frío.
- Especial cuidado con a selección de perfiles laminado en frío, debido a que perfiles con un valor inferior o igual a 500 Mpa no son utilizables.
- La metodología hormigón-acero puede tener un complicaciones, debido que no se considera ningún tipo de conector entre ellos, lo que no garantiza por completo un trabajo en conjunto entre ambos materiales.

4.3.3.1.2 Columnas de hormigón armado con un perfil de acero embebido en hormigón

Normalmente las secciones son cuadradas o rectangulares, en donde el refuerzo longitudinal se coloca en las esquinas, colocando estribos a lo largo de la columna. Los estribos van a ser abiertos y en forma de U, ya que de no ser así intervendría con la continuidad del perfil de acero que se encuentra embebido en el hormigón. El diseño de estos elementos se basa en el ACI.

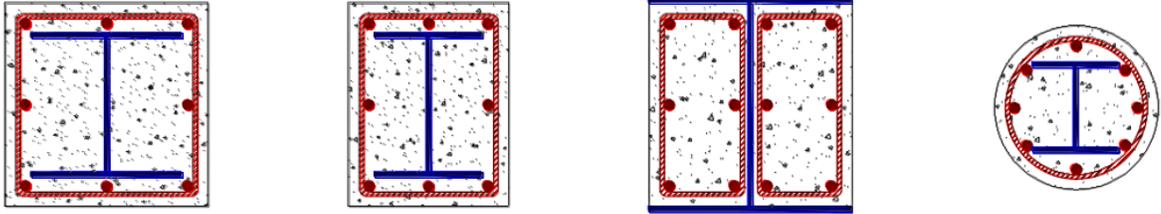


Figura 4.5 Columnas con perfiles de acero embebidas en hormigón

Fuente: (Sebastián Navarro, 2012)

4.3.3.1.2.1 Ventajas y desventajas del sistema mixto columnas de hormigón armado con un perfil de acero embebidas en hormigón

Ventajas:

- Al rellenar las columnas con hormigón proporciona a los perfiles una mayor rigidez.
- Presentan mayor resistencia a los momentos laterales en edificios de gran altura.
- Al combinar con acero de refuerzo reduce de mejor manera las deflexiones laterales.
- Al utilizar perfiles de acero hace que la estructura sea más ligera y con gran resistencia, lo que me permite reducir el tamaño de la cimentación.
- Al poseer un núcleo de hormigón aumenta la capacidad de resistencia al fuego.
- El sistema tubular sirve como encofrado.

Desventajas:

- Grandes dimensiones de las columnas
- El armado del hierro longitudinal y de los estribos se vuelve más complejo
- El hormigón debe tener una correcta plastificación para lo cual utiliza mayor contenido de cemento y agregado fino.

4.3.3.1.3 Columnas tubulares de acero rellenas de hormigón (CFT)

Este sistema consiste en columnas tubulares de acero, pueden ser cuadradas, rectangulares o circulares, donde en su interior se coloca el acero de refuerzo longitudinal y los estribos correspondientes a lo largo de todo el elemento,

posteriormente es vertido con hormigón con la dosificación preestablecida. Para formar el sistema estructural como tal se utilizan vigas de hormigón armado fundidas en sitio. El cálculo de las columnas tubulares rellenas de hormigón, se realiza bajo las consideraciones de diseño del Eurocódigo 4.

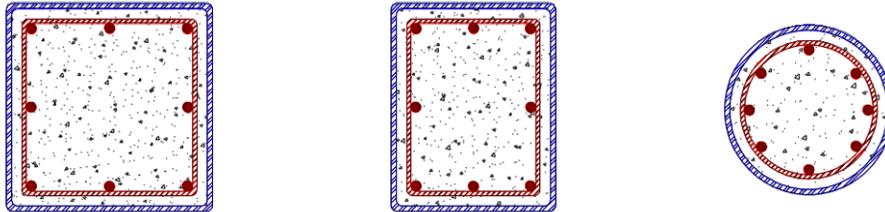


Figura 4.6 Columnas tubulares de acero rellenas de hormigón

Fuente: (Sebastián Navarro, 2012)

4.3.3.1.3.1 Ventajas y desventajas del sistema mixto de columnas tubulares de acero rellenas de hormigón

Ventajas:

- Mayor resistencia al pandeo local
- Mejor confinamiento del hormigón
- Menor construcción en obra
- Aumenta la capacidad de resistencia al fuego
- El costo del sistema es compensado con los beneficios que le provee estructuralmente

Desventajas:

- Es más complejo determinar los desplazamientos y la rigidez del sistema
- Una coordinación de forma simultánea con los proveedores de los dos materiales a utilizar, hormigón y acero
- Tener un conocimiento más profundo del sistema para su correcta aplicación

4.3.3.1.6 Columnas de hormigón armado con vigas de acero embebidas

El sistema utiliza columnas de hormigón armado que pueden ser prefabricadas u hormigonadas *in situ*, un sistema mixto con el objetivo de poder combinar, la resistencia a compresión de las columnas y la resistencia a flexión de las vigas de acero, las mismas que estarán embebidas en las columnas para formar pórticos rígidos como si se tratara de un sistema aporticado de hormigón.

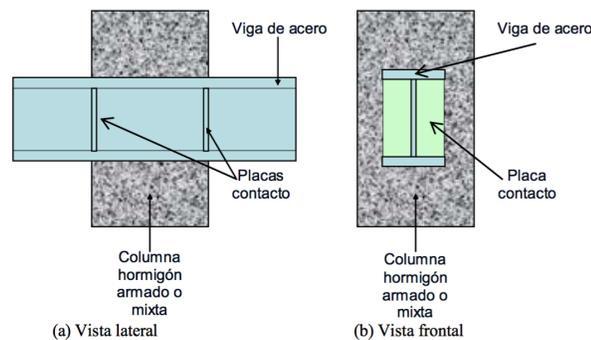


Figura 4.7 Conexión viga de acero a columna de hormigón armado

Fuente: (Herrera R. A., 2008)

4.3.3.1.6.1 Ventajas y desventajas del sistema mixto de columnas de hormigón armado con vigas de acero embebidas

Ventajas:

- Alta resistencia a compresión.
- Alta resistencia a flexión.
- Las propiedades del acero no varían considerablemente con el paso del tiempo.
- Rapidez de la fase de montaje.
- Reducción de plazos de ejecución de obra.
- Luces mayores entre apoyos.
- Menos carga muerta.
- Ofrece mejor respuesta a tipo de cargas sísmicas ocasionales.

Desventajas:

- Mantenimiento de los miembros estructuras horizontales debido a que es susceptible a la corrosión en ambientes agresivos.
- Se debe proteger contra el fuego.
- Necesidad de mano de obra especializada.
- Uso de equipo pesado para la colocación de las vigas.
- Control de calidad en la conexión de los elementos.

4.4 Elementos estructurales

4.4.1 Vigas prefabricadas de hormigón

Las vigas prefabricadas se realizan de diferentes dimensiones, la geometría de dichos miembros estructurales va a depender de las luces a salvar, y también de las cargas provenientes de las vigas secundarias.

Las formas más comunes de vigas son las secciones rectangulares, I, L, T y T invertida.

Las vigas prefabricadas son los miembros estructurales con mayor demanda en el sector de la construcción, ya que su uso es mayoritario en los grandes proyectos de ingeniería.

Para edificaciones tradicionales las vigas trabajan como empotradas, generando el momento flector máximo positivo en la zona central con un valor de $1/24 WL^2$ mientras que para edificaciones prefabricadas, las vigas trabajan como si estuvieran simplemente apoyadas, lo que significa que el momento flector máximo positivo que se genera en la zona central es de $1/8 WL^2$, un valor tres veces mayor al anterior lo que se resume a mayor cantidad de acero de refuerzo y a mayor peralte de la viga.

Debido a que las vigas cargadoras soportan todo el peso de las losas prefabricadas, éstas van a tener una geometría diferente, utilizándose vigas de sección T invertida.

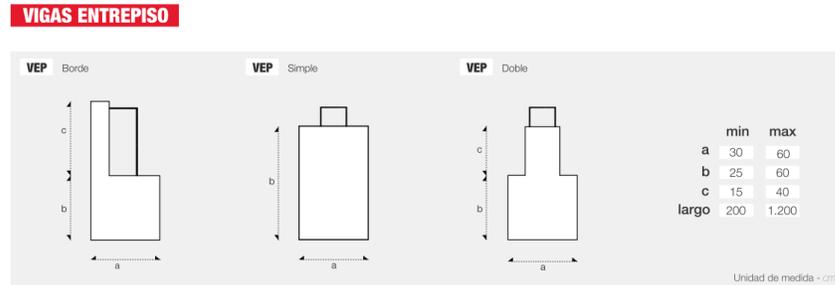


Figura 4.8 Tipos y dimensiones de vigas prefabricadas de hormigón

Fuente: www.tensocret.cl

4.4.2 Columnas prefabricadas de hormigón

Son elementos longitudinales de hormigón armado prefabricado y de hormigón prefabricado preesforzado, en su mayoría de sección rectangular, en menor cantidad pero también utilizado de sección circular. Estos miembros estructurales se ven modificados en su geometría cada cierta distancia para incluir algo denominado ménsula, que tiene por objetivo soportar las vigas o losas prefabricadas de la edificación.

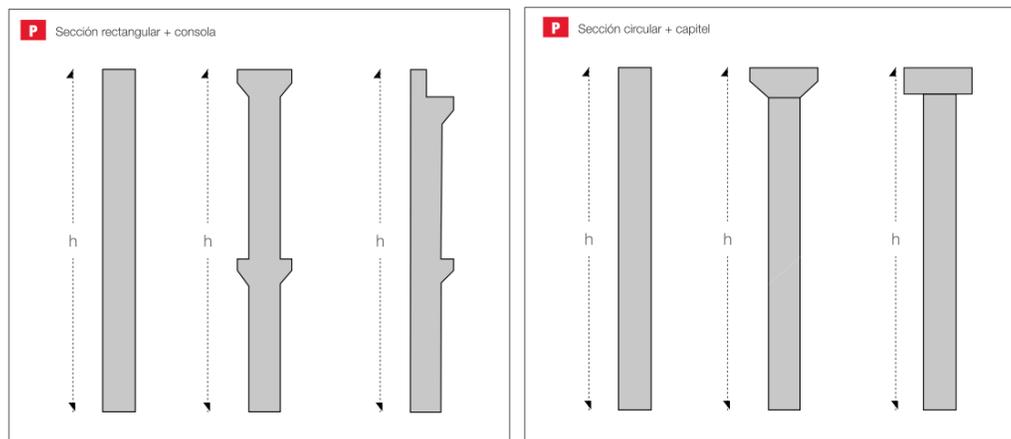


Figura 4.9 Tipos de columnas prefabricadas de hormigón

Fuente: www.tensocret.cl

El diseño de las ménsulas es muy importante debido a que reciben toda la carga de corte producido por las vigas, y las cuales no deben presentar ningún tipo de fallo en condiciones de servicio normales ni bajo condiciones sísmicas.

Uso de las columnas prefabricadas de hormigón armado:

- Naves industriales.
- Edificios.
- Centros comerciales.
- Torres de parqueaderos.

Uso de las columnas prefabricadas de hormigón preesforzado:

- Cubrir grandes alturas.
- Para esfuerzos extraordinarios en naves industriales.

4.4.3 Muros

Los muros prefabricados de hormigón son fabricados mediante dicho material, por medio de un proceso industrializado. Posteriormente son trasladados a su ubicación final, en donde son instalados o montados, con la posibilidad de incorporar otros elementos prefabricados, o ejecutados en la propia obra.

La rápida colocación, seguridad en el montaje y perfecta terminación exterior convierten a los muros prefabricados, en un elemento muy interesante en la construcción.



Figura 4.10 Colocación de uno de los paneles que conforman el muro prefabricado

Fuente: www.arcoscruces.com

4.4.3.1 Tipos de muros prefabricados

La clasificación de los muros se da según su diseño estructural:

4.4.3.1.1 Muros prefabricados empotrados

Está formado por un elemento plano o nervado, continuo o discontinuo, prefabricado de hormigón armado, pretensado o postensado y que esta empotrado en su base. Trabajan en voladizo con un empotramiento en su base o zapata.

Puede considerarse activo, es decir que entra en carga cuando se aplica el material de relleno, en donde su función es el sostenimiento y contención de tierras.

4.4.3.1.2 Muros de pantalla prefabricada y zapata in situ

Son muros de elementos modulares prefabricados de hormigón, de secciones nervadas colocadas de forma continua, adosadas unos a otros, que empotrados en una zapata realizada in situ constituyen el paramento exterior del muro.

La máxima altura que puede alcanzar este tipo de muro prefabricado varía según el fabricante, no superando la altura de 9 metros. Reciben directamente la totalidad de los empujes del suelo. Su canto es variable, aumentando con la altura del muro, evitándose de esta forma la necesidad de armadura de corte, siendo el propio hormigón de pantalla el encargado de absorber todo el esfuerzo cortante.

4.4.3.1.3 Muros de pantalla prefabricada con tirante y zapata in situ

Son muros de paneles prefabricados de hormigón, planos o nervados, con un tirante y anclados, ambos elementos a una zapata construida in situ. Su utilización más frecuente es en la construcción de muros de contención de alturas considerables.

4.4.3.1.4 Muros prefabricados en su totalidad

Son muros en donde el panel y la zapata se han prefabricado conjuntamente formando un solo elemento. Están formados por piezas de hormigón en forma de L, donde alzado y zapata forman un cuerpo monolítico, logrando en su cara vista diferentes acabados como hormigón liso, árido visto, imitación de piedra, y más. Existen sistemas en los que la zapata está parcialmente construida, es decir, la pieza lleva la armadura necesaria para terminar de completar la zapata in situ.

4.4.4 Elementos de losa

Las losas de hormigón prefabricadas; son elementos de hormigón pretensado de gran longitud que se producen de diferentes cantos. Las losas se disponen directamente entre las vigas. Existen dos tipos generales de losas de hormigón prefabricado:

- Losas aligeradas
- Losas macizas

Las losas aligeradas pueden usarse con o sin la capa de compresión, mientras que las losas macizas si utilizan dicha capa. En ambos casos, pueden ser diseñadas para trabajar en forma conjunta con las vigas.

4.4.4.1 Clasificación

4.4.4.1.1 Losas Hollow core

Son conocidas como losas alveolares, aligeradas en su interior mediante huecos circulares a lo largo de toda su luz; son muy utilizadas para la construcción de losas en edificaciones como: hoteles, departamentos y oficinas. Estas losas son elementos prefabricados realizadas en planta mediante procesos de extrusión a la vez que son pretensadas para brindar una mayor capacidad de carga.



Figura 4.11 Losas hollow core

Fuente: www.arquigrafico.net

4.4.4.1.2 Losas Doble T

Son elementos estructurales en forma de una doble T, en donde sus nervios permiten rigidizar la losa del elemento, dichos elementos poseen una resistencia de hasta 350 kg/cm^2 , se realizan de un ancho de hasta 3 m para facilitar el traslado en las plataformas. En nuestro medio se fabrican dos tipos de doble T:

- DT 35.- Permite salvar luces de hasta 11,5 m y posee un peralte de 30 cm más 5 cm de topping.
- DT 60.- Permite salvar luces de hasta 18,5 m y posee un peralte de 60 cm más 5 cm de topping.



Figura 4.12 Losas doble T

Fuente: www.sepsacv.com

Ventajas

- Velocidad de construcción.
- Sistema de construcción seco.
- Forjados de gran luz colocados directamente en su posición.
- Pueden ser diseñados para actuar de forma mixta.
- Aislamiento acústico.
- No necesita apuntalamiento temporal.
- Puede requerirse capa de compresión in situ.
- Elementos prefabricados cortados a la medida, por lo general no se requieren vigas secundarias para losas aligeradas.

4.4.4.2 Consideraciones de diseño

El diseño estructural de las losas de hormigón prefabricado depende del tipo de losa y su relación luz/canto. Se necesita una capa de compresión de un espesor mínimo de 50 mm incrementándose a por lo menos 80 mm, para tener una acción conjunta en losas macizas.

CAPÍTULO V

CONEXIONES Y RESPUESTA SÍSMICA

El diseño apropiado de las conexiones entre miembros estructurales prefabricados, es el detalle más importante dentro del funcionamiento en conjunto de la estructura como tal.

Puede afectar directamente el costo del sistema, así también su respuesta a las cargas laterales y gravitacionales.

Las conexiones trabe-columna comúnmente utilizadas se basan en:

- Conexiones para soportar cargas gravitacionales
- Conexiones para soportar acciones sísmicas

El comportamiento de un sistema prefabricado sometido a fuerzas sísmicas, depende mucho del comportamiento de la conexión. Se tiene que considerar que la conexión debe soportar las descargas de cada miembro estructural y transferirlas a los demás elementos.

Las conexiones para estructuras prefabricadas, se deben diseñar tomando en consideración los siguientes factores:

- Transmitir el aplastamiento, cortante, momento, tensión y compresión axial según los resultados del análisis estructural.
- Resistir las etapas de carga durante la construcción de la estructura hasta su etapa final.
- Resistir las sobrecargas, de manera que no se presente una falla en las juntas y conexiones antes de la falla principal del miembro.
- Asegurar que el comportamiento ante cargas cíclicas sea adecuado, de tal manera que garantice la ductilidad de la estructura.

Los momentos flectores, son transferidos entre los miembros prefabricados de hormigón por que se genera un par de fuerzas de tracción y compresión en la conexión. La transferencia de fuerzas se logra con el empalme de los refuerzos entre elementos de la unión mediante solape, soldadura, roscado o cualquier otro tipo de conexión. El hormigonado *in situ* permite el planteamiento de múltiples soluciones de unión, y diversos hormigones y morteros sin retracción, que son usados en uniones cimiento-pilar, pilar-pilar o viga-pilar.

Es posible la aparición de momentos de torsión en dichos miembros estructurales debido a la configuración, a las cargas y a las condiciones de apoyo.

Las solicitaciones a torsión en los miembros estructurales, deben ser resistidas por la acción de un par de fuerzas a compresión y tracción, lo mismo que sucede en los momentos flectores.

5.1 Tipos

Respecto a las conexiones entre elementos prefabricados de hormigón tenemos los siguientes:

5.1.1 Conexiones húmedas

Son los que emulan el comportamiento de las estructuras de hormigón armado construidas en sitio. Para ello, los elementos prefabricados son unidos con hormigón o grout, en una segunda etapa de hormigonado realizada en obra. La conexión hormigonada en obra debe cumplir todos los requisitos aplicables del capítulo 21 del código ACI 318, especialmente los requisitos para el empalme y anclaje de las barras.

El diseño de las estructuras que utilicen conexiones húmedas, se debe realizar empleando las solicitaciones sísmicas correspondientes a una estructura monolítica de hormigón armado.

5.1.2 Conexiones dúctiles

Utilizan estructuras formadas por miembros prefabricados, unidos mediante conexiones para las que se haya demostrado, mediante análisis y ensayos cíclicos no lineales, que tienen resistencia y ductibilidad, mayores o iguales a las uniones monolíticas de estructuras diseñadas según el ACI 318. Estos ensayos deben satisfacer los requisitos del documento ACI ITG/T1.1 Acceptance Criteria for Moment Frames Based on Structural Testing.

El diseño de las estructuras que utilicen conexiones dúctiles, se debe realizar con las sollicitaciones sísmicas, correspondientes a una estructura monolítica de hormigón armado.

5.1.3 Conexiones secas

Son aquellos que emplean estructuras formadas por elementos prefabricados, unidos mediante conexiones secas que no cumplen con las disposiciones del capítulo 21 del ACI 318, y que son diseñadas como conexiones fuertes para asegurar que el posible comportamiento no lineal, ante sismos de mayores demandas que las consideradas en la norma, produzcan una incursión dentro del rango no lineal de respuesta en secciones alejadas de la conexión.

A este sistema es al que se le ha puesto en la norma la mayor cantidad de restricciones. Se aceptan estructuras formadas exclusivamente por muros o por marcos de este tipo, siempre que no superen los 4 pisos o los 18 m de altura.

5.2 Conexiones utilizadas entre sistemas

5.2.1 Conexiones del sistema de hormigón pretensado prefabricado

Este sistema puede utilizar dos tipos de conexiones:

Conexiones húmedas.- Hormigón vertido en sitio en la unión entre los elementos pretensados (columna-viga).

Conexiones secas.- Soldadura continua entre placas colocadas en la parte superior de la ménsula de la columna, y en los extremos inferiores de la viga. También se puede utilizar pernos que cumplan con la resistencia mínima y que garanticen la conexión.

5.2.2 Conexiones del sistema prefabricado en acero

Utiliza conexiones secas, puede ser una soldadura continua o pernos de gran resistencia que cumpla con las normas de diseño.

5.2.3 Conexiones del sistema Profiled composite walls

Utiliza conectores metálicos entre los muros, vigas y columnas descritos en la sección 4.3.3.1.1

5.2.4 Conexiones del sistema de columnas de hormigón armado con un perfil de acero embebido en hormigón

Utiliza conexiones húmedas, hormigón vertido en la unión entre las columnas de hormigón armado con un perfil de acero embebido en hormigón, y las vigas de hormigón armado confeccionadas *in situ*.

5.2.5 Conexiones del sistema Columnas tubulares de acero rellenas de hormigón (CFT)

Utiliza conexiones húmedas, hormigón vertido en la unión entre las columnas tubulares de acero y las vigas de hormigón armado confeccionadas *in situ*.

5.2.6 Conexiones del sistema columnas de hormigón armado con vigas de acero embebidas

Utiliza conexiones húmedas, debido a que las vigas de acero están embebidas en el acero de refuerzo de las columnas, al momento del vertido del hormigón se genera la rigidez del pórtico.

5.3 Normas de calidad

La calidad de las conexiones de los miembros estructurales prefabricados vienen dados por reglamentos internacionales, por ejemplo para miembros prefabricados de acero está regulado por el American Institute of Steel Construction (AISC, 360-10). Mientras que para las estructuras conformadas por miembros estructurales prefabricados de hormigón viene dado por American Concrete Institute (ACI 318, 08). Reglamentos aplicados por los Estados Unidos para la ejecución de dichas estructuras, reglamentos y recomendaciones que se implementaron, ya que son sistemas con años de investigación para que la edificación como sistema estructural, no presente ningún tipo de falla o que por lo menos pueda reaccionar de la mejor manera, ante esfuerzos y fuerzas de gran magnitud.

5.4 Resistencia a sismicidad

Las conexiones entre miembros estructurales prefabricados de hormigón, es el aspecto más importante en el comportamiento estructural de la edificación bajo condiciones sísmicas. El reglamento para Estados Unidos, Uniform Building Code de 1997 (UBC, 1997), recomienda que estructuras prefabricadas en zonas sísmicas traten de igualar el comportamiento de estructuras hormigonadas en sitio, para lo cual da requisitos específicos. En el supuesto caso de usar marcos, se recomienda usar conexión fuerte la cual tiene un comportamiento elástico al momento de un evento sísmico. Se recomienda que la distancia entre la sección de localización de la zona con comportamiento inelástico se ubique a una distancia mayor que $h/2$, respecto a la sección donde se conectan los elementos prefabricados, en donde h es el peralte del trabe.

Se presenta dos variantes de conexión fuerte:

- (a) Conexión ubicada en la cara de la columna y la zona de articulación plástica ubicada a una distancia mayor de $h/2$ respecto a la zona de conexión.
- (b) La zona de articulación plástica ubicada en la cara de la columna y la conexión fuerte ubicada a una distancia mayor que $h/2$ respecto a la primera.

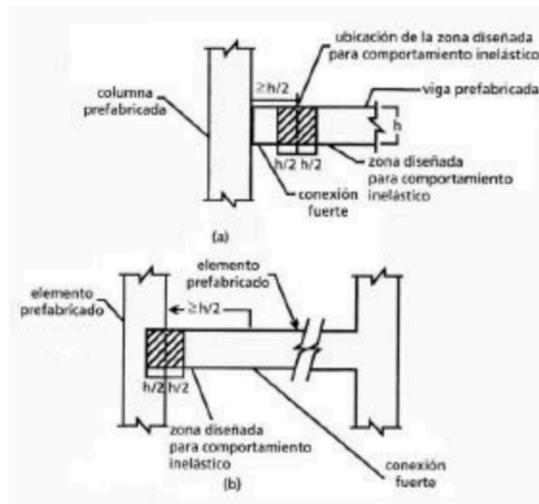


Figura 5.1 Variantes de conexión fuerte

Fuente: (Mario E. Rodríguez, 1998)

El empleo de pórticos de hormigón tanto hormigonados en sitio como prefabricados tiene el inconveniente de que para lograr un comportamiento dúctil, es necesario cumplir requisitos rigurosos respecto a la cantidad y distribución del acero de refuerzo longitudinal y transversal, como lo especifica el Reglamento del American Concrete Institute (ACI, 318-08).

5.4.1 Filosofía de diseño sísmico

Por muchos años se ha conservado una filosofía de diseño de miembros estructurales prefabricados, sobre todo lo relacionado a conexiones, pero debido a la gran intensidad sísmica que poseen muchas ciudades de Latinoamérica esto ha ido cambiando y mejorando mediante nuevas tecnologías constructivas empezando desde la etapa de diseño.

5.4.1.1 Filosofía de diseño sísmico convencional

Esta filosofía tradicional de diseño sísmico asume la ocurrencia de daño, en donde las estructuras puedan quedar inservibles o con un cierto nivel de daño.

5.4.1.1.1 Nivel I

En el Estado de Servicio, se espera que ante sismos de baja intensidad, no ocurran daños tanto en los elementos estructurales como en los no estructurales.

5.4.1.1.2 Nivel II

Para el Estado de daño, se espera que la estructura trabaje al límite de su resistencia elástica, ante sismos de moderada intensidad en donde si existe daño de los elementos no estructurales más no en la estructura como tal.

5.4.1.1.3 Nivel III

Para el Estado de Colapso, se espera que la estructura incurriera en el rango no lineal, experimentando daño, más no el colapso de la edificación, debido a un sismo de intensidad severa, en donde se produce cierto daño en los elementos estructurales y gran daño en los elementos no estructurales.

5.4.1.2 Nueva filosofía de diseño sísmico

Esta nueva filosofía en cuanto al diseño sísmico de edificaciones, radica en la implementación de nuevas técnicas constructivas, que permitan el menor daño posible de la estructura al momento del sismo.

5.4.1.2.1 Aislamiento sísmico

Su funcionamiento se basa en aislar la estructura del suelo, mediante elementos estructurales denominados aisladores sísmicos, los cuales van a estar ubicados entre la cimentación y la estructura. Lo que hacen los aisladores sísmicos, es absorber la energía que es liberada por el suelo, y de alguna manera disiparla mediante su desplazamiento considerando que la edificación se va a mover de forma horizontal en toda su altura. Su clasificación es según el material y el desplazamiento que pueda tener, sin sufrir roturas teniendo aisladores sísmicos de goma de alto amortiguamiento, goma con núcleo de plomo y friccionales.

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL SISTEMAS ESTRUCTURAL DE HORMIGÓN ARMADO FUNDIDO EN SITIO Y EL SISTEMA ESTRUCTURAL PREFABRICADO EN HORMIGÓN PRETENSADO

6.1 Descripción de la edificación analizada

Se realizará el estudio de un edificio tipo que consta de la planta baja y de las plantas tipo; el cual se diseñará y se calculará de acuerdo a las normas vigentes en nuestro país. Los datos de introducción para el cálculo de la edificación como: tipo de suelo, factor sísmico, factor de regularidad en altura como en planta y todos los valores necesarios presentes en las normas ecuatorianas se presentarán posteriormente.

La edificación cuenta con una planta baja destinada a parqueadero de vehículos, el cual posee un área de 400 m^2 , la altura del entrepiso será de 3 m, con lo cual el edificio tendrá una altura de 18 m.

Cuenta con 5 plantas tipo, cada una de ellas con 400 m^2 , las cuales están destinadas exclusivamente para departamentos.

6.2 Sistemas constructivos utilizados

Para el respectivo análisis y comparación entre sistemas constructivos se utilizarán: un sistema estructural hormigonado en sitio, vs un sistema estructural conformado por vigas pretensadas, columnas pretensadas prefabricadas con apoyo tipo ménsula, y losas doble T pretensadas prefabricadas; en donde se va a determinar las secciones necesarias de los componentes estructurales, para que resistan los esfuerzos a los que estarán sometidos y sus procedimientos constructivos en cada una de las fases de ejecución, hasta el término de la etapa estructural del edificio. Al ser un análisis estructural no se va a considerar

dentro de los presupuestos, ni en el cronograma lo correspondiente a mampostería, instalaciones sanitarias, instalaciones eléctricas y acabados.

6.2.1 Sistema estructural en hormigón armado *in situ*

Sistema estructural hormigonado *in situ* o también denominado sistema tradicional, el cual presenta toda su ejecución en el lugar de la obra. En este sistema estructural se realiza la cimentación, armado de hierros y vertido del hormigón premezclado de acuerdo a las especificaciones técnicas, planos y diseño estructural preestablecido. Este sistema estructural considera un factor importante que hace relación al rendimiento de los trabajadores, ya que según ese factor el cronograma va presentar una ruta crítica con menor en tiempo, lo que refleja menores costos de incidencia en el proyecto.

Tabla 6.1 Propiedades del hormigón

Peso específico	γ_h	2400	kg/m ³
Resistencia a la compresión	f'_c	210	kg/cm ²
Módulo de elasticidad	E	240000	kg/cm ²
Coeficiente de Poisson	ν	0.20	

Tabla 6.2 Propiedades del acero de refuerzo

Peso específico	γ_a	7850	kg/m ³
Límite de fluencia	f_y	4200	kg/cm ²
Módulo de elasticidad	E	2100000	kg/cm ²
Coeficiente de Poisson	ν	0.30	

6.2.1.1 Fuerzas de diseño

Carga muerta

La carga muerta es el peso de todos los elementos estructurales que ejercen influencia directa sobre la edificación. Pero para la modelación estructural realizada en Cypecad se considera únicamente las cargas presentadas en la tabla 6.3, no es necesario introducir el peso propio de los elementos estructurales, ya que el programa lo calcula automáticamente. Según el análisis realizado de acuerdo a la NEC 11 se obtiene un peso de $217 \text{ kg/m}^2 = 0.217 \text{ t/m}^2$.

Tabla 6.3 Componentes no estructurales que ejercen sobre la carga muerta

CARGA MUERTA (D)		
Tipo	Material	Peso (t/m ²)
Mampostería	Ladrillo cerámico perforado	0.140
Contrapiso	Contrapiso de hormigón simple	0.022
Cielorraso	De mortero de cemento compuesto de cal y arena	0.055
TOTAL		0.217

Carga viva

La carga viva hace referencia al peso de las personas, muebles y de más elementos que no componen una carga permanente para la edificación. De acuerdo a la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011, para residencias / viviendas unifamiliares y bifamiliares se establece un peso de $200 \text{ kg/m}^2 = 0.2 \text{ t/m}^2$

Combinaciones de carga

Las combinaciones de carga utilizadas para el diseño por resistencia última, se tomaron en referencia a las recomendaciones de la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011 las cuales se presentan a continuación:

Combinación 1: $U = 1.4 D$

Combinación 2: $U = 1.2 D + 1.6 L + 0.5 \max [L_r; S; R]$

Combinación 3: $U = 1.2 D + 1.6 \max [L_r; S; R] + \max [L; 0.5W]$

Combinación 4: $U = 1.2 D + 1.0 W + L + 0.5 \max [L_r; S; R]$

Combinación 5: $U = 1.2 D + 1.0 E + L + 0.2 S$

Combinación 6: $U = 0.9 D + 1.0 W$

Combinación 7: $U = 0.9 D + 1.0 E$

Donde:

U: Carga última

D: Carga permanente

L: Sobrecarga (carga viva)

L_r: Sobrecarga cubierta (carga viva)

E: Carga sísmica

S: Carga de granizo

W: Carga de viento

6.2.1.1.1 Determinación del cortante basal

De acuerdo con la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011, el cortante basal de diseño V , se determina con las siguientes expresiones:

$$V = \frac{Z * I * C}{\phi_p * \phi_E * R} * W$$

$$0.5 \leq C = \frac{1.25 * S^S}{T_2} \leq C_m$$

$$T_1 = C_t * h_n^{3/4}$$

$$T_2 = 1.3 * T_1$$

Donde:

Z = Factor de zona

I = Factor de importancia

C = Valor de aceleración espectral máxima esperado

ϕ_p = Coeficiente de configuración estructural en planta

ϕ_E = Coeficiente de configuración estructural en elevación

R = Factor de reducción de resistencia sísmica

W = Carga muerta total de la estructura

T_1 = Período de vibración, método 1

T_2 = Período de vibración, método 2

S = Factor de suelo

h_n = Altura máxima de la edificación

C_t = Factor según el tipo de edificación

Zonas sísmicas y valor factor z

En la NEC 11 están determinadas las zonas sísmicas con sus respectivos valores del factor z, lo que depende de la ubicación del proyecto.

Tabla 6.4 Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada

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

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011

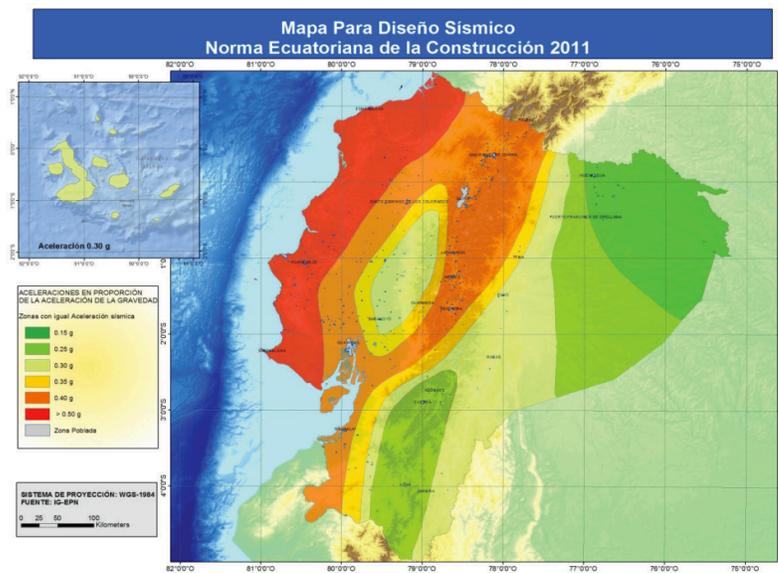


Figura 6.1 Zonas sísmicas del Ecuador

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011

Tabla 6.5 Poblaciones provincia del Azuay y valor del factor Z

POBLACIÓN	PARROQUIA	CANTÓN	PROVINCIA	Z
CUENCA	CUENCA	CUENCA	AZUAY	0.25
CHORDELEG	CHORDELEG	CHORDELEG	AZUAY	0.25
GUALACEO	GUALACEO	GUALACEO	AZUAY	0.25
SEVILLA DE ORO	SEVILLA DE ORO	SEVILLA DE ORO	AZUAY	0.25
EL PAN	EL PAN	EL PAN	AZUAY	0.25
PAUTE	CHICAN (GUILLERMO ORTEGA)	PAUTE	AZUAY	0.25

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011

Geología local y perfiles del suelo

Se han determinado cuatro perfiles de suelo, los que son:

Perfil S1: roca o suelo firme con una velocidad de onda de corte > 750 m/s, que se subdivide en los siguientes perfiles.

- a) Roca sana o parcialmente alterada
- b) Gravas arenosas, limosa o arcillosa, densas y secas
- c) Suelos cohesivos duros, con resistencia de corte en condiciones no drenadas > 1 kg/cm²
- d) Arenas densas, con número de golpes SPT: $N > 50$
- e) Suelos y depósitos de origen volcánico firmemente cementados $N > 50$

Perfil S2: suelos intermedios que no se ajustan a las características S1 o S3.

Perfil S3: suelos blandos o estratos profundos, en los que los períodos fundamentales de vibración son mayores a 0.6 s.

Perfil S4: condiciones especiales de evaluación del suelo, en donde:

- a) Suelos con alto potencial de licuefacción
- b) Turbas, lodos y suelos orgánicos

- c) Rellenos colocados sin control ingenieril
- d) Arcillas y limos de alta plasticidad
- e) Arcillas suaves y medio duras con espesor mayor a 30 m

Tabla 6.6 Coeficiente del suelo S y Coeficiente Cm

Perfil tipo	Descripción	S	Cm
S1	Roca o suelo firme	1,0	2,5
S2	Suelos intermedios	1,2	3,0
S3	Suelos blandos y estrato profundo	1,5	2,8
S4	Condiciones especiales de suelo	2,0*	2,5

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011

Tipo de uso, destino e importancia de la estructura

La tabla 6.7 tiene como objetivo incrementar los requisitos mínimos para el cálculo de diseño de estructuras, ya que debido a su importancia éstas deben sufrir los menores daños posibles y mantenerse operativas durante y después del evento sísmico, en donde el factor I se establece según la tabla mencionada.

Tabla 6.7 Tipo de uso, destino e importancia de la estructura

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

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011

Valores a utilizar en relación al tipo y ubicación de la estructura

$Z = 0.25$	Provincia del Azuay, zona sísmica II
$I = 1$	Todas las estructuras de edificación
$\phi_p = 0.9$	Estructura regular en planta
$\phi_E = 0.9$	Estructura regular en elevación
$R = 10$	Sistema de pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas descolgadas
$h_n = 18$	Elevación de la estructura
$C_t = 0.08$	Factor utilizado para pórticos espaciales de hormigón armado
$S = 1.2$	Suelos intermedios
$C_m = 3$	Suelos intermedios

$$T_1 = 0.08 * 27^{3/4} = 0.948 \text{ s}$$

$$T_2 = 1.3 * T_1 = 1.232 \text{ s}$$

$$C = \frac{1.25 * 1.2^{1.2}}{1.232} = 1.263$$

$$V = \frac{0.25 * 1 * 1.263}{10 * 0.9 * 0.9} * W = 0.039 * W$$

$$V = 3.9\% W$$

6.2.1.1.2 Distribución de las fuerzas laterales

Las fuerzas laterales que actúan sobre la edificación deben aplicarse para cada uno de los niveles, las cuales están en función del área total y de la distribución de masa de cada uno de los niveles. Para obtener la distribución de fuerzas laterales totales se utilizó la siguiente expresión.

$$F_i = \frac{W_i * h_i}{\sum W_i * h_i} * V$$

Donde:

F_i = Fuerza lateral en el nivel i

W_i = Peso asignado a cada nivel de la estructura

h_i = Altura de cada piso

Tabla 6.8 Distribución del cortante basal

Nivel	h_i	w_i	$h_i * w_i$	F_i	S
m	m	T	$T \cdot m$	T	T
Nv.+18.00	18	60.47	1088.37	4.71	4.71
Nv.+15.00	15	48.37	725.58	3.14	7.86
Nv.+12.00	12	48.37	580.46	2.51	10.37
Nv.+9.00	9	48.37	435.35	1.89	12.26
Nv.+6.00	6	48.37	290.23	1.26	13.51
Nv.+3.00	3	48.37	145.12	0.63	14.14
Nv.+0.00	0	60.47	0.00	0.00	14.14

W =	362.79	T
$\Sigma W_i \cdot h_i =$	3265.11	$T \cdot m$
V =	14.14	T

6.2.1.2 Bases de cálculo para los elementos estructurales

6.2.1.2.1 Criterio de diseño de vigas

Las vigas tendrán una sección rectangular y serán diseñadas en base a las especificaciones técnicas de la NEC 11, para criterios de diseño en una zona sísmica:

- El área mínima de la sección a considerar será de 900 cm².
- El esfuerzo de fluencia del acero F_y no debe sobrepasar de 4200 kg/cm².
- La dimensión mínima de la cara será de 30 cm.
- El refuerzo longitudinal debe ser como mínimo 4 barras, con un área mayor o igual a 0.0075 veces el área de la sección bruta del elemento.

- El refuerzo transversal consistirá en estribos cerrados de mínimo 10 mm de diámetro; espaciado a 10 cm en los primeros 50 cm medidos desde cada extremo de la luz y espaciados a 20 cm en el centro de la luz.

6.2.1.2.1.1 Diseño de vigas

La sección de las vigas será de 30x35 cm, cuya área es de 1050 cm², con lo que cumple ya que el área mínima establecida por la NEC es de 900 cm².

6.2.1.2.2.2. Cuantía máxima

Para zonas sísmicas:

$$\rho_{m\acute{a}x} = 0.5\rho_b$$

Para zonas no sísmicas:

$$\rho_{m\acute{a}x} = 0.75\rho_b$$

Donde:

$$\rho_b = 0.85 \beta_1 \frac{f'c}{Fy} \frac{0.003}{\frac{Fy}{Es} + 0.003}$$

ρ_b : Cuantía balanceada

$f'c$: Resistencia a la rotura del hormigón

Fy : Límite de fluencia del acero de refuerzo

Es : Módulo de elasticidad del acero

6.2.1.2.2.3 Cantidad de acero de refuerzo

$$As = \rho (b d)$$

6.2.1.2.2.4 Verificación

$$\rho_b = 0.85 \beta_1 \frac{f'c}{Fy} \frac{0.003}{\frac{Fy}{Es} + 0.003}$$

$$\rho_b = 0.85 \cdot 0.85 \cdot \frac{210}{4200} \cdot \frac{0.003}{\frac{4200}{2100000} + 0.003}$$

$$\rho_b = 0.0217$$

Zona sísmica:

$$\rho_{m\acute{a}x} = 0.5\rho_b$$

$$\rho_{m\acute{a}x} = 0.5 * 0.0217$$

$$\rho_{m\acute{a}x} = 0.0108$$

$$As = \rho * (b * d)$$

$$As = 0.0108 * (30 * 30)$$

$$As = 9.75 \text{ cm}^2$$

$$As_{real} = \frac{\pi * 1.4^2}{4} * 7$$

$$As_{real} = 10.77 \text{ cm}^2$$

6.2.1.2.2. Criterio de diseño de columnas

De acuerdo a la NEC, capítulo 10, las columnas serán continuas desde la cimentación hasta la parte superior del muro y diseñadas en base a las especificaciones técnicas:

- El área mínima de la sección que se considera será de 900 cm².
- El esfuerzo de fluencia del acero F_y no debe sobrepasar de 4200 kg/cm²
- La dimensión mínima de la cara será de 30 cm
- El refuerzo longitudinal debe ser como mínimo 4 barras, con un área mayor o igual a 0.0075 veces el área de la sección bruta del elemento.
- El refuerzo transversal consistirá en estribos cerrados de mínimo 10 mm de diámetro; espaciado a 10 cm.

6.2.1.2.2.1 Diseño de columnas

La sección de las columnas será de 50x50 cm, cuya área es de 2500 cm², con lo que cumple ya que el área mínima establecida por la NEC es de 900 cm².

6.2.1.2.2.2 Cuantía mínima

$$\rho_{min} = 0.01$$

6.2.1.2.2.3 Cuantía máxima

$$\rho_{m\acute{a}x} = 0.06$$

6.2.1.2.2.4 Verificación

$$Ag = 50 * 50$$

$$Ag = 2500 \text{ cm}^2$$

$$As = \frac{\pi * 1.8^2}{4} * 12$$

$$As = 30.54 \text{ cm}^2$$

$$\rho = \frac{As}{Ag}$$

$$\rho = \frac{30.54}{2500}$$

$$\rho = 0.0125$$

$$\rho_{min} = 0.01$$

$$\rho_{m\acute{a}x} = 0.06$$

$$\rho > \rho_{min} \quad (OK)$$

$$\rho < \rho_{m\acute{a}x} \quad (OK)$$

Donde:

Ag: Área geométrica sección

As: Área del acero

6.2.1.2.3 Diseño de losa

El peralte equivalente de la losa nervada se calcula determinando la altura de una losa maciza que tenga la misma inercia que la losa nervada.

El área de la sección transversal será de :

$$A = 450 \text{ cm}^2$$

Determinación del centro de gravedad

$$y_g = \frac{\sum A_i * y_{gi}}{\sum A_i}$$

y_g : Centro de gravedad del elemento compuesto

A_i : Sección transversal del elemento i

y_{gi} : Centro de gravedad del elemento i

Dividiendo la figura compuesta en figuras conocidas siendo:

Rectángulo superior (1)

Rectángulo inferior (2)

Tabla 6.9 Área y centro de gravedad de viga sección T para la losa

Elemento	$A_i \text{ (cm}^2\text{)}$	$y_{gi} \text{ (cm)}$
1	250	22.5
2	200	10

$$y_g = \frac{(250 * 22.5) + (200 * 10)}{450}$$

$$y_g = 16.94 \text{ cm}$$

Determinación del momento de inercia

$$I = \sum I_i + (A_i * r_i^2)$$

I : Momento de inercia del elemento compuesto, respecto a su centro de gravedad

I_i : Momento de inercia del elemento i , respecto a su centro de gravedad

A_i : Sección transversal del elemento i

r_i : Distancia desde el centro de gravedad del elemento i al centro de gravedad del elemento compuesto

Rectángulo:

$$I = \frac{1}{12} * b * h^3$$

Tabla 6.10 Valores correspondientes al momento de inercia del elemento

$Elemento_i$	$I (cm^4)$	$A (cm^2)$	$r (cm)$	$r^2 (cm^2)$	$\sum I_i + (A_i * r_i^2)$
1	520.83	250	5.56	30.91	8249.23
2	6666.67	200	6.94	48.16	16299.4

$$I = 8249.23 + 18299.4$$

$$I = 24548.62 \text{ cm}^4$$

La inercia de la viga constante debe tener la misma inercia de la viga T, por lo tanto:

$$I = \frac{b h^3}{12}$$

$$24548.62 = \frac{50 * h^3}{12}$$

$$h = 18.06 \text{ cm}$$

$$h_{min} = \frac{L_n * (800 + 0.0712 F_y)}{36000 + 5000 \beta (\alpha_m - 0.2)}$$

$$h_{min} = \frac{375 * (800 + 0.0712 * 4200)}{36000 + 5000 * 1 * (1.305 - 0.2)}$$

$$h_{min} = 9.93 \text{ cm}$$

La NEC 11 menciona que:

$$h_{min} \geq 12 \text{ cm}$$

Por lo tanto asumo ese valor:

$$h_{min} = 12 \text{ cm}$$

Comparando los peraltes:

$$h_{equivalente} > h_{min}$$

$$18.06 \text{ cm} > 12 \text{ cm} \quad OK$$

Por lo que se va a utilizar una losa aligerada con 25 cm de peralte

6.2.1.2.3.1 Cuantía mínima

De acuerdo al ACI 318-08, para losas macizas, cuando el acero corrugado tenga un límite de fluencia de:

$$f_y = 2800 \text{ kg/cm}^2 \text{ o } 3500 \text{ kg/cm}^2$$

$$\rho_{min} = 0.002$$

Mientras que para $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

$$\rho_{min} = 0.0018$$

Mientras que para losas nervadas la cuantía mínima por deflexión se calcula con las siguientes expresiones en donde se toma el mayor valor:

$$\rho_{min} = \frac{14}{f_y}$$

$$\rho_{min} = \frac{0.79\sqrt{f'_c}}{f_y}$$

Donde:

f_y : Fluencia del acero

f'_c : Resistencia a compresión del hormigón

6.2.1.2.3.2 Cuantía máxima

Se debe controlar la ductibilidad mínima en losas nervadas y macizas con la expresión para obtener la cuantía balanceada, de acuerdo al ACI 318-08.

Para zonas sísmicas:

$$\rho_{m\acute{a}x} = 0.5\rho_b$$

Para zonas no sísmicas:

$$\rho_{m\acute{a}x} = 0.75\rho_b$$

Donde:

$$\rho_b = 0.85 \beta_1 \frac{f'c}{fy} \frac{0.003}{\frac{fy}{Es} + 0.003}$$

ρ_b : Cuantía balanceada

$f'c$: Resistencia característica a la rotura del hormigón

Fy : Límite de fluencia del acero de refuerzo

Es : Módulo de elasticidad del acero

6.2.1.2.3.3 Recubrimiento mínimo

- Losas hormigonadas in situ = 2 cm
- Losas prefabricadas = 2 cm

6.2.1.2.3.4 Verificación

$$\rho_{min} = \frac{14}{fy}$$

$$\rho_{min} = \frac{14}{4200}$$

$$\rho_{min} = 0.0033$$

$$\rho_{min} = \frac{0.79\sqrt{f'c}}{fy}$$

$$\rho_{min} = \frac{0.79\sqrt{210}}{4200}$$

$$\rho_{min} = 0.0027$$

La cuantía mínima es de 0.0033 siempre se toma el mayor valor de entre los dos.

$$\rho_b = 0.85 \beta_1 \frac{f'c}{f_y} \frac{0.003}{\frac{F_y}{E_s} + 0.003}$$

$$\rho_b = 0.85 \cdot 0.85 \frac{210}{4200} \frac{0.003}{\frac{4200}{2100000} + 0.003}$$

$$\rho_b = 0.0217$$

$$\rho_{m\acute{a}x} = 0.5\rho_b$$

$$\rho_{m\acute{a}x} = 0.5 * 0.0217$$

$$\rho_{m\acute{a}x} = 0.0108$$

El programa procede a verificar que se cumpla con las comprobaciones de momentos flectores, con los datos conocidos y pre establecidos. En las zonas más sensibles a punzonamiento que son en los extremos de las vigas, se ha considerado macizos para evitar este tipo de falla.

Como resultado se obtuvo una losa nervada y aligerada de 25 cm de altura total considerando una chapa de compresión de 5 cm, nervios de 10 cm.

En cuanto al acero de refuerzo se consideró una varilla de 12 mm de diámetro, en el armado superior como inferior en el sentido trasversal y longitudinal.

6.2.1.3 Ejecución de obra

La modelación de la edificación se realizó en el programa Cypecad 2014, se procedió a calcular con los datos previamente establecidos, a continuación se presenta la descripción de cómo se llevó a cabo la modelación.

6.2.1.3.1 Datos generales

Al abrir el programa hay que seleccionar la ubicación en donde se guardarán los archivos que corresponden a la modelación, posteriormente se procede a seleccionar obra vacía.

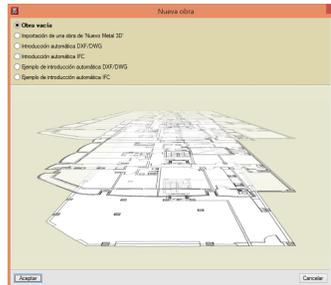


Figura 6.2 Ventana nueva obra, previa a introducir los datos generales

Fuente: Cypecad 2014

Una vez que se abre la ventana de datos generales, se procede a introducir cada uno de los datos correspondientes de la edificación a modelar, comenzamos seleccionando las normas con las que se trabajan en el Ecuador, con lo cual para hormigón vamos a trabajar con la norma norteamericana ACI 318-08, y para el acero con ANSI/ ANSI 360-10 (LRFD), el programa también nos permite ingresar normas para perfiles de acero, madera, aluminio extruido y pernos, pero debido a que no se ocupan para esta modelación se tomaron los establecidos por el programa.

Los datos seleccionados fueron:

Para todos los elementos de hormigón armado (forjados, cimentación, pilares, muros) $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y para el acero $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.

Con todos los datos generales ingresados, el programa procede a introducir la pantalla principal, se abre la pestaña de columnas en donde se empieza a generar la modelación.

6.2.1.3.2 Definición de plantas y grupos de plantas

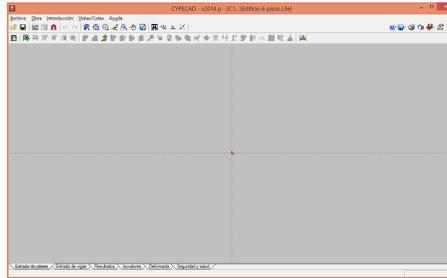


Figura 6.5 Ventana pantalla principal

Fuente: Cypecad 2014

Seleccionamos introducir plantas, en donde nos da la opción de elegir si son sueltas o agrupadas; para este caso seleccionamos sueltas ya que cada piso se considera como independiente, pero de ser iguales los pisos posteriormente se procede a agrupar cada uno de los forjados para agilizar el cálculo.

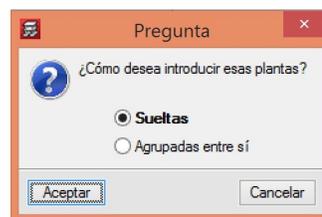


Figura 6.6 Ventana introducción de plantas

Fuente: Cypecad 2014

Referente a las plantas se ingresan 6 forjados correspondientes a planta baja, primera planta, segunda planta, tercera planta, cuarta planta y tapa gradas; todas con una altura de entrepiso de 3 m y con una profundidad de cimentación de 1.5 m.

Para cada una de las plantas se define una carga viva de 0.2 t/m^2 , establecida en la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011.

El valor de la carga muerta a ingresar será de 0.217 t/m^2 según la tabla 6.3 expuesta anteriormente, pero el programa redondea y asume un valor de 0.22 t/m^2 .

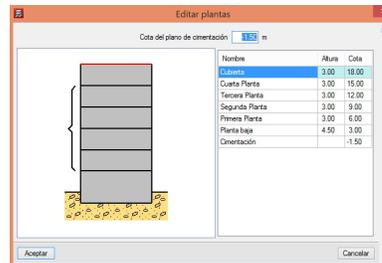


Figura 6.7 Ventana edición y agrupación de plantas con sus respectivas alturas

Fuente: Cypecad 2014

6.2.1.3.3 Importación de planos arquitectónicos DXF o DWG a Cypecad

El programa permite la introducción de un plano arquitectónico en formato DXF o DWG, ya sea para cada una de las plantas del edificio o solamente una en caso de que todas las plantas sean iguales, lo que facilita la introducción de la geometría de la estructura.

Inicia seleccionando el ícono editar plantilla, se abrirá una ventana denominada gestión de vistas de plantillas, en la cual se pulsa el ícono añadir.

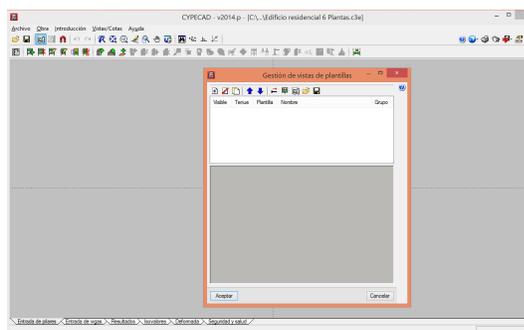


Figura 6.8 Ventana gestión de vistas de plantillas

Fuente: Cypecad 2014

Una vez seleccionado el ícono añadir, se debe seleccionar el archivo DWG a ingresar una vez seleccionado dicho archivo se abre la ventana gestión de capas, la cual abre el documento con todas las capas activas del documento DWG.

Para facilitar la introducción de las columnas, se deben desactivar todas las capas dejando únicamente activa la capa de columnas, y cuando se deba introducir los muros de hormigón armado correspondientes a las escaleras y al ascensor, se activa la capa de muros.

Es importante saber que los requisitos que debe cumplir una plantilla DWG- DXF para su utilización con Cypecad son las siguientes:

- La unidad de medida en CAD debe ser el metro.
- El punto de inserción de dibujo debe estar en las coordenadas 0,0 o muy cercano a él.

En caso de que el dibujo en CAD esté muy cerca de las coordenadas 0,0 se debe llevar el punto de inserción a estas coordenadas para facilitar el ingreso de las columnas, esto se hace con la opción de desplazamientos que nos da la ventana de transformación.

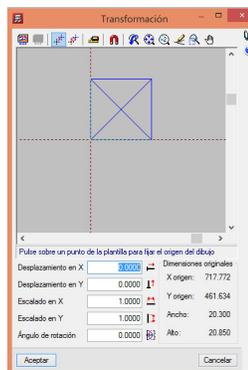


Figura 6.9 Ventana para cambiar la escala y origen de la plantilla DWG

Fuente: Cypecad 2014

6.2.1.3.4 Introducción de columnas para el edificio

Para generar las columnas de hormigón armado 50x50 cm que corresponden al edificio vamos a trabajar en la pestaña entrada de pilares.

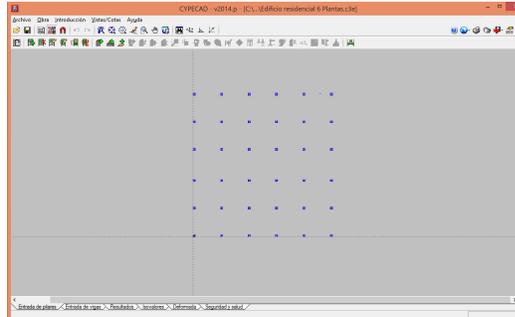


Figura 6.10 Ventana principal entrada de columnas

Fuente: Cypecad 2014

Procedemos a introducir las columnas del edificio, para lo cual debemos pulsar el ícono introducir columnas en donde nos va aparecer la ventana nueva columna, en la que se puede definir:

- Definir en donde empieza (grupo inicial) y donde termina (grupo final) las columnas, en este caso el grupo inicial es la cimentación y el grupo final la cubierta.
- Definir el tipo y la sección de la columna, será una columna de hormigón armado cuadrada con sección de 50x50 cm.
- Se ejecutarán columnas con vinculación exterior.

Sin vinculación exterior.- Se define una columna sin vinculación exterior cuando ésta arranque desde una viga de losa, una viga de cimentación, sobre un muro de sótano o losa de cimentación.

Con vinculación exterior.- Se definirá una columna con vinculación exterior cuando ésta arranque desde una zapata, zapata corrida o pilotes.

Referente al desnivel de apoyo y altura de apoyo dejamos con los valores que da por defecto el programa.

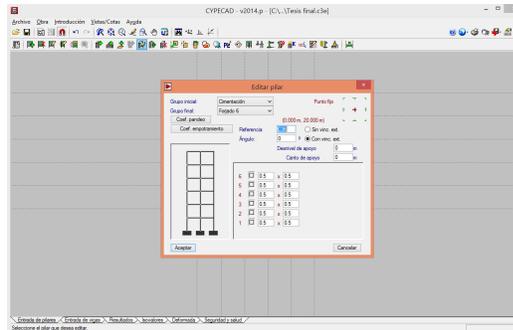


Figura 6.11 Ventana nuevo pilar, características de forma y dimensiones

Fuente: Cypecad 2014

Una vez que ya se ha realizado la configuración en la pestaña columnas, se insertan cada una de las columnas sobre de la plantilla de la edificación, dimensiones que deberían coincidir entre el programa y la plantilla.

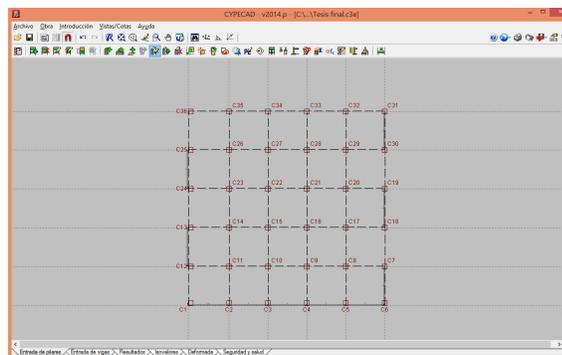


Figura 6.12 Ventana principal con la introducción de las columnas del proyecto

Fuente: Cypecad 2014

6.2.1.3.5 Introducción de vigas para el edificio

Para la introducción de vigas, se debe cambiar de pestaña a introducción de vigas en donde nos darán las opciones referentes a las mismas.

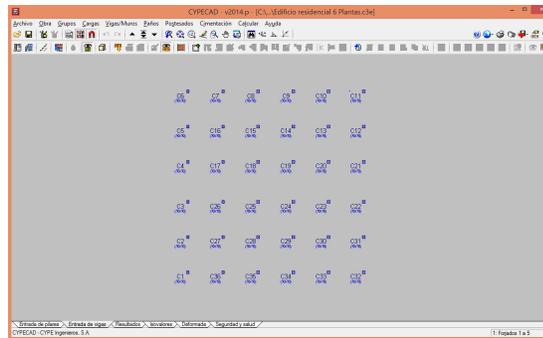


Figura 6.13 Ventana Principal, con la pestaña activa de entrada de vigas

Fuente: Cypecad 2014

Una vez en esta ventana seleccionamos entrar vigas, lo que abre una ventana para seleccionar el tipo y secciones de la viga. Se van a utilizar vigas de hormigón armado con una sección de 30x35 cm de ancho y peralte respectivamente.

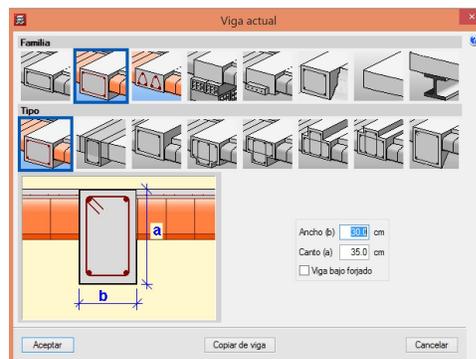


Figura 6.14 Ventana selección del tipo y sección de las vigas

Fuente: Cypecad 2014

Aparecerá un menú flotante denominado entrar viga, el cual presenta las opciones para la introducción de cada una de las vigas, en donde:

- Tener activada la opción Simple.
- Activar la opción izquierda, centro o derecha según sea la conveniencia para la introducción de la viga, en donde aparecerá una referencia de color rojo para unir cada viga con las columnas.
- Activar la opción sin desplazamiento.

- Activar la opción recta o de tratarse de vigas perimetrales no rectas activar arco.

Hay que tener en cuenta que al momento de introducir las vigas, la ventana de capturas debe estar desactivada para que no influya al capturar los ejes seleccionados, y coincida perfectamente con la geometría de las columnas.

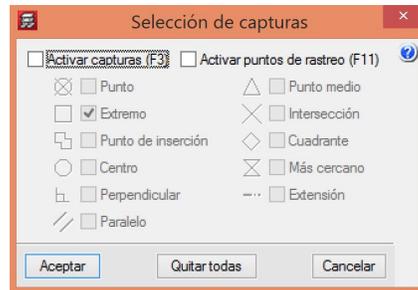


Figura 6.15 Desactivación de capturas

Fuente: Cypecad 2014

Una vez realizado el proceso de introducción de todas las vigas del edificio, nos aparecerá en la ventana principal, la disposición de las mismas con sus dimensiones pre establecidas, y de esta manera quedarán generadas las vigas del edificio que se está modelando.

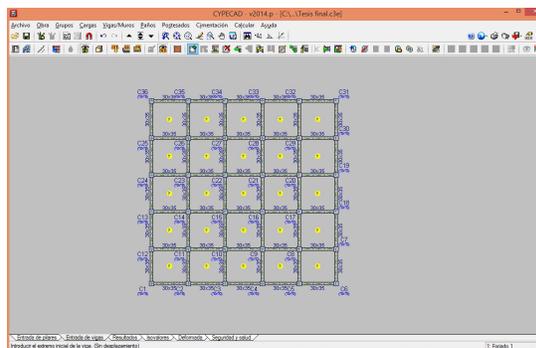


Figura 6.16 Disposición de las vigas del edificio

Fuente: Cypecad 2014

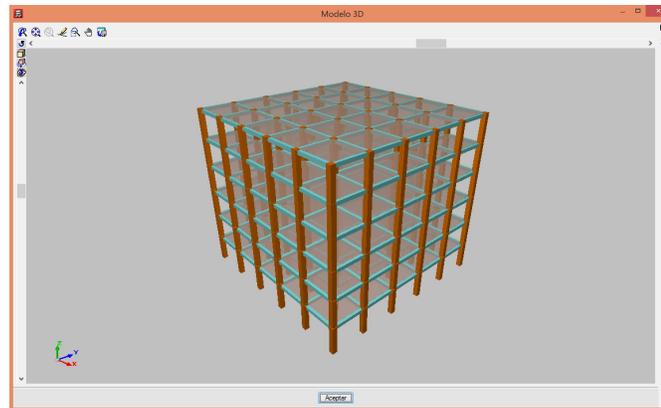


Figura 6.17 Vista en 3D de columnas y vigas del edificio

Fuente: Cypecad 2014

6.2.1.3.6 Introducción de losas para el edificio

La losa designada para nuestra edificación será alivianada bidireccional y con un peralte de 25 cm.

En la ventana gestión de paños se va a configurar las características de la losa a introducir.

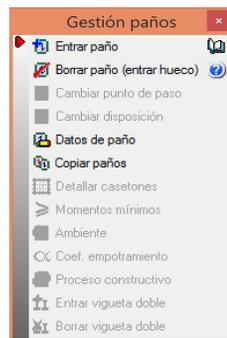


Figura 6.18 Ventana gestión de paños

Fuente: Cypecad 2014

Una vez aquí se procederá a seleccionar entrar paño, lo que abrirá una ventana en donde se realizarán las modificaciones en cuanto a la losa a implementar.

Seleccionamos forjados reticulares, lo que abre las opciones para elegir el tipo de casetón que en este caso es perdido; mientras que al seleccionar el peralte de la losa que es de 25 cm, por defecto el programa da como material poliestireno.

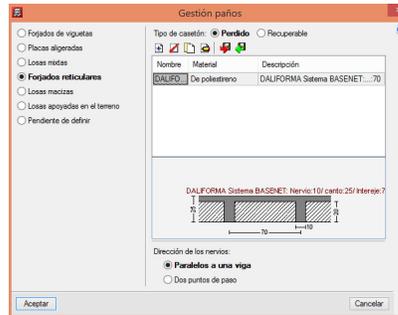


Figura 6.19 Ventana gestión de paños

Fuente: Cypecad 2014

Al seleccionar el ícono añadir, se va a modificar lo siguiente:

- El tipo de material con hormigón ligero debido a que es una losa aligerada.
- La disposición de bloques para el aligeramiento.
- La altura total de la losa (h) que es 25 cm.
- La capa de compresión (c) que será de 5 cm.
- El interaje (b) que es de 50 cm.
- Ancho del nervio (a) que es de 10 cm.

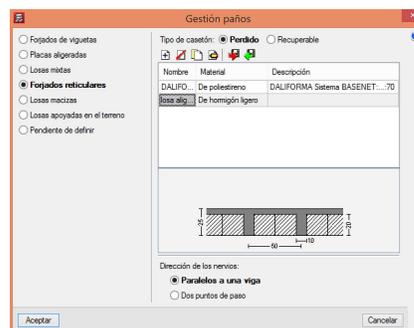


Figura 6.20 Ventana gestión paños introduciendo el material de losa

Fuente: Cypecad 2014

En la misma ventana forjado losa, el programa calcula el volumen y el peso propio del hormigón, con lo cual tenemos un volumen de $0.121 \text{ m}^3/\text{m}^2$ y un peso propio de $0.367 \text{ t}/\text{m}^2$.

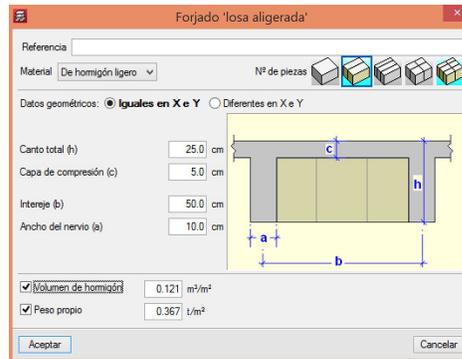


Figura 6.21 Ventana gestión paños modificado material y dimensiones de losa

Fuente: Cypecad 2014

Ahora debido a que el programa no calcula con los alivianamientos, hay que realizar los cambios correspondientes al peso propio, considerando lo siguiente:

Pesos de Bloques por Unidad		
h Losa (cm)	h Bloque (cm)	Carga por unidad Kg/u
15	10	7
20	15	8
25	20	9

Figura 6.22 Peso por unidad de bloque

Fuente: Cypecad 2014

Debido a que en un metro cuadrado entran 8 bloques para una losa de 25 cm, se tiene un peso de $0.072 \text{ t}/\text{m}^2$ según la tabla, lo que significa que ese peso adicional se debe aumentar, quedando un peso propio de $0.439 \text{ t}/\text{m}^2$.

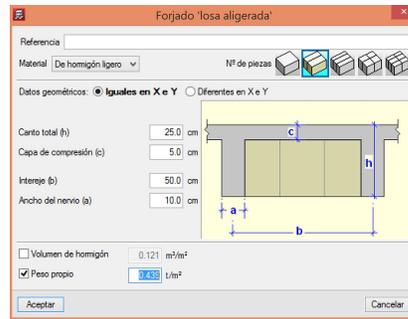


Figura 6.23 Ventana forjado losa con el aumento del peso propio

Fuente: Cypecad 2014

Con todo el proceso anterior realizado, se presiona ingresar paño, seleccionar el tablero de losa y posterior señalar hacia una viga la cual será paralela a los nervios de la losa asignada. Este proceso se lleva a cabo con todos los paños de losa.

Una vez que se ha introducido las losas bidireccionales alivianadas, se tiene que generar los ábacos, esto se hace mediante la opción generar ábacos del menú de losas, en donde la configuración dice lo siguiente:

- Se generará un ábaco en cada columna con dimensiones iguales al 16% de la distancia, entre columnas que queden dentro del ángulo de visión del 40%.
- Con un máximo de 5 veces y un mínimo de 2.5 veces el canto del mismo.

Estos valores son configurables, pero dejamos ya que el programa da por defecto los mismos.

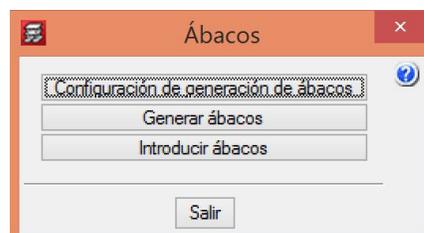


Figura 6.24 Ventana entrada de ábacos

Fuente: Cypecad 2014

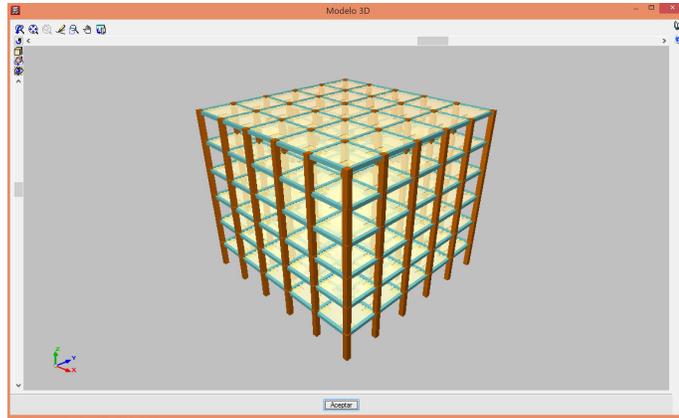


Figura 6.25 Vista en 3D de losas incluidos los árboles

Fuente: Cypecad 2014

6.2.1.3.7 Introducción de la cimentación para el edificio

La introducción de la cimentación se va a realizar mediante la opción elementos de cimentación, para lo cual se va a elegir nuevo, en donde nos permite asignar la cimentación que creamos adecuada para la modelación.



Figura 6.26 Ventana elementos de cimentación

Fuente: Cypecad 2014

Seleccionamos el tipo de cimentación para la estructura, en donde se va a seleccionar elementos de un solo pilar, lo que significa una zapata para cada columna, anteriormente establecimos que las columnas son con vinculación exterior, por esta razón se utilizan zapatas determinando una conexión rígida entre las columnas y la cimentación.



Figura 6.27 Ventana definición de un nuevo elemento

Fuente: Cypecad 2014

Una vez que definimos que se va a utilizar zapatas para la cimentación seleccionamos el tipo de zapata a utilizar, en nuestro caso son zapatas cuadradas excéntricas.



Figura 6.28 Ventana de selección del tipo de zapata a utilizar

Fuente: Cypecad 2014

Con los parámetros asignados previamente, se procede a introducir cada una de las zapatas por cada columna de la edificación. Esto se realiza en la pestaña de entrada de vigas, pulsando sobre cada una de las columnas, según sea la excentricidad que se desee se pulsa dentro o fuera de las columnas, y hacia el lado de la excentricidad. En nuestro caso todas van descentradas debido a que según los planos arquitectónicos no se tienen restricciones perimetrales.

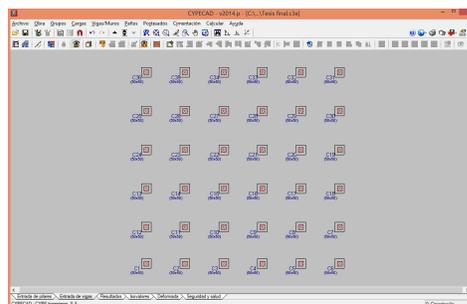


Figura 6.29 Disposición de las zapatas para cada una de las columnas

Fuente: Cypecad 2014

Lo que se pretende estructuralmente es que la edificación a modelar funcione como un solo elemento rígido, para lo cual se debe utilizar vigas de atado uniendo todas las zapatas.



Figura 6.30 Ventana introducción de vigas centradoras y de atado

Fuente: Cypecad 2014

Al entrar viga se abre la opción en donde nos da a elegir si se desea vigas centradoras o vigas de atado.

Como se indicó, lo que se pretende es hacer funcionar a la estructura como un todo se selecciona vigas de atado, el programa nos da por defecto las dimensiones y el acero que va a tener, valores que asumimos para la modelación.

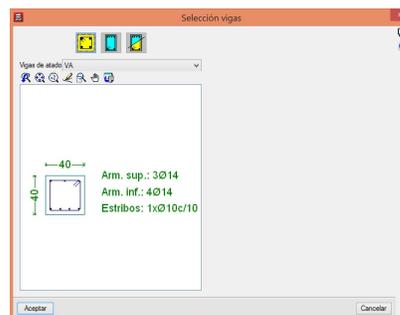


Figura 6.31 Selección de vigas de atado, dimensiones y acero de refuerzo asignado

Fuente: Cypecad 2014

Toda la cimentación queda definida con las zapatas cuadradas excéntricas, para cada columna como elementos de cimentación, unidas mediante vigas de atado entre todas las zapatas.

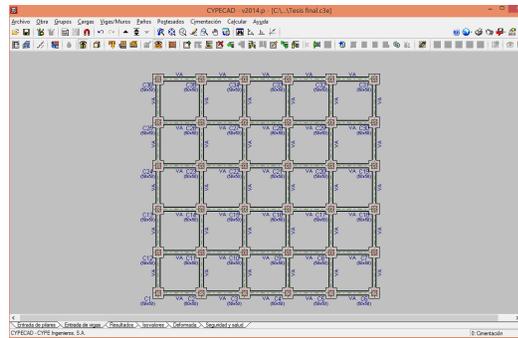


Figura 6.32 Disposición de la cimentación de la estructura

Fuente: Cypecad 2014

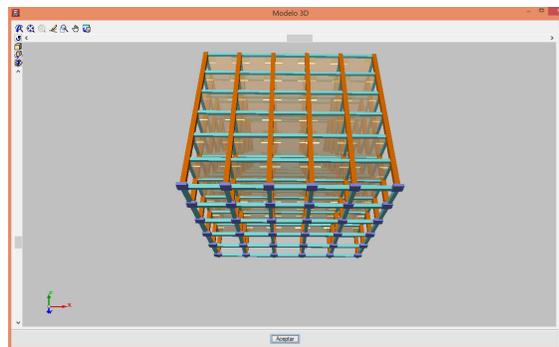


Figura 6.33 Disposición de la cimentación de la estructura

Fuente: Cypecad 2014

6.2.1.4 Procedimiento constructivo

Procedimiento constructivo; es la secuencia de actividades que se realizan dentro de un proyecto para conseguir la construcción de una estructura; a continuación se presentará el procedimiento constructivo que se debe llevar a cabo, para obtener una edificación residencial por el sistema tradicional o comúnmente denominado hormigonado en sitio.

Teniendo en cuenta que, al tratarse de un análisis comparativo estructural y económico no se van a considerar ningún tipo de instalaciones ni mucho menos acabados.

6.2.1.4.1 Obras preliminares

Es la fase inicial en donde se realizan todas las obras previas a la fase de construcción.

6.2.1.4.1.1 Desbroce y limpieza del terreno

Es la limpieza de plantas, árboles, maleza y basura existente en el terreno previa al replanteo y nivelación.

6.2.1.4.1.2 Replanteo y nivelación del terreno

En esta actividad se va a alinear, ubicar y marcar en el terreno de construcción los ejes principales señalados en los planos del proyecto, con el fin de revisar la ubicación de los linderos, marcar las cruces de los muros o sus ejes y definir el ancho de la excavación para los cimientos.

6.2.1.4.1.3 Excavación a máquina

La excavación se debe llevar a cabo con una o más retroexcavadoras según sean los requerimientos, como las dimensiones del terreno y la profundidad necesaria a excavar para el proyecto actual, dicha excavación se va a llevar a cabo con una retroexcavadora un área de 400 m², y a una profundidad de 1.5 m.

6.2.1.4.1.4 Movimiento de tierras

El movimiento de tierras se va a realizar con el fin de poder movilizar el material innecesario producido por la excavación, la unidad de medida de este rubro está en m³ lo que implica, que el número de desalojos que se debe realizar estará en referencia a la cantidad de material en m³.

6.2.1.4.2 Cimentación

La cimentación deberá estar preestablecida en los planos estructurales de la edificación debido a que el tipo de cimentación, quedará a criterio del ingeniero estructural, el cual analiza factores relevantes conectados directamente con el tipo de suelo, factor de sismicidad, peso de la edificación y demás factores que intervienen en la estabilidad del edificio.

Para el proyecto actual se va a realizar una cimentación por medio de zapatas cuadradas excéntricas, y unidas mediante vigas de atado con el fin de rigidizar el edificio, y de esta

manera transmitir todas las fuerzas verticales y horizontales del edificio de forma uniforme, desde la cubierta hacia la cimentación; la cual se realizará a una profundidad de 1.5 m.

6.2.1.4.3 Estructuración

Es la fase final respecto a la parte estructural, aquí se lleva a cabo la construcción de cada uno de los elementos estructurales, según sea el orden de prioridad estructural empezando por las columnas, vigas, losas de entrepiso y escaleras respectivamente.

6.2.1.4.3.1 Columnas

Las columnas serán de hormigón armado y tendrán dimensiones de 50x50 cm, con una resistencia a compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, una fluencia del acero $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$. Se realizan con un encofrado metálico, se tiene una altura de entrepiso de 3 m, lo que significa que se fundirá una columna con cada molde de encofrado, el número de columnas a construir dependerá del número de trabajadores y el rendimiento que éstos presenten.

Pasos para la construcción de las columnas para cada uno de los niveles:

- Armado del hierro longitudinal.
- Armado de los estribos.
- Encofrado de las columnas.
- Fundición de las columnas.

6.2.1.4.3.2 Vigas

Se utilizarán vigas de hormigón armado, de 30x35 cm con luces de 4 m entre columnas. En donde una vez que todas las columnas de ese nivel están listas se procederá a seguir los siguientes pasos:

- Armado del hierro longitudinal.
- Armado de los estribos.

- Unión de los extremos de las vigas y columnas por medio del acero de anclaje, con el fin de que llegado el momento de la fundición de las vigas éstas formen un pórtico rígido con las columnas.

6.2.1.4.3.3 Losas de entrepiso

La losa de entrepiso será aligerada, con un peralte de $h = 25$ cm según el diseño determinado en la sección 6.2.1.2.3. Una vez que ya están armadas todas las vigas de ese nivel sobre las columnas se seguirán los siguientes pasos:

- Colocar el encofrado para las losas, este puede ser de madera o en el mejor de los casos de metal para evitar fugas del hormigón, además debe ser apuntalado verticalmente para soportar el peso del hormigón hidráulico al momento de ser vertido; este encofrado va a servir también para las vigas que estaban previamente armadas.
- Al momento de construir la losa hay diferentes variantes que quedan en manos del diseñador estructural, ya que se pueden usar diferentes métodos entre los cuales tenemos:
 - ✓ Losa maciza
 - ✓ Losa aligerada con bloques
 - ✓ Losa aligerada con ladrillos
 - ✓ Losa aligerada con casetones plásticos
 - ✓ Losa con sistemas metálicos novalosa
- Para nuestro diseño se realizará mediante una losa aligerada con bloques, los cuales poseen un grandes dimensiones y poco peso en relación a los ladrillos, lo que permite una menor cantidad de hormigón hidráulico en m^3 , manteniendo la principal característica de aligerar la losa.
- Colocar malla metálica en todo lo ancho de la losa, además de colocar el acero de refuerzo en la parte inferior, el cual va a absorber el momento positivo generado.
- Unir el acero de refuerzo de la losa con la malla mediante alambre de amarre, y el acero de refuerzo de la losa con el de las vigas con traslapes y ganchos.

- Encofrar verticalmente todos los extremos de la losa del edificio, para evitar que el hormigón hidráulico se fugue.
- Fundición de losas y vigas.

6.2.2 Sistema estructural prefabricado en hormigón preesforzado

Este sistema estructural es una serie de elementos prefabricados, que se unen entre sí con el fin de formar una estructura, elementos que son construidos en fábrica para su posterior montaje en la obra. A continuación presentamos las propiedades de los materiales que lo conforman:

Tabla 6.11 Propiedades del hormigón prefabricado preesforzado

Peso específico	γ_h	2400	kg/m ³
Resistencia a la compresión	f'_c	350	kg/cm ²
Módulo de elasticidad	E	280000	kg/cm ²
Coefficiente de Poisson	ν	0,20	

Tabla 6.12 Propiedades del acero de preesfuerzo

Peso	γ_a	7850	kg/m ³
Límite rotura	f_{pu}	19000	kg/cm ²
Módulo de elasticidad	E_s	2100000	kg/cm ²
Límite de fluencia	f_{py}	17000	kg/cm ²

6.2.2.1 Aspectos generales de diseño

6.2.2.1.1 Coeficientes de reducción

Los coeficientes de reducción que se presentan son los mismos que se utilizan para hormigón armado, en donde:

Secciones controladas por tracción	$\phi = 0.90$
Secciones controladas por compresión	
Elementos con refuerzo espiral	$\phi = 0.75$
Otros elementos reforzados	$\phi = 0.65$

Cortante y torsión	$\phi = 0.75$
Aplastamiento en el concreto	$\phi = 0.65$

6.2.2.1.2 Diseño de columnas

Para su diseño se siguen los lineamientos del ACI 318-08, de acuerdo a lo estipulado en la sección 4.1.3.

Se va a utilizar columnas pretensadas prefabricadas con ménsula, como se muestra en la siguiente figura.

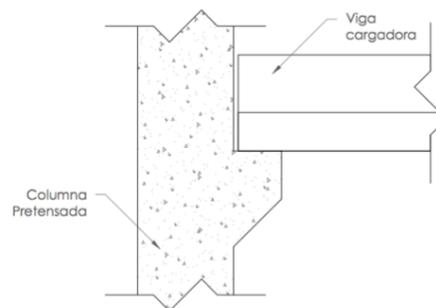


Figura 6.34 Columna pretensada prefabricada con ménsula

Fuente: (Peñaloza, 2014)

Las columnas deben ser pretensadas en dos de las cuatro caras del elemento, con la misma fuerza de pretensado inicial P_i en todos los cables. Como sabemos las vigas transmiten a las columnas la carga axial última P_u , pero esta carga no actúa directamente sobre su eje, al contrario está actuando sobre la ménsula, lo que implica que se genera excentricidad, para poder llevar la carga última al eje de la columna se genera un momento flector último, resultando de la siguiente manera:

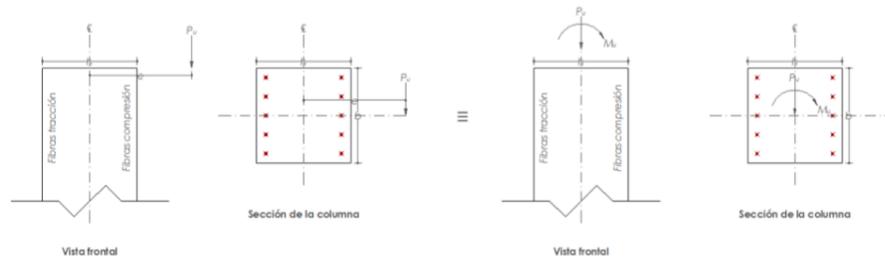


Figura 6.35 Esfuerzos actuantes en una columna pretensada prefabricada

Fuente: (Peñaloza, 2014)

Datos adicionales:

$$f'_{ci} = 280 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_{pi} = 14250 \text{ kg/cm}^2$$

Donde:

f'_{ci} : Resistencia a la compresión del hormigón al momento de transmitir la fuerza de preesfuerzo.

f'_{pi} : Esfuerzo de pretensado inicial

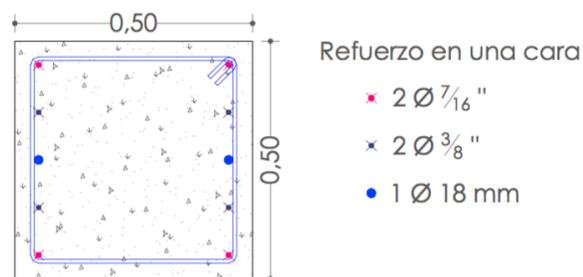


Figura 6.36 Sección columna pretensada prefabricada

El área de la sección transversal será de :

$$A = 2500 \text{ cm}^2$$

Determinación del momento de inercia

Rectángulo:

$$I = \frac{1}{12} * b * h^3$$

$$I = \frac{1}{12} * 50 * 50^3$$

$$I = 520833 \text{ cm}^4$$

$$r^2 = \frac{I}{A}$$

$$r^2 = \frac{520833}{2500}$$

$$r^2 = 208.33 \text{ cm}^2$$

Módulo de la sección

$$S = \frac{I}{c}$$

S: Módulo resistente de la sección

c: Distancia desde el centro de gravedad del elemento a la fibra de interés

Respecto a la fibra superior:

$$S^t = \frac{I}{c^t}$$

$$S^t = \frac{520833}{25}$$

$$S^t = 20833.33 \text{ cm}^3$$

Respecto a la fibra inferior:

$$S_b = \frac{I}{c_b}$$

$$S_b = \frac{520833}{25}$$

$$S_b = 20833.33 \text{ cm}^3$$

Excentricidad

$$e = y_g - r'$$

r' : Distancia desde el centro de gravedad de los cables a la parte inferior

$$e = 25 - 5.5$$

$$e = 13.37 \text{ cm}$$

6.2.2.1.2.1 Cálculo de carga y momento de la columna

$$q_{sección \blacksquare} = A_{total} * \gamma_{Ho}$$

$$q_{sección \blacksquare} = 0.25 * 2400$$

$$q_{sección \blacksquare} = 600 \text{ kg/m}$$

$$M_D = \frac{1}{8} * Q * L^2$$

$$M_D = \frac{1}{8} * 600 * 6^2$$

$$M_D = 2700 \text{ kg} * m$$

$$M_D = 270000 \text{ kg} * cm$$

6.2.2.1.2.2 Diseño al destensar el elemento

Se proceden a calcular los esfuerzos en el centro de la columna:

$$f_b = -\frac{P_i}{A_c} + \frac{M_D}{S_b}$$

$$f_b = -\frac{73530}{2500} + \frac{270000}{20833.33}$$

$$f_b = -16.45 \text{ kg/cm}^2$$

$$f^t = -\frac{P_i}{A_c} - \frac{M_D}{S^t}$$

$$f^t = -\frac{73530}{2500} - \frac{270000}{20833.33}$$

$$f^t = -43.37 \text{ kg/cm}^2$$

Para calcular los esfuerzos en los extremos de la columna se utiliza la siguiente ecuación:

$$f_{comp} = -\frac{P_i}{A_c}$$

$$f_{comp} = -\frac{73530}{2500}$$

$$f_{comp} = -29.41 \text{ kg/cm}^2$$

6.2.2.1.2.3 Diseño al transportar el elemento

$$f_b = -\frac{P_e}{A_c} + \frac{1.5 * M_D}{S_b}$$

$$f_b = -\frac{56618.10}{2500} + \frac{1.5 * 270000}{20833.33}$$

$$f_b = -3.21 \text{ kg/cm}^2$$

$$f^t = -\frac{P_e}{A_c} - \frac{1.5 * M_o}{S^t}$$

$$f^t = -\frac{56618.10}{2500} - \frac{1.5 * 270000}{20833.33}$$

$$f^t = -42.09 \text{ kg/cm}^2$$

6.2.2.1.2.4 Diseño última resistencia a flexocompresión

Carga Axial nominal

$$P_n = C_{cn} - T'_{pn} - T_{pn} + T'_{sn} - T_{sn}$$

Momento nominal

$$M_n = C_{cn} * \left(\frac{h}{2} - \frac{a}{2}\right) - T'_{pn} * \left(\frac{h}{2} - d'_p\right) + T_{pn} * \left(d_p - \frac{h}{2}\right) + T'_{sn} * \left(\frac{h}{2} - d'\right) + T_{sn} * \left(d - \frac{h}{2}\right)$$

$$C_n = 0.85 * f'_c * a * b$$

$$T'_{pn} = A'_{ps} * E_{ps} * \left[\varepsilon_{pe} - \varepsilon_{cu} * \frac{c - d'_p}{c} + \varepsilon_{ce} \right]$$

$$T_{pn} = A_{ps} * E_{ps} * \left[\varepsilon_{pe} + \varepsilon_{cu} * \frac{d_p - c}{c} + \varepsilon_{ce} \right]$$

$$T'_{sn} = A'_s * E_s * \varepsilon_{cu} * \left(\frac{c - d'}{c}\right)$$

$$T_{sn} = A_s * E_s * \varepsilon_{cu} * \left(\frac{d - c}{c}\right)$$

$$C_c = T$$

$$0.85 * f'_c * a * b = A_p * f_{ps}$$

$$a = \frac{A_p * f_{ps}}{\beta_1 * f'_c * b}$$

Área de los cables pretensados

$$A_p = 4\emptyset 7/16 = 4 * 0.697 = 2.788$$

$$4\emptyset 3/8 = 4 * 0.516 = \underline{2.064}$$

$$4.852 \text{ cm}^2$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 * \frac{f'_c - 280}{70}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 * \frac{350 - 280}{70}$$

$$\beta_1 = 0.80$$

$$a = \frac{4.852 * 19000}{0.80 * 350 * 50}$$

$$a = 6.6 \text{ cm}$$

$$a = \beta_1 * c$$

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

$$c = \frac{6.6}{0.8}$$

$$c = 8.25 \text{ cm}$$

Empezamos analizando cuando la carga axial $P_u = 0$, y en donde $a = 6.6 \text{ cm}$ y $c = 8.25 \text{ cm}$

$$C_n = 98266.4 \text{ kg}$$

$$T'_{pn} = 31198.86 \text{ kg}$$

$$T_{pn} = 58348.1 \text{ kg}$$

$$T'_{sn} = 4640.16 \text{ kg}$$

$$T_{sn} = 13359.6 \text{ kg}$$

$$P_n = 0$$

$$M_n = 30999.8 \text{ kg m}$$

Cuando $a = 11 \text{ cm}$ y $c = 13.75 \text{ cm}$

$$C_n = 163625 \text{ kg}$$

$$T'_{pn} = 25348.9 \text{ kg}$$

$$T_{pn} = 58348.1 \text{ kg}$$

$$T'_{sn} = 10410.1 \text{ kg}$$

$$T_{sn} = 13359.6 \text{ kg}$$

$$P_n = 76978.5 \text{ kg}$$

$$M_n = 45060.6 \text{ kg m}$$

Cuando $a = 20 \text{ cm}$ y $c = 25 \text{ cm}$

$$\begin{aligned}
 C_n &= 297500 \text{ kg} \\
 T'_{pn} &= 21390.9 \text{ kg} \\
 T_{pn} &= 58348.1 \text{ kg} \\
 T'_{sn} &= 13359.6 \text{ kg} \\
 T_{sn} &= 13359.6 \text{ kg} \\
 P_n &= 217761 \text{ kg} \\
 M_n &= 63310.3 \text{ kg m}
 \end{aligned}$$

Cuando $a = 28 \text{ cm}$ y $c = 35 \text{ cm}$

$$\begin{aligned}
 C_n &= 416500 \text{ kg} \\
 T'_{pn} &= 20008.8 \text{ kg} \\
 T_{pn} &= 47651.6 \text{ kg} \\
 T'_{sn} &= 13359.6 \text{ kg} \\
 T_{sn} &= 11587.4 \text{ kg} \\
 P_n &= 350612 \text{ kg} \\
 M_n &= 67995 \text{ kg m}
 \end{aligned}$$

Cuando $a = 40 \text{ cm}$ y $c = 50 \text{ cm}$

$$\begin{aligned}
 C_n &= 595000 \text{ kg} \\
 T'_{pn} &= 18972.2 \text{ kg} \\
 T_{pn} &= 38322.2 \text{ kg} \\
 T'_{sn} &= 13359.6 \text{ kg} \\
 T_{sn} &= 2385.65 \text{ kg} \\
 P_n &= 548680 \text{ kg} \\
 M_n &= 60569.1 \text{ kg m}
 \end{aligned}$$

Cuando $a = 50 \text{ cm}$ y $c = \infty$

$$C_n = 743750 \text{ kg}$$

$$T'_{pn} = 18488.4 \text{ kg}$$

$$T_{pn} = 33968.4 \text{ kg}$$

$$T'_{sn} = 13359.6 \text{ kg}$$

$$T_{sn} = -1908.51 \text{ kg}$$

$$P_n = 706561 \text{ kg}$$

$$M_n = 0 \text{ kg m}$$

Tabla 6.13 Resultados del diagrama de interacción nominal

Punto	$a(\text{cm})$	$c(\text{cm})$	$C_{cn}(\text{kg})$	$T'_{pn}(\text{kg})$	$T_{pn}(\text{kg})$	$T'_{sn}(\text{kg})$	$T_{sn}(\text{kg})$	$P_n(\text{kg})$	$M_n(\text{kg m})$
1	6,6	8,25	98266,4	31198,86	58348,10	4640,16	13359,60	0,00	30999,80
2	11	13,75	163625,00	25348,90	58348,10	10410,10	13359,60	76978,50	45060,60
3	20	25	297500,00	21390,90	58348,10	13359,60	13359,6	217761,00	63310,30
4	28	35	416500,00	20008,80	47651,60	13359,60	11587,40	350612,00	67995,00
5	40	50	595000,00	18972,20	38322,20	13359,60	2385,65	548680,00	60569,10
6	50	∞	743750,00	18488,40	33968,40	13359,60	-1908,51	706561,00	0,00

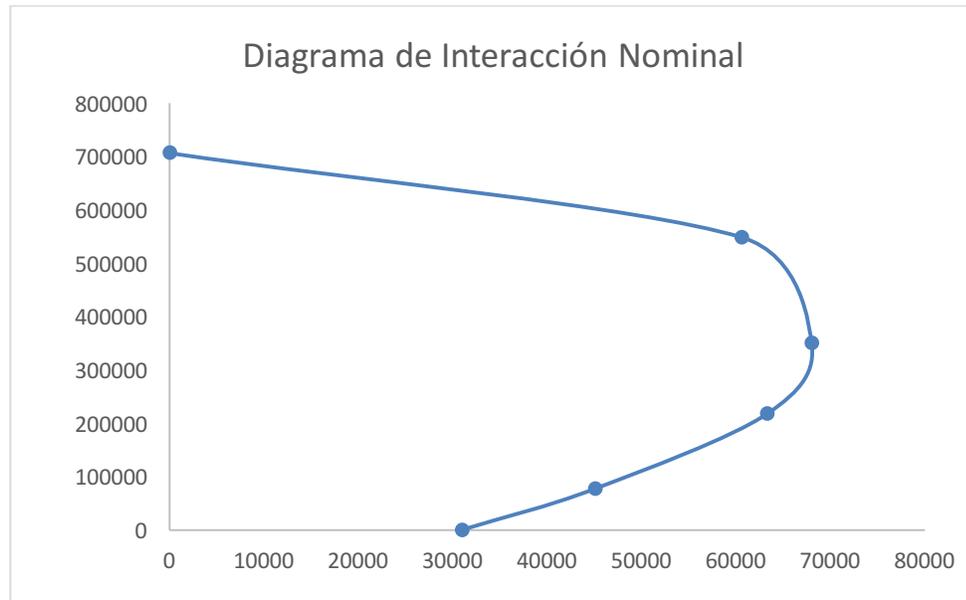


Figura 6.37 Diagrama de interacción nominal

Es necesario determinar el valor de ϕ para reducción de capacidad de la columna, y se debe calcular la carga axial máxima resistente que establece el ACI, hay que considerar que la columna va a estar reforzada con estribos, por lo tanto la tabla queda de la siguiente manera.

Tabla 6.14 Resultados del diagrama de interacción nominal

Punto	c (cm)	Pn (kg)	Mn (kg m)	c/dp	ϕ	ϕPn (kg)	ϕPn max (kg)	ϕPn (kg)	ϕMn (kg m)
1	8,25	0,00	30999,80	0,19	0,90	0,00		0,00	27899,82
2	13.75	76978,50	45060,60	0,31	0,90	69280,65		69280,65	40554,54
3	25	217761,00	63310,30	0,57	0,80	174208,80		174208,80	50648,24
4	35	350612,00	67995,00	0,80	0,65	227897,80	367411,72	227897,80	44196,75
5	50	548680,00	60569,10	1,14	0,65	356642,00		356642,00	39369,92
6	∞	706561,00	0,00	∞	0,65	459264,65		367411,72	0,00

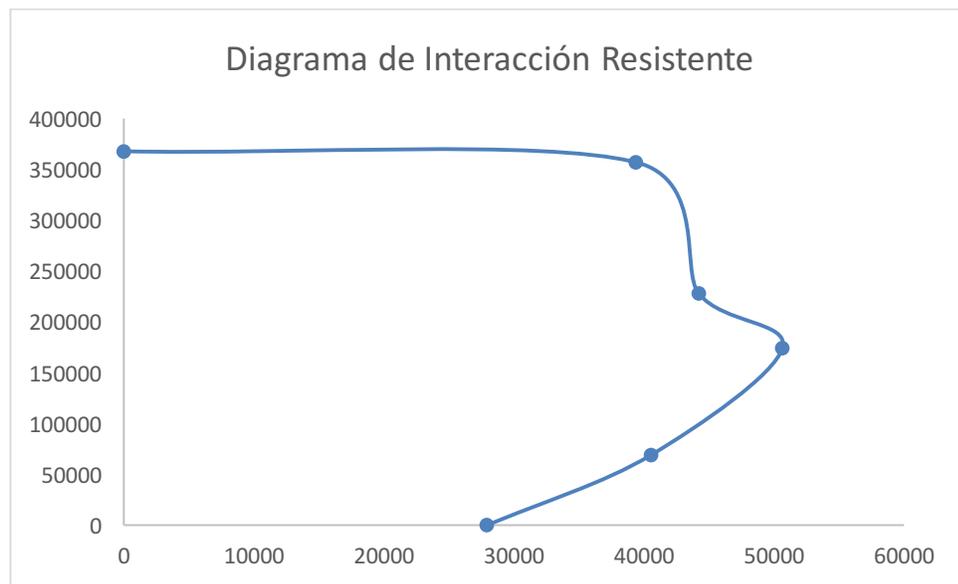


Figura 6.38 Diagrama de interacción resistente

6.2.2.1.3 Diseño de vigas

Se debe seguir el ACI 318-08, de acuerdo a lo estipulado en la sección 4.1.4.

El área de la sección transversal será de :

$$A = 1800 \text{ cm}^2$$

Determinación del centro de gravedad

$$y_g = \frac{\sum A_i * y_{gi}}{\sum A_i}$$

y_g : Centro de gravedad del elemento compuesto

A_i : Sección transversal del elemento i

y_{gi} : Centro de gravedad del elemento i

Dividiendo la figura compuesta en figuras conocidas siendo:

Rectángulo medio (1)

Rectángulo izquierdo (2)

Triángulo derecho (3)

Tabla 6.15 Área de los elementos que componen la sección compuesta

Elemento	$A_i \text{ (cm}^2\text{)}$	$y_{gi} \text{ (cm)}$
1	1350	22.5
2	225	15
3	225	15

$$y_g = \frac{(1350 * 22.5) + (225 * 15) + (225 * 15)}{1800}$$

$$y_g = 18.87 \text{ cm}$$

Determinación del momento de inercia

$$I = \sum I_i + (A_i * r_i^2)$$

I : Momento de inercia del elemento compuesto, respecto a su centro de gravedad

I_i : Momento de inercia del elemento i , respecto a su centro de gravedad

A_i : Sección transversal del elemento i

r_i : Distancia desde el centro de gravedad del elemento i al centro de gravedad del elemento compuesto

Rectángulo:

$$I = \frac{1}{12} * b * h^3$$

Tabla 6.16 Valores correspondientes al momento de inercia del elemento

$Elemento_i$	$I (cm^4)$	$A (cm^2)$	$r (cm)$	$r^2 (cm^2)$	$\sum I_i + (A_i * r_i^2)$
1	227813	1350	3.63	13.18	245606
2	16875	225	3.87	14.98	20245.5
3	16875	225	3.87	14.98	20245.5

$$I = 245606 + 20245.5 + 20245.5$$

$$I = 286097 \text{ cm}^4$$

Radio de giro

$$r^2 = \frac{I}{A}$$

$$r^2 = \frac{286097}{1800}$$

$$r^2 = 158.94 \text{ cm}^2$$

Módulo de la sección

$$S = \frac{I}{c}$$

S : Módulo resistente de la sección

c : Distancia desde el centro de gravedad del elemento a la fibra de interés

Respecto a la fibra superior:

$$S^t = \frac{I}{c^t}$$

$$S^t = \frac{286097}{26.13}$$

$$S^t = 10949 \text{ cm}^3$$

Respecto a la fibra inferior:

$$S_b = \frac{I}{c_b}$$

$$S_b = \frac{286097}{18.87}$$

$$S_b = 15161.5 \text{ cm}^3$$

Excentricidad

$$e = y_g - r'$$

r' : Distancia desde el centro de gravedad de los cables a la parte inferior

$$e = 18.87 - 5.5$$

$$e = 13.37 \text{ cm}$$

6.2.2.1.3.1 Cálculo de cargas y momentos

$$q_{\text{sección } T} = A_{\text{total}} * \gamma_{Ho}$$

$$q_{\text{sección } T} = 0.18 * 2400$$

$$q_{\text{sección } T} = 432 \text{ kg/m}$$

$$M_D = \frac{1}{8} * Q * L^2$$

$$M_D = \frac{1}{8} * 432 * 4^2$$

$$M_D = 864 \text{ kg} * \text{m}$$

$$M_D = 86400 \text{ kg} * \text{cm}$$

6.2.2.1.3.1.1 Producto de la carpeta

La carga y momento correspondiente a la carpeta se obtiene de la siguiente manera:

$$q_{carpeta} = \text{Ancho total} * h_c * \gamma_{Ho}$$

$$q_{carpeta} = 1.00 * 0.10 * 2400$$

$$q_{carpeta} = 240 \text{ kg/m}$$

$$M_{SD} = \frac{q * l^2}{8}$$

$$M_{SD} = \frac{240 * 4^2}{8}$$

$$M_{SD} = 480 \text{ kg} * \text{m}$$

$$M_{SD} = 48000 \text{ kg} * \text{cm}$$

6.2.2.1.3.1.2 Producto del trabajo

Se utiliza únicamente para el segundo estado que corresponde al momento de hormigonar la carpeta, peso generado por los trabajadores y demás elementos:

$$q_{trabajo} = 60 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{trabajo} = 60 \text{ kg/m}^2 * 1.00 \text{ m}$$

$$q_{trabajo} = 60 \text{ kg/m}$$

$$M_T = \frac{q_{trabajo} * l^2}{8}$$

$$M_T = \frac{60 * 4^2}{8}$$

$$M_T = 120 \text{ kg} * \text{m}$$

$$M_T = 12000 \text{ kg} * \text{cm}$$

6.2.2.1.3.1.3 Producto de la tabiquería

Es el producto de la carga que se produce de la tabiquería, según la NEC 11 es el siguiente valor:

$$q_{\text{tabiquería}} = 100 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{\text{tabiquería}} = 100 \text{ kg/m}^2 * 1 \text{ m}$$

$$q_{\text{tabiquería}} = 100 \text{ kg/m}$$

$$M_{D(+)} = \frac{q_{\text{tabiquería}} * l^2}{14}$$

$$M_{D(+)} = \frac{100 * 4^2}{14}$$

$$M_{D(+)} = 114.28 \text{ kg} * \text{m}$$

$$M_{D(+)} = 11428 \text{ kg} * \text{cm}$$

6.2.2.1.3.1.4 Producto de la carga viva

Es la carga viva utilizada para edificaciones de uso residencial según la NEC 11.

$$q_{\text{viva}} = 200 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{\text{viva}} = 200 \text{ kg/m}^2 * 1 \text{ m}$$

$$q_{\text{viva}} = 200 \text{ kg/m}$$

$$M_L = \frac{q_{\text{viva}} * l^2}{14}$$

$$M_L = \frac{200 * 4^2}{14}$$

$$M_L = 228.57 \text{ kg} * \text{m}$$

$$M_L = 22857 \text{ kg} * \text{cm}$$

6.2.2.1.3.2 Pérdidas debido a la fuerza de preesfuerzo

$$\Delta f_{pt} = \Delta f_{pa} + \Delta f_R + \Delta f_{pe} + \Delta f_{cr} + \Delta f_{cf}$$

6.2.2.1.3.2.1 Pérdida por el acortamiento instantáneo del hormigón al momento de cortar los cables

$$E_{ci} = 15100\sqrt{f'_{ci}}$$

$$E_{ci} = 15100\sqrt{280}$$

$$E_{ci} = 252671 \text{ kg/cm}^2$$

$$n = \frac{E_p}{E_{ci}}$$

$$n = \frac{2000000}{252671}$$

$$n = 7.92$$

E_{ci} : Módulo de elasticidad de la viga al momento de cortar los cables

f'_{ci} : Resistencia a la compresión del hormigón al momento de transmitir la fuerza de preesfuerzo.

n : Relación entre módulos de elasticidad del hormigón y del acero preesforzado

$$f_{cp} = -\frac{P_i}{A_c} \left(1 - \frac{e^2}{r^2}\right) + \frac{eM_D}{I}$$

$$f_{cp} = -\frac{276360}{1800} \left(1 - \frac{13.37^2}{158.94}\right) + \frac{13.37 * 86400}{286097}$$

$$f_{cp} = 23.18 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta f_{pe} = n * f_{cp}$$

$$\Delta f_{pe} = 7.92 * 23.18$$

$$\Delta f_{pe} = 183.59 \text{ kg/cm}^2$$

6.2.2.1.3.2.2 Pérdida por corrimiento y ajuste de cuñas

El corrimiento de cuñas se encuentra entre 3 y 10 mm, por lo que se asume un valor intermedio de:

$$v = 0.6 \text{ cm}$$

La deformación por corrimiento de cuñas es:

$$\varepsilon = \frac{v}{L}$$

$$\varepsilon = \frac{0.6}{400}$$

$$\varepsilon = 0.001$$

$$\Delta f_{pa} = \varepsilon * E_p$$

$$\Delta f_{pa} = 0.001 * 2100000$$

$$\Delta f_{pa} = 2100 \text{ kg/cm}^2$$

6.2.2.1.3.2.3 Pérdida por retracción del hormigón

$$V = 1800.00 * 1.00$$

$$V = 1800 \text{ cm}^3$$

$$S = 180.00 * 1.00$$

$$S = 180.00 \text{ cm}^2$$

El valor de la humedad relativa en fábrica debe ser muy cercano a 100%, por lo tanto asumimos un valor de 90%

$$HR = 90\%$$

$$\Delta f_{cr} = 8.2 \times 10^{-6} E_p \left(1 - 0.0236 \frac{V}{S} \right) (100 - HR)$$

$$\Delta f_{cr} = 8.2 \times 10^{-6} 2100000 \left(1 - 0.0236 \frac{1800}{180} \right) (100 - 90)$$

$$\Delta f_{cr} = 131.56 \text{ kg/cm}^2$$

6.2.2.1.3.2.4 Pérdida por fluencia plástica del hormigón

El rango de valores para la relación de pérdidas unitarias se encuentra entre 2 y 4, por lo que asumimos un valor de:

$$C_u = 2.35$$

Se considera que el hormigón alcanza toda la fluencia plástica en un periodo de:

$$t = 1825 \text{ días}$$

$$C_t = \frac{t^{0,6}}{10 + t^{0,6}} C_u$$

$$C_t = \frac{1825^{0,6}}{10 + 1825^{0,6}} * 2.35$$

$$C_t = 2.12$$

$$\Delta f_{cf} = C_t \frac{E_p}{E_c} f_{cp}$$

$$\Delta f_{cf} = 2.12 \frac{2100000}{282495} * 23.18$$

$$\Delta f_{cf} = 365.30 \text{ kg/cm}^2$$

6.2.2.1.3.2.5 Pérdida por relajación del acero de preesfuerzo

$$\Delta f_R = f_{pi} \left(\frac{\log t}{45} \right) \left(\frac{f_{pi}}{f_{py}} - 0.55 \right)$$

$$\Delta f_R = 14000 \left(\frac{\log(1825 * 24)}{45} \right) \left(\frac{14000}{17120} - 0.55 \right)$$

$$\Delta f_R = 386.65 \text{ kg/cm}^2$$

Tabla 6.17 Resumen de las pérdidas

RESUMEN DE PÉRDIDAS			
		<i>kg/cm²</i>	%
Pérdidas en el hormigón	Acortamiento elástico instantáneo	183.59	1.32
	Retracción del hormigón	131.56	0.94
	Fluencia plástica del hormigón	365.30	2.60
Pérdidas en el acero de refuerzo	Corrimiento y ajuste de cuñas	2100.00	15.00
	Relajación del acero de preesfuerzo	386.65	2.76
TOTAL		3167.10	22.62

El coeficiente de pérdidas a utilizarse es el siguiente:

$$C_p = 1 - \frac{\% \text{ pérdidas}}{100}$$

$$C_p = 1 - \frac{22.62}{100}$$

$$C_p = 0.774$$

6.2.2.1.3.3 Análisis de esfuerzos

Se deben determinar los esfuerzos en las fibras superiores e inferiores de los elementos, se realiza con las siguientes expresiones:

6.2.2.1.3.3.1 Al momento de cortar los cables

$$f^t = -\frac{P_i}{A_c} \left(1 - \frac{e c_t}{r^2}\right) - \frac{M_D}{S^t}$$

$$f^t = -\frac{276360}{1800} * \left(1 - \frac{13.37 * 26.13}{158.94}\right) - \frac{86400}{10949}$$

$$f^t = 176.05 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_b = -\frac{P_i}{A_c} \left(1 + \frac{e c_b}{r^2}\right) + \frac{M_D}{S_b}$$

$$f_b = -\frac{276360}{1800} * \left(1 + \frac{13.37 * 18.87}{158.94}\right) + \frac{86400}{15161.5}$$

$$f_b = -391.54 \text{ kg/cm}^2$$

Donde:

f^t : Esfuerzo en la fibra superior

f_b : Esfuerzo en la fibra inferior

P_i : Fuerza de pretensado inicial

A_c : Área de hormigón

e : Excentricidad del cable de preesfuerzo al eje neutro

c_t : Distancia del eje neutro a la fibra extrema superior

c_b : Distancia del eje neutro a la fibra extrema inferior

r^2 : Radio de giro al cuadrado

M_D : Momento por peso propio

S^t : Módulo resistente respecto a la fibra superior

S_b : Módulo resistente respecto a la fibra inferior

6.2.2.1.3.3.2 Al momento de colocar la carga muerta sobre el elemento

En la fibra superior:

$$f^t = -C_p \frac{P_i}{A_c} \left(1 - \frac{e c_t}{r^2} \right) - \frac{M_D + M_{SD} + M_T}{S^t}$$

$$f^t = -0.774 \frac{276360}{1800} \left(1 - \frac{13.37 * 26.13}{158.94} \right) - \frac{86400 + 48000 + 12000}{10949}$$

$$f^t = 128.99 \text{ kg/cm}^2$$

En la fibra inferior:

$$f_b = -C_p \frac{P_i}{A_c} \left(1 + \frac{e c_b}{r^2} \right) + \frac{M_D + M_{SD} + M_T}{S_b}$$

$$f_b = -0.774 \frac{276360}{1800} \left(1 + \frac{13.37 * 18.87}{158.94} \right) + \frac{86400 + 48000 + 12000}{15161.5}$$

$$f_b = -297.81 \text{ kg/cm}^2$$

6.2.2.1.3.4 Resistencia última

$$M_u = 1.2 (M_D + M_{SD} + M_{D(+)}) + 1.6M_L$$

$$M_u = 1.2 (86400 + 48000 + 11428) + 1.6 * 22857$$

$$M_u = 211565 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_n = A_p f_{ps} \left(d_p - \frac{a}{2} \right)$$

$$f_{ps} = f_{pu} \left(1 - \frac{\gamma_p}{\beta_1} \left[\rho_p \frac{f_{pu}}{f'_c} + \frac{d}{d_p} (\omega - \omega') \right] \right)$$

$$\frac{f_{py}}{f_{pu}} = \frac{17120}{19000} = 0.901$$

$$\gamma_p = 0.28 \text{ cuando } \frac{f_{py}}{f_{pu}} \geq 0.90$$

$$\beta_1 = 1.05 - \frac{f'_c}{1400}$$

$$\beta_1 = 1.05 - \frac{350}{1400}$$

$$\beta_1 = 0.8$$

$$\rho_p = \frac{A_p}{b d_p}$$

$$\rho_p = \frac{19.74}{100 * (45 - 5.5)}$$

$$\rho_p = 0.005$$

ω = No se considera debido a que no existe acero pasivo adicional

ω' = No se considera debido a que no existe acero pasivo adicional

$$f_{ps} = 19000 \left(1 - \frac{0.28}{0.8} \left[0.005 * \frac{19000}{350} \right] \right)$$

$$f_{ps} = 17195 \text{ kg/cm}^2$$

Procedemos a calcular el valor de a , partiendo de la ecuación de equilibrio de la sección en donde:

$$C_c = T$$

$$a = \frac{A_p f_{ps}}{0.85 f'_c b}$$

$$a = \frac{19.74 * 17195}{0.85 * 350 * 45}$$

$$a = 25.35 \text{ cm}$$

Por lo tanto el momento nominal es:

$$M_n = 19.74 * 17195 * \left(39.5 - \frac{25.35}{2} \right)$$

$$M_n = 9105190 \text{ kg} * \text{cm}$$

6.2.2.1.3.5 Verificación de la cuantía de acero

$$\phi M_n \geq 1.2 M_{cr}$$

$$M_{cr} = \left[f_r + \frac{P_e c_p}{A_c} \left(1 + \frac{e C_b}{r^2} \right) \right] S_b$$

$$f_r = 2 * \sqrt{f'_c}$$

$$f_r = 2 * \sqrt{350}$$

$$f_r = 37.41 \text{ kg/cm}^2$$

En donde queda la siguiente formulación:

$$M_{cr} = \left[37.41 + \frac{276360 * 0.774}{1800} \left(1 + \frac{13.37 * 18.87}{158.94} \right) \right] * 15161.5$$

$$M_{cr} = 5228840 \text{ kg} * \text{cm}$$

$$0.9 * 9105190 \geq 1.2 * 5228840$$

$$8194670 \geq 6274610 \quad (OK)$$

6.2.2.1.3.6 Determinación del cortante

$$\phi V_c = \phi * 0.53 \sqrt{f'_c} b_w d$$

$$\phi V_c = 0.75 * 0.53 \sqrt{350} * 45 * 41$$

$$\phi V_c = 13720.4 \text{ kg}$$

$$V_u = 1.2 V_D + 1.6 V_L$$

$$V_u = 1.2 * 7356 + 1.6 * 6271$$

$$V_u = 18860.8 \text{ kg}$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c$$

$$\phi V_s = 18860.8 - 13720.4$$

$$\phi V_s = 5140.4 \text{ kg}$$

$$\phi V_s = \frac{5140.4}{0.75} \text{ kg}$$

$$V_s = 6853.87 \text{ kg}$$

$$V_s = \frac{A_v d f_y}{s}$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{6853.87}{41 * 4200} = 0.039$$

$$A_v = 0.039 * s$$

$$A_v = 0.039 * 10$$

$$A_v = 0.39 \text{ cm}^2$$

El refuerzo mínimo será:

$$A_{v_{min}} = 0.2 \sqrt{f'_c} \frac{b_w s}{f_y}$$

$$A_{v_{min}} = 0.2 * \sqrt{210} \frac{45 * 10}{4200}$$

$$A_{v_{min}} = 0.31 \text{ cm}^2$$

$$Av_{min} = 03.5 \frac{b_w s}{f_y}$$

$$Av_{min} = 3.5 * \frac{45 * 10}{4200}$$

$$Av_{min} = 0.37 \text{ cm}^2$$

$$Av_{min} = \frac{A_{ps} f_{pu} s}{80 f_y d} \sqrt{\frac{d}{b_w}}$$

$$Av_{min} = \frac{19.74 * 19000 * 10}{80 * 4200 * 41} * \sqrt{\frac{41}{45}}$$

$$Av_{min} = 0.25 \text{ cm}^2$$

Se debe tomar el mayor valor de los tres obtenidos con las fórmulas de refuerzo mínimo que será de:

$$Av_{min} = 0.37 \text{ cm}^2$$

6.2.2.1.3.7 Deflexiones

Para obtener la deflexión elástica utilizamos el cálculo de Camber que se expresa de la siguiente manera:

$$\Delta \uparrow = \frac{P_i e L^2}{8 E_c I}$$

$$\Delta \uparrow = \frac{276360 * 13.37 * 400^2}{8 * 2100000 * 286097} = 0.123$$

$$\Delta \downarrow = -\frac{5 w L^4}{384 E_c I}$$

$$\Delta \downarrow = -\frac{5 * 4.32 * 400^4}{384 * 2100000 * 286097} = -0.0024$$

La deflexión total será la suma de estas dos deflexiones:

$$Camber = 0.123 - 0.0024 = 0.12$$

$$\frac{L}{480} = \frac{400}{480} = 0.83 \text{ cm}$$

$$0.83 \text{ cm} > 0.12 \quad (OK)$$

6.2.2.1.4 Diseño de losas

Para facilitar el cálculo se va a diseñar como si fuera una losa T, con las siguientes dimensiones:

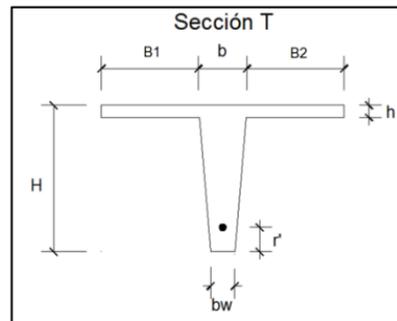


Figura 6.39 Sección losa T

$$B1 = 40 \text{ cm}$$

$$B2 = 40 \text{ cm}$$

$$b = 20 \text{ cm}$$

$$H = 35 \text{ cm}$$

$$h = 5 \text{ cm}$$

$$bw = 10 \text{ cm}$$

$$r' = 7.5 \text{ cm}$$

El área de la sección transversal será de :

$$A = 950 \text{ cm}^2$$

Determinación del centro de gravedad

$$y_g = \frac{\sum A_i * y_{gi}}{\sum A_i}$$

y_g : Centro de gravedad del elemento compuesto

A_i : Sección transversal del elemento i

y_{gi} : Centro de gravedad del elemento i

Dividiendo la figura compuesta en figuras conocidas siendo:

Rectángulo superior (1)

Rectángulo medio (2)

Triangulo izquierdo (3)

Triangulo derecho (4)

Tabla 6.18 Área de los elementos que componen la sección compuesta

Elemento	$A_i (cm^2)$	$y_{gi} (cm)$
1	500	32.5
2	300	15
3	75	20
4	75	20

$$y_g = \frac{(500 * 32.5) + (300 * 15) + (75 * 20) + (75 * 20)}{950}$$

$$y_g = 25 \text{ cm}$$

Determinación del momento de inercia

$$I = \sum I_i + (A_i * r_i^2)$$

I : Momento de inercia del elemento compuesto, respecto a su centro de gravedad

I_i : Momento de inercia del elemento i , respecto a su centro de gravedad

A_i : Sección transversal del elemento i

r_i : Distancia desde el centro de gravedad del elemento i al centro de gravedad del elemento compuesto

Rectángulo:

$$I = \frac{1}{12} * b * h^3$$

Triángulo:

$$I = \frac{1}{36} * b * h^3$$

Tabla 6.19 Valores correspondientes al momento de inercia del elemento

<i>Elemento_i</i>	<i>I (cm⁴)</i>	<i>A (cm²)</i>	<i>r (cm)</i>	<i>r² (cm²)</i>	$\sum I_i + (A_i * r_i^2)$
1	1041.67	500	7.5	56.25	29166.7
2	22500	300	10	100	52500
3	3750	75	5	25	5625
4	3750	75	5	25	5625

$$I = 29166.7 + 52500 + 5625 + 5625$$

$$I = 92916.7 \text{ cm}^4$$

Radio de giro

$$r^2 = \frac{I}{A}$$

$$r^2 = \frac{92916.7}{950}$$

$$r^2 = 97.8 \text{ cm}^2$$

Módulo de la sección

$$S = \frac{I}{c}$$

S: Módulo resistente de la sección

c: Distancia desde el centro de gravedad del elemento a la fibra de interés

Respecto a la fibra superior:

$$S^t = \frac{I}{c^t}$$

$$S^t = \frac{92916.7}{10}$$

$$S^t = 9291.67 \text{ cm}^3$$

Respecto a la fibra inferior:

$$S_b = \frac{I}{c_b}$$

$$S_b = \frac{92916.7}{25}$$

$$S_b = 3716.67 \text{ cm}^3$$

Excentricidad

$$e = y_g - r'$$

r' : Distancia desde el centro de gravedad de los cables a la parte inferior

$$e = 25 - 5.5$$

$$e = 19.5 \text{ cm}$$

6.2.2.1.4.1 Cálculo de cargas y momentos

$$q_{\text{sección } T} = A_{\text{total}} * \gamma_{Ho}$$

$$q_{\text{sección } T} = 0.095 * 2400$$

$$q_{\text{sección } T} = 228 \text{ kg/m}$$

$$M_D = \frac{1}{8} * Q * L^2$$

$$M_D = \frac{1}{8} * 228 * 4^2$$

$$M_D = 456 \text{ kg} * \text{m}$$

$$M_D = 45600 \text{ kg} * \text{cm}$$

6.2.2.1.4.1.1 Producto de la carpeta

La carga y momento correspondiente a la carpeta de 1 m de ancho se obtiene de la siguiente manera:

$$q_{carpeta} = \text{Ancho total} * h_c * \gamma_{Ho}$$

$$q_{carpeta} = 1.00 * 0.10 * 2400$$

$$q_{carpeta} = 240 \text{ kg/m}$$

$$M_{SD} = \frac{q * l^2}{8}$$

$$M_{SD} = \frac{240 * 4^2}{8}$$

$$M_{SD} = 480 \text{ kg} * \text{m}$$

$$M_{SD} = 48000 \text{ kg} * \text{cm}$$

6.2.2.1.4.1.2 Producto del trabajo

Se utiliza únicamente para el segundo estado que corresponde al momento de hormigonar la carpeta, peso generado por los trabajadores y demás elementos

$$q_{trabajo} = 60 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{trabajo} = 60 \text{ kg/m}^2 * 1 \text{ m}$$

$$q_{trabajo} = 60 \text{ kg/m}$$

$$M_T = \frac{q_{trabajo} * l^2}{8}$$

$$M_T = \frac{60 * 4^2}{8}$$

$$M_T = 120 \text{ kg} * \text{m}$$

$$M_T = 12000 \text{ kg} * \text{cm}$$

6.2.2.1.4.1.3 Producto de la tabiquería

Es el producto de la carga que se produce de la tabiquería, según la NEC 11 es el siguiente valor:

$$q_{\text{tabiquería}} = 100 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{\text{tabiquería}} = 100 \text{ kg/m}^2 * 1 \text{ m}$$

$$q_{\text{tabiquería}} = 100 \text{ kg/m}$$

$$M_{D(+)} = \frac{q_{\text{tabiquería}} * l^2}{14}$$

$$M_{D(+)} = \frac{100 * 4^2}{14}$$

$$M_{D(+)} = 114.28 \text{ kg} * \text{m}$$

$$M_{D(+)} = 11428 \text{ kg} * \text{cm}$$

6.2.2.1.4.1.4 Producto de la carga viva

Es la carga viva utilizada para edificaciones de uso residencial según la NEC 11.

$$q_{\text{viva}} = 200 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{\text{viva}} = 200 \text{ kg/m}^2 * 1 \text{ m}$$

$$q_{\text{viva}} = 200 \text{ kg/m}$$

$$M_L = \frac{q_{\text{viva}} * l^2}{14}$$

$$M_L = \frac{200 * 4^2}{14}$$

$$M_L = 228.57 \text{ kg} * \text{m}$$

$$M_L = 22857 \text{ kg} * \text{cm}$$

6.2.2.1.4.2 Pérdidas debido a la fuerza de preesfuerzo

$$\Delta f_{pt} = \Delta f_{pa} + \Delta f_R + \Delta f_{pe} + \Delta f_{cr} + \Delta f_{cf}$$

6.2.2.1.4.2.1 Pérdida por el acortamiento instantáneo del hormigón al momento de cortar los cables

$$E_{ci} = 15100\sqrt{f'_{ci}}$$

$$E_{ci} = 15100\sqrt{280}$$

$$E_{ci} = 252671 \text{ kg/cm}^2$$

$$n = \frac{E_p}{E_{ci}}$$

$$n = \frac{2000000}{252671}$$

$$n = 7.92$$

E_{ci} : Módulo de elasticidad de la viga al momento de cortar los cables

f'_{ci} : Resistencia a la compresión del hormigón al momento de transmitir la fuerza de preesfuerzo.

n : Relación entre módulos de elasticidad del hormigón y del acero preesforzado

$$f_{cp} = -\frac{P_i}{A_c} \left(1 - \frac{e^2}{r^2}\right) + \frac{eM_D}{I}$$

$$f_{cp} = -\frac{55440}{950} \left(1 - \frac{19.5^2}{97.8}\right) + \frac{19.5 * 45600}{92916.7}$$

$$f_{cp} = 158.97 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta f_{pe} = n * f_{cp}$$

$$\Delta f_{pe} = 7.92 * 158.97$$

$$\Delta f_{pe} = 1259.04 \text{ kg/cm}^2$$

6.2.2.1.4.2.2 Pérdida por corrimiento y ajuste de cuñas

El corrimiento de cuñas se encuentra entre 3 y 10 mm, por lo que se asume un valor intermedio de:

$$v = 0.6 \text{ cm}$$

La deformación por corrimiento de cuñas es:

$$\varepsilon = \frac{v}{L}$$

$$\varepsilon = \frac{0.6}{400}$$

$$\varepsilon = 0.001$$

$$\Delta f_{pa} = \varepsilon * E_p$$

$$\Delta f_{pa} = 0.001 * 2100000$$

$$\Delta f_{pa} = 2100 \text{ kg/cm}^2$$

6.2.2.1.4.2.3 Pérdida por retracción del hormigón

$$V = 950.00 * 1.00$$

$$V = 950 \text{ cm}^3$$

$$S = 260.00 * 1.00$$

$$S = 260.00 \text{ cm}^2$$

El valor de la humedad relativa en fábrica debe ser muy cercano a 100%, por lo tanto asumimos un valor de 90%

$$HR = 90\%$$

$$\Delta f_{cr} = 8.2 \times 10^{-6} E_p \left(1 - 0.0236 \frac{V}{S} \right) (100 - HR)$$

$$\Delta f_{cr} = 8.2 \times 10^{-6} 2100000 \left(1 - 0.0236 \frac{950}{260} \right) (100 - 90)$$

$$\Delta f_{cr} = 155.11 \text{ kg/cm}^2$$

6.2.2.1.4.2.4 Pérdida por fluencia plástica del hormigón

El rango de valores para la relación de pérdidas unitarias se encuentra entre 2 y 4, por lo que asumimos un valor de:

$$C_u = 2.35$$

Se considera que el hormigón alcanza toda la fluencia plástica en un periodo de:

$$t = 1825 \text{ días}$$

$$C_t = \frac{t^{0,6}}{10 + t^{0,6}} C_u$$

$$C_t = \frac{1825^{0,6}}{10 + 1825^{0,6}} * 2.35$$

$$C_t = 2.12$$

$$\Delta f_{cf} = C_t \frac{E_p}{E_c} f_{cp}$$

$$\Delta f_{cf} = 2.12 \frac{2100000}{282495} * 158.97$$

$$\Delta f_{cf} = 2505.3 \text{ kg/cm}^2$$

6.2.2.1.4.2.5 Pérdida por relajación del acero de preesfuerzo

$$\Delta f_R = f_{pi} \left(\frac{\log t}{45} \right) \left(\frac{f_{pi}}{f_{py}} - 0.55 \right)$$

$$\Delta f_R = 14000 \left(\frac{\log(1825 * 24)}{45} \right) \left(\frac{14000}{17120} - 0.55 \right)$$

$$\Delta f_R = 386.65 \text{ kg/cm}^2$$

Tabla 6.20 Resumen de las pérdidas

RESUMEN DE PÉRDIDAS			
		<i>kg/cm²</i>	%
Pérdidas en el hormigón	Acortamiento elástico instantáneo	1259.04	8.99
	Retracción del hormigón	155.11	1.11
	Fluencia plástica del hormigón	2505.30	17.90
Pérdidas en el acero de refuerzo	Corrimiento y ajuste de cuñas	2100.00	15.00
	Relajación del acero de preesfuerzo	386.65	2.76
TOTAL		6406.10	45.76

El coeficiente de pérdidas a utilizarse es el siguiente:

$$C_p = 1 - \frac{\% \text{ pérdidas}}{100}$$

$$C_p = 1 - \frac{45.76}{100}$$

$$C_p = 0.543$$

6.2.2.1.4.3 Análisis de esfuerzos

Se deben determinar los esfuerzos en las fibras superiores e inferiores de los elementos, se realiza con las siguientes expresiones:

6.2.2.1.4.3.1 Al momento de cortar los cables

$$f^t = -\frac{P_i}{A_c} \left(1 - \frac{e c_t}{r^2}\right) - \frac{M_D}{S^t}$$

$$f^t = -\frac{55440}{950} * \left(1 - \frac{19.5 * 10}{97.8}\right) - \frac{45600}{9291.67}$$

$$f^t = 53.09 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_b = -\frac{P_i}{A_c} \left(1 + \frac{e c_b}{r^2}\right) + \frac{M_D}{S_b}$$

$$f_b = -\frac{55440}{950} * \left(1 + \frac{19.5 * 25}{97.8}\right) + \frac{45600}{3716.67}$$

$$f_b = -336.98 \text{ kg/cm}^2$$

Donde:

f^t : Esfuerzo en la fibra superior

f_b : Esfuerzo en la fibra inferior

P_i : Fuerza de pretensado inicial

A_c : Área de hormigón

e : Excentricidad del cable de preesfuerzo al eje neutro

c_t : Distancia del eje neutro a la fibra extrema superior

c_b : Distancia del eje neutro a la fibra extrema inferior

r^2 : Radio de giro al cuadrado

M_D : Momento por peso propio

S^t : Módulo resistente respecto a la fibra superior

S_b : Módulo resistente respecto a la fibra inferior

6.2.2.1.4.3.2 Al momento de colocar la carga muerta sobre el elemento

En la fibra superior:

$$f^t = -C_p \frac{P_i}{A_c} \left(1 - \frac{e c_t}{r^2}\right) - \frac{M_D + M_{SD} + M_T}{S^t}$$

$$f^t = -0.543 \frac{55440}{950} \left(1 - \frac{19.5 * 10}{97.8}\right) - \frac{45600 + 48000 + 12000}{9291.67}$$

$$f^t = 20.13 \text{ kg/cm}^2$$

En la fibra inferior:

$$f_b = -C_p \frac{P_i}{A_c} \left(1 + \frac{e c_b}{r^2}\right) + \frac{M_D + M_{SD} + M_T}{S_b}$$

$$f_b = -0.543 \frac{55440}{950} \left(1 + \frac{19.5 * 25}{97.8}\right) + \frac{45600 + 48000 + 12000}{3716.67}$$

$$f_b = -161.23 \text{ kg/cm}^2$$

6.2.2.1.4.4 Resistencia última

$$M_u = 1.2 (M_D + M_{SD} + M_{D(+)}) + 1.6 M_L$$

$$M_u = 1.2 (45600 + 48000 + 11428) + 1.6 * 22857$$

$$M_u = 162605 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_n = A_p f_{ps} \left(d_p - \frac{a}{2}\right)$$

$$f_{ps} = f_{pu} \left(1 - \frac{\gamma_p}{\beta_1} \left[\rho_p \frac{f_{pu}}{f'_c} + \frac{d}{d_p} (\omega - \omega')\right]\right)$$

$$\frac{f_{py}}{f_{pu}} = \frac{17120}{19000} = 0.901$$

$$\gamma_p = 0.28 \text{ cuando } \frac{f_{py}}{f_{pu}} \geq 0.90$$

$$\beta_1 = 1.05 - \frac{f'_c}{1400}$$

$$\beta_1 = 1.05 - \frac{350}{1400}$$

$$\beta_1 = 0.8$$

$$\rho_p = \frac{A_p}{b d_p}$$

$$\rho_p = \frac{3.96}{100 * (30 - 5.5)}$$

$$\rho_p = 0.0016$$

$\omega =$ No se considera debido a que no existe acero pasivo adicional

$\omega' =$ No se considera debido a que no existe acero pasivo adicional

$$f_{ps} = 19000 \left(1 - \frac{0.28}{0.8} \left[0.0016 * \frac{19000}{350} \right] \right)$$

$$f_{ps} = 18422.4 \text{ kg/cm}^2$$

Procedemos a calcular el valor de a , partiendo de la ecuación de equilibrio de la sección en donde:

$$Cc = T$$

$$a = \frac{A_p f_{ps}}{0.85 f'_c b}$$

$$a = \frac{3.96 * 18422.4}{0.85 * 350 * 100}$$

$$a = 2.43 \text{ cm}$$

Por lo tanto el momento nominal es:

$$M_n = 3,96 * 18422.4 \left(24.5 - \frac{2.43}{2} \right)$$

$$M_n = 1698700 \text{ kg} * \text{cm}$$

6.2.2.1.4.5 Verificación de la cuantía de acero

$$\varphi M_n \geq 1.2 M_{cr}$$

$$M_{cr} = \left[f_r + \frac{P_e c_p}{A_c} \left(1 + \frac{e C_b}{r^2} \right) \right] S_b$$

$$f_r = 2 * \sqrt{f'_c}$$

$$f_r = 2 * \sqrt{350}$$

$$f_r = 37.41 \text{ kg/cm}^2$$

En donde queda la siguiente formulación:

$$M_{cr} = \left[37.41 + \frac{55440 * 0.543}{950} \left(1 + \frac{19.5 * 25}{97.8} \right) \right] * 3716.67$$

$$M_{cr} = 843885 \text{ kg} * \text{cm}$$

$$0.9 * 1698700 \geq 1.2 * 843885$$

$$1528830 \geq 1012662 \quad (OK)$$

6.2.2.1.4.6 Acero máximo

Se procede a calcular la deformación del acero, verificando que sea mayor o igual a 0.005

$$\frac{0.003}{a} = \frac{\text{deformación acero}}{(H + hc - a)}$$

$$\frac{0.003}{2.43} = \frac{\text{deformación acero}}{(35 + 10 - 2.43)}$$

$$\text{deformación acero} = 0.047$$

$$0.047 > 0.005 \quad (OK)$$

6.2.2.1.4.7 Cálculo del acero negativo

$$\rho_{MAX} = 0.5 \rho_b$$

$$\rho_{MAX} = 0.5 * \left(\frac{0.85 * \beta_1 * 6000 * f'_c}{f_y * (6000 + f_y)} \right)$$

$$\rho_{MAX} = 0.5 * \left(\frac{0.85 * 0.8 * 6000 * 350}{4200 * (6000 + 4200)} \right)$$

$$\rho_{MAX} = 0.0167$$

$$\rho = 0.85 * \frac{350}{4200} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.36 - 2.23}{350}} \right) = 0.00421$$

$$\rho < \rho_{MAX}$$

$$0.00421 < 0.0167 \quad (OK)$$

$$\rho_{Min} = \frac{14}{fy}$$

$$\rho_{Min} = \frac{14}{4200} = 0.0033$$

$$\rho_{Min} < \rho$$

$$0.0033 < 0.00421 \quad (OK)$$

$$As = \rho b_w d$$

$$As = 0.00421 * 100 * 31$$

$$As = 13.51 \text{ cm}^2$$

Se utilizaran 10 varillas de de 14mm (15.39cm^2), espaciadas cada 10cm en todo el ancho de losa

6.2.2.1.4.8 Cortante

$$\phi V_c = \phi * 0.53 \sqrt{f'_c} b_w d$$

$$\phi V_c = 0.75 * 0.53 \sqrt{350} * 10 * 31$$

$$\phi V_c = 3049 \text{ kg}$$

$$V_u = 1.2 V_D + 1.6 V_L$$

$$V_u = 1.2 * 2923 + 1.6 * 2140$$

$$V_u = 9842 \text{ kg}$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c$$

$$\phi V_s = 9842 - 3049$$

$$\phi V_s = 6793 \text{ kg}$$

$$\phi V_s = \frac{6793}{0.75} \text{ kg}$$

$$V_s = 9057 \text{ kg}$$

$$V_s = \frac{A_v d f_y}{s}$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{9057}{41 * 4200} = 0.052$$

Se va a colocar dos mallas electrosoldadas con una separación de 15 cm.

$$A_v = 0.052 * s$$

$$A_v = 0.052 * 15$$

$$A_v = 0.78 \text{ cm}^2$$

El refuerzo mínimo será:

$$Av_{min} = 0.2 \sqrt{f'_c} \frac{b_w s}{f_y}$$

$$Av_{min} = 0.2 * \sqrt{210} \frac{10 * 15}{4200}$$

$$Av_{min} = 0.103 \text{ cm}^2$$

$$Av_{min} = 0.35 \frac{b_w s}{f_y}$$

$$Av_{min} = 3.5 * \frac{10 * 15}{4200}$$

$$Av_{min} = 0.125 \text{ cm}^2$$

$$Av_{min} = \frac{A_{ps} f_{pu} s}{80 f_y d} \sqrt{\frac{d}{b_w}}$$

$$Av_{min} = \frac{3.96 * 19000 * 15}{80 * 4200 * 41} * \sqrt{\frac{41}{10}}$$

$$Av_{min} = 0.166 \text{ cm}^2$$

Se debe tomar el mayor valor de los tres obtenidos con las fórmulas de refuerzo mínimo que será de:

$$Av_{min} = 0.166 \text{ cm}^2$$

6.2.2.1.4.9 Deflexiones

Para obtener la deflexión elástica utilizamos el cálculo de Camber que se expresa de la siguiente manera:

$$\Delta \uparrow = \frac{P_i e L^2}{8 E_c I}$$

$$\Delta \uparrow = \frac{55440 * 19.5 * 400^2}{8 * 2100000 * 92916.7} = 0.11$$

$$\Delta \downarrow = -\frac{5 w L^4}{384 E_c I}$$

$$\Delta \downarrow = -\frac{5 * 2.28 * 400^4}{384 * 2100000 * 9291.7} = -0.039$$

La deflexión total será la suma de estas dos deflexiones:

$$Camber = 0.11 - 0.039 = 0.071$$

$$\frac{L}{480} = \frac{400}{480} = 0.83 \text{ cm}$$

$$0.83 \text{ cm} > 0.071 \quad (OK)$$

6.2.2.1.2 Resistencia del hormigón

Al momento que se realiza el preesfuerzo de un elemento estructural, este empieza a trabajar a compresión a su mayor capacidad, lo cual permite diseñar los elementos estructurales con altas resistencias, es decir resistencias mayores a los 350 kg/cm².

Comúnmente para nuestro medio se realizan miembros prefabricados pretensados con resistencias de 350 kg/cm^2 , a diferencia de los 210 kg/cm^2 que se utiliza para hormigón en sitio.

6.2.2.2 Procedimiento constructivo

6.2.2.2.1 Obras preliminares

Es la etapa inicial en un proyecto de construcción, se realizan todas las actividades previas a la estructuración de la edificación.

6.2.2.2.1.1 Desbroce y limpieza del terreno

Es la limpieza de plantas, árboles, maleza y basura existente en el terreno previa al replanteo y nivelación.

6.2.2.2.1.2 Replanteo y nivelación del terreno

En esta actividad se va a alinear, ubicar y marcar en el terreno de construcción, los ejes principales señalados en los planos del proyecto, con el fin de revisar la ubicación de los linderos, marcar las cruces de los muros o sus ejes y definir el ancho de la excavación para los cimientos.

6.2.2.2.1.3 Excavación a máquina

La excavación se debe llevar a cabo con una o más retroexcavadoras, según sean los requerimientos como las dimensiones del terreno y la profundidad necesaria a excavar; este proyecto prefabricado es idéntico en tamaño, al sistema constructivo hormigonado en sitio, lo que significa que se va a excavar exactamente la misma área y profundidad ya que la cimentación será ejecutada al pie de la obra.

6.2.2.2.1.4 Movimiento de tierras

El movimiento de tierras se va a realizar con el fin de poder movilizar el material innecesario producido por la excavación, la unidad de medida de este rubro está en m^3 .

6.2.2.2.2 Cimentación

La cimentación puede ser prefabricada sin duda alguna, pero al tratarse de elementos grandes y pesados es mucho mejor realizarla *in situ*, ya que por sus características geométricas se complica su transporte, hacia el lugar destinado para cimentar la edificación, normalmente se procede a realizar la cimentación al pie de la obra, siempre y cuando se trate de losas de cimentación, vigas de cimentación o de zapatas. Cuando el suelo presenta malas condiciones y se debe llegar hasta profundidades muy grandes, es necesario utilizar pilotes, estos deberán ser prefabricados para mayor facilidad y rapidez.

Para nuestro diseño se va a utilizar zapatas aisladas fundidas en sitio, unidas entre sí por medio de vigas de atado.

6.2.2.2.3 Estructuración

Es la fase final respecto a la parte estructural, aquí se lleva a cabo la construcción de cada uno de los elementos estructurales, según sea el orden de prioridad estructural empezando por las columnas, vigas y losas de entrepiso.

6.2.2.2.3.1 Producción de hierros

La ventaja de la prefabricación, es que mientras en obra se ejecuta ciertas actividades que no requieran una secuencia estructural, en fábrica se construyen los elementos prefabricados, los cuales inician en el área de metalmecánica con la producción de hierros, según los planos estructurales de los miembros prefabricados se cortan, doblan y se clasifican todos los hierros a utilizar.

6.2.2.2.3.2 Colocación de hierros, cables y encofrado

Se identifica el tipo y la cantidad de elementos a fabricar, una vez definido esto y mediante un cronograma de ciclos de producción, se coloca el encofrado necesario según sean las características del elemento.

6.2.2.2.3.3 Columnas

Las columnas a utilizar serán con ménsula, debido al tipo de conexión que se va a ejecutar, debido a los 18 m de altura del edificio se utilizarán columnas de 6 m, colocadas en 3 etapas definidas por cada dos niveles, con una sección de 50x50 cm. La resistencia de estos elementos será de 350 kg/cm².

6.2.2.2.3.4 Vigas

Las vigas prefabricadas a utilizar serán de tipo T invertida, con un peralte y ancho de 45 cm y con una longitud de 4 m, con una resistencia de 350 kg/cm².

6.2.2.2.3.5 Losas

Se utilizarán losas DT35, que son las que mejor se adaptan al diseño debido a su resistencia y que son de común fabricación en nuestro medio, la misma que tendrá un peralte de 35 cm y un ancho de 2 m; tendrán una resistencia de 350 kg/cm².



Figura 6.40 Disposición de columnas y vigas prefabricadas

Fuente: www.sepsacv.com

6.2.2.3 Montaje

Se debe llevar acabo los siguientes pasos iniciales:

- Analizar las características del sitio de obra.
- Conocer todos los espacios e instalaciones disponibles para utilizar como almacenamiento temporal.
- Verificar los accesos, pendientes y áreas de maniobras.

6.2.2.3.1 Secuencia lógica

Se realiza una secuencia para la etapa de montaje en donde:

6.2.2.3.1.1 Cuadro de elementos prefabricados

- Cantidad y codificación de elementos prefabricados
- Peso de los elementos prefabricados
- Tecnología de producción
- Observaciones

6.2.2.3.1.2 Determinación del tipo de grúa y equipos

- Grúas sobre neumáticos
- Grúas sobre cadenas
- Grúa torre
- Grúas especiales

6.2.2.3.1.3 Almacenamiento

- Transporte
- Accesos
- Almacenamiento
- Elaboración *in situ*

6.2.2.3.1.4 Modo de izaje

- Corriente
- De elementos prefabricados pesados
- Izaje especial

6.2.2.3.1.5 Esquema de planos a elaborar

- Sucesión de montaje
- División del edificio en diferentes partes
- Posiciones y trayectoria de las grúas

- Cronogramas de montaje

A continuación se presenta un cuadro que se utiliza para determinar cada uno de los elementos prefabricados con sus características dentro de la obra.

Tabla 6.21 Cuadro de control de los elementos prefabricados

CUADRO DE ELEMENTOS PREFABRICADOS											
Nº	Dibujo del elemento	Cod.	Peso en ton	Cantidad Total					Área necesaria para Almacenamiento	Producción	Observ.
				I	II	III	IV	V			

En donde el peso (W) de los elementos estructurales es el producto del volumen (V) por el peso específico (P), por lo tanto:

$$W = V * P$$

Para el hormigón armado se utiliza un peso específico de 2400 kg/m³.

6.2.2.3.2 Selección de la grúa y equipos

La selección de la grúa y de los equipos es muy importante, ya que esto va a incidir de gran manera en el avance del cronograma de montaje, y de la calidad final de la estructura.

Evaluar la posibilidad de utilizar grúas torre, debido a que son de gran eficiencia cuando se trata de elevar elementos prefabricados a grandes alturas, los rendimientos aumentan lo que significa un menor tiempo de montaje.

Se van a considerar factores importantes para la selección:

- Con el cuadro de dimensiones del elemento prefabricado (largo, ancho, espesor, peso, etc.) se elige la grúa adecuada en función del radio, alcance de la pluma, peso máximo que soporta, posibilidades de giro entre otras.
- Deben valorarse los puntos críticos de la obra, es decir los puntos que no pueden ser golpeados por la grúa ni por el elemento prefabricado.

6.2.2.3.3 Procedimiento

Primero debe estar lista la cimentación, fundida en sitio previamente, hay que considerar que cada uno de los elementos estructurales va a ser colocado uno por uno y en la secuencia establecida a continuación:

- Colocación de las eslingas en los insertos de la columna prefabricada. Los cuales están ubicados en la parte superior de la columna, para permitir el levantamiento vertical del elemento.
- Inicia izaje del elemento prefabricado hasta llegar al punto determinado 0,0 para las columnas, en donde personal de trabajo (2 personas) se encargan de encajar la columna con la cimentación. Este proceso se realiza con todas las columnas de la primera planta.
- Colocación de las eslingas en los insertos determinados en las vigas, ubicados en los extremos del elemento, con el objetivo de movilizarlo horizontalmente.
- Izaje de la viga, la cual va a ser colocada en el punto 0,0 para vigas, el que va a estar ubicado sobre la ménsula de las columnas. Este proceso se realiza con todas las vigas, interiores y perimetrales respectivamente en ese orden para facilitar el movimiento de las grúas.
- Colocación de las eslingas en los insertos de las losas, los cuales van a estar ubicados en los extremos y en la parte central del elemento. Estos elementos van a ser colocados sobre las vigas de la edificación; unidas de forma paralela una con respecto con respecto a la otra hasta formar el paño de losa.

Hay que mencionar que para que se pueda realizar el izaje de los elementos estructurales para su respectiva colocación, éstos deben haber alcanzado su resistencia de diseño máxima, en este caso 350 kg/cm^2 .

Hay que evitar las cargas adicionales que ejercen sobre los accesorios, éstas se producen por:

- ✓ Ángulo incorrecto de las eslingas
- ✓ Cargas de inercia
- ✓ Longitudes distintas de las eslingas
- ✓ Fricción al desencofrar, rozamiento de la sección
- ✓ Posición incorrecta de los insertos

6.2.2.4 Uniones

En el capítulo cinco se explicó las uniones que se pueden realizar entre los elementos prefabricados, las cuales quedan a consideración del diseñador según sea la respuesta de la estructura, ante las fuerzas que actúan sobre ella. Para nuestra edificación se ha considerado conveniente, realizar conexiones secas entre vigas y columnas mediante soldadura; y una conexión húmeda entre las vigas y la losa doble T. En cada uno de los extremos de los elementos estructurales horizontales prefabricados, se deja placa metálica las cuales van a ser soldadas de forma continua, y a las placas que se ubican en la parte superior de las ménsulas que corresponden a las columnas, utilizando los máximos estándares de calidad de la soldadura y con mano de obra especializada. Al tratarse de conexiones secas, se genera un diagrama de momento diferente al diagrama correspondiente de un sistema aporticado que utiliza conexiones húmedas.

6.3.2 Cronograma

6.3.2.1 Cronograma de la edificación prefabricada

Este cronograma está elaborado en función a 6 etapas de construcción, cada una compuesta por un conjunto de tareas con sus respectivos tiempos de ejecución. A continuación se va a mencionar cada una de las tareas con sus tiempos de ejecución en función a la cantidad de elementos prefabricados, y en el caso de las losas en función al área correspondiente.

Tabla 6.22 Duración de la construcción de una edificación prefabricada

Nombre de tarea	Duración
PROYECTO RESIDENCIAL DE UNA EDIFICACIÓN PREFABRICADA	164 días
OBRAS PRELIMINARES	5 días
MOVIMIENTO DE TIERRAS	5 días
OBRAS DE HORMIGÓN IN SITU	48 días
OBRAS DE HORMIGÓN SIMPLE	2 días
PREFABRICACIÓN	128 días
MONTAJE	36 días

Fuente: Microsoft Project

6.3.2.1.1 Obras preliminares

Los tiempos de dichas actividades se establecieron en función del área del terreno que es de 400 m². Duración de 5 días.

Tabla 6.23 Obras preliminares y duración

Nombre de tarea	Duración
OBRAS PRELIMINARES	5 días
Desbroce y limpieza	3 días
Replanteo y nivelación del terreno	2 días

Fuente: Microsoft Project

6.3.2.1.2 Movimiento de tierras

En esta etapa se va a realizar una excavación a máquina de toda el área de 400 m² debido a que la edificación posee 36 zapatas y 60 vigas de atado, para lo que es más factible excavar toda el área debido al gran número de elementos de cimentación, cabe recalcar que la cimentación es elaborada en sitio. Duración de 5 días.

Tabla 6.24 Tareas de movimiento de tierras y duración

Nombre de tarea	Duración
MOVIMIENTO DE TIERRAS	5 días
Excavación de maquina Prof. 1,5m	5 días
Desalajo del material suelto	4 días

Fuente: Microsoft Project

6.3.2.1.3 Obras de hormigón in situ

Al tener 36 zapatas y 60 vigas de atado, la colocación del acero de zapatas será de 3 por día; para las vigas de atado la colocación del acero correspondiente a 5 vigas por día; se consideró encofrar y hormigonar 6 zapatas por día, y finalmente encofrar y hormigonar 10 vigas de atado por día. Duración de 48 días.

Tabla 6.25 Tareas de obras de hormigón in situ

Nombre de tarea	Duración
OBRAS DE HORMIGÓN IN SITU	48 días
Acero de zapatas	12 días
Acero de vigas de atado	12 días
Encofrado de zapatas	6 días
Encofrado de vigas de atado	6 días
Hormigonado de zapatas	6 días
Hormigonado de vigas de atado	6 días

Fuente: Microsoft Project

6.3.2.1.4 Obras de hormigón simple

Estas tareas se realizan al pie de la obra perteneciente a la cimentación. Duración de 2 días.

Tabla 6.26 Tareas de obras de hormigón simple

Nombre de tarea	Duración
OBRAS DE HORMIGÓN SIMPLE	2 días
Encofrado de sobrecimiento	1 día
Hormigonado de sobrecimiento	1 día

Fuente: Microsoft Project

6.3.2.1.5 Prefabricación

Todas las fases de construcción que pertenecen a la etapa de prefabricación se van a realizar en planta, los miembros estructurales se procederán a construir desde el momento que comienza la etapa de obras preliminares en el destino de la obra, los miembros estructurales van a ser construidos de forma independiente, lo que significa que la construcción de cada grupo de miembros estructurales no es secuencial, así que se pueden construir al mismo tiempo las columnas, vigas y losas.

Tabla 6.27 Duración etapa de prefabricación

Nombre de tarea	Duración
PREFABRICACIÓN	128 días
COLUMNAS	78 días
VIGAS	128 días
LOSAS	120 días

Fuente: Microsoft Project

6.3.2.1.5.1 Columnas

Se deben realizar 36 columnas prefabricadas de 6 m por cada dos niveles, lo que significa que al tener 6 niveles, se deben prefabricar 108 columnas para toda la edificación. Para las columnas se va a ocupar una bancada de 100 m de longitud, lo que significa que al ser 108 columnas con 6 m de altura cada una, se va a tener que construir una longitud de columnas de 648 m. Al dividir dicha longitud para la longitud de la bancada se obtiene lo siguiente:

$$\frac{648}{100} = 6.48 \approx 7$$

Lo que significa que cada procedimiento se debe realizar 7 veces; lo que implica aumentar el tiempo de cada tarea realizada en la bancada 7 veces.

El cortado, doblado y armado de hierros se va a realizar para 3 columnas por día; La colocación de acero longitudinal y armado de estribos será de 5 días por cada 100 m de bancada; el encofrado será de 1 día por cada 100 m de bancada; el hormigonado será de 1 día por cada 100 m de bancada, y finalmente el fraguado y curado de hormigón se realiza en un ciclo de 3 días por cada 100 m de bancada. Duración de 78 días.

Tabla 6.28 Tareas para la prefabricación de columnas

Nombre de tarea	Duración
COLUMNAS	78 días
Cortado, doblado y armado de hierros	36 días
Colocación de acero longitudinal y armado de estribos	35 días
Encofrado y desencofrado	7 días
Hormigonado de columnas	7 días
Fraguado y curado del hormigón	21 días

Fuente: Microsoft Project

6.3.2.1.5.2 Vigas

Se deben realizar 60 vigas por nivel, al tener 6 niveles implica prefabricar 360 vigas. Igual que las columnas las vigas van a ocupar una bancada de 100 m de longitud, es decir que al ser 360 vigas cada una con una longitud de 4 m, dará una longitud total de 1440 m. Al dividir dicha longitud para la longitud de la bancada se obtiene lo siguiente:

$$\frac{1440}{100} = 14.4 \approx 15$$

Lo que significa que cada procedimiento se debe realizar 15 veces; lo que implica aumentar el tiempo de cada tarea realizada en la bancada 15 veces.

El cortado, doblado y armado de hierros se va a realizar para 12 vigas por día; La colocación de acero longitudinal y transversal de 5 días por cada 100 m de bancada; el encofrado será de 1 día por cada 100 m de bancada; el hormigonado será de 1 día por cada 100 m de bancada, y finalmente el fraguado y curado de hormigón se realiza en un ciclo de 3 días por cada 100 m de bancada. Duración de 128 días.

Tabla 6.29 Tareas para la prefabricación de vigas

Nombre de tarea	Duración
VIGAS	128 días
Cortado, doblado y armado de hierros	30 días
Colocación del acero longitudinal y transversal	75 días
Encofrado	15 días
Hormigonado de vigas tipo T invertida	15 días
Fraguado y curado del hormigón	45 días

Fuente: Microsoft Project

6.3.2.1.5.3 Losas

El área de cada nivel va a ser de 400 m², al tener 6 niveles de debe prefabricar 2400 m² de losa, por lo tanto cada bancada para losas posee un ancho de 2 m y una longitud de 100 m, por lo cual la relación queda de la siguiente manera:

$$\frac{2400}{200} = 24$$

El proceso se repetirá 12 veces; lo que implica aumentar el tiempo de cada tarea realizada en la bancada 12 veces.

El armado de hierros será de 5 días por cada 100 m de bancada; el encofrado de 1 día por cada 100 m de bancada; el hormigonado de losa doble T de 1 día por cada 100 m de bancada y finalmente el fraguado y curado del hormigón de 3 días por cada 100 m de bancada. Duración de 120 días.

Tabla 6.30 Tareas para la prefabricación de losas

Nombre de tarea	Duración
LOSAS	120 días
Armado de hierros	60 días
Encofrado	12 días
Hormigonado de la losa alveolar	12 días
Fraguado y curado del hormigón	36 días

Fuente: Microsoft Project

6.3.2.1.6 Montaje

A continuación presentamos el tiempo estimado para el montaje de los miembros estructurales prefabricados, los cuales van a ser montados en orden y por cada uno de los niveles en forma creciente en altura, siendo el mismo tiempo para todos los niveles. Se va a trabajar con dos grúas para mayor rapidez del proyecto de montaje.

Al tener 36 columnas, 120 vigas y 800 m² de losa por cada dos niveles, se va a montar 6 columnas, 10 vigas y 72 m² de losa; todo esto será por cada día y por cada grúa; al trabajar con dos grúas la cantidad se duplica. Duración por nivel de 12 días, duración toda la etapa de montaje 36 días.

Tabla 6.31 Tareas y duración para el montaje de elementos estructurales

Nombre de tarea	Duración
Nivel x cada 6m	12 días
Columnas	3 días
Vigas	6 días
Losas	3 días

Fuente: Microsoft Project

Tabla 6.32 Duración para el montaje de la edificación

Nombre de tarea	Duración
MONTAJE	36 días
NV. + 0.00 - NV. + 6.00	12 días
NV. + 6.00 - NV. + 12.00	12 días
NV. + 9.00 - NV. + 18.00	12 días

Fuente: Microsoft Project

6.3.2.2 Cronograma de la edificación hormigonada in situ

Este cronograma está elaborado en función a 5 etapas de construcción, cada una compuesta por un conjunto de tareas con sus respectivos tiempos de ejecución. Duración de 288 días.

Tabla 6.33 Duración de la construcción de una edificación en sitio

Nombre de tarea	Duración
PROYECTO RESIDENCIAL DE UNA EDIFICACIÓN EN SITIO	288 días
OBRAS PRELIMINARES	5 días
MOVIMIENTO DE TIERRAS	5 días
OBRAS DE HORMIGÓN	69 días
OBRAS DE HORMIGÓN SIMPLE	2 días
ESTRUCTURA	207 días

Fuente: Microsoft Project

6.3.2.2.1 Obras preliminares

Los tiempos de las actividades se establecieron en función del área del terreno que es de 400 m². Duración de 5 días.

Tabla 6.34 Obras preliminares y duración

Nombre de tarea	Duración
OBRAS PRELIMINARES	5 días
Desbroce y limpieza del terreno	3 días
Replanteo y nivelación del terreno	2 días

Fuente: Microsoft Project

6.3.2.2.2 Movimiento de tierras

En esta etapa se va a realizar una excavación a máquina de toda el área de 400 m², debido a que la edificación posee 36 zapatas y 60 vigas de atado, para lo que es más factible excavar toda el área debido al gran número de elementos de cimentación, cabe recalcar que la cimentación es elaborada en sitio. Duración de 5 días.

Tabla 6.35 Tareas de movimiento de tierras y duración

Nombre de tarea	Duración
MOVIMIENTO DE TIERRAS	5 días
Excavación de maquina Prof. 1,5m	5 días
Desalojo del material suelto	4 días

Fuente: Microsoft Project

6.3.2.2.3 Obras de hormigón

Para esta etapa se realizaron las siguientes consideraciones:

Al tener 36 zapatas y 60 vigas de atado, la colocación del acero de zapatas será de 3 por día; se colocará el acero para 4 columnas por día; para las vigas de atado la colocación del acero correspondiente a 5 vigas por día; se consideró encofrar y hormigonar 6 zapatas por día; al igual que encofrar y hormigonar 6 columnas por día y finalmente encofrar y hormigonar 10 vigas de atado por día. Duración de 69 días.

Tabla 6.36 Tareas de obras de hormigón

Nombre de tarea	Duración
OBRAS DE HORMIGÓN	69 días
Acero de zapatas	12 días
Acero de columnas	9 días
Acero de vigas de atado	12 días
Encofrado de zapatas	6 días
Hormigonado de zapatas	6 días
Encofrado de columnas	6 días
Hormigonado de columnas	6 días
Encofrado vigas de atado	6 días
Hormigonado de vigas de atado	6 días

Fuente: Microsoft Project

6.3.2.2.4 Obras de hormigón simple

Estas tareas se realizan al pie de la obra perteneciente a la cimentación. Duración de 2 días.

Tabla 6.37 Tareas de obras de hormigón simple

Nombre de tarea	Duración
OBRAS DE HORMIGÓN SIMPLE	2 días
Encofrado de sobrecimiento	1 día
Hormigonado de sobrecimiento	1 día

Fuente: Microsoft Project

6.3.2.2.5 Estructura

Para la estructura el tiempo de ejecución desde la primera planta hasta la quinta planta es exactamente el mismo, debido a que poseen la misma área y poseen la misma cantidad de elementos estructurales. Duración de 207 días.

Tabla 6.38 Duración de la etapa de estructuración

Nombre de tarea	Duración
ESTRUCTURA	207 días
PRIMERA PLANTA	38 días
SEGUNDA PLANTA	38 días
TERCERA PLANTA	38 días
CUARTA PLANTA	38 días
QUINTA PLANTA	38 días
CUBIERTA	17 días

Fuente: Microsoft Project

6.3.2.2.5.1 NV. + 3.00 m hasta NV. + 15.00 m

Las tareas y tiempos mencionados a continuación serán por cada nivel, las mismas que se repetirán desde la primera hasta la quinta planta. Todo el encofrado horizontal se colocará en 1 día; el acero de las vigas será para 6 vigas por día; todo acero de refuerzo de losa en 5 días; hormigonado de losa y vigas en un día; el acero de columnas se realizará para 4 columnas por día; el encofrado y hormigonado será para 6 columnas por día. Duración por planta 38 días. Duración 190 días.

Tabla 6.39 Tareas de la estructura por nivel desde NV. + 3.00 hasta NV. + 15.00

Nombre de tarea	Duración
PRIMERA PLANTA – QUINTA PLANTA	38 días
Encofrado horizontal NV. + 3.00	1 día
Acero de vigas descolgadas NV. + 3.00	10 días
Acero de refuerzo de losa NV. + 3.00	5 días
Hormigonado de losa y vigas NV. + 3.00	1 día
Acero de columnas	9 días
Encofrado de columnas	6 días
Hormigonado de columnas	6 días

Fuente: Microsoft Project

6.3.2.2.5.2 Cubierta

Coinciden todos los valores, con la característica que para esta fase de construcción ya no se construyen las columnas. Duración de 17 días.

Tabla 6.40 Tareas de la cubierta

Nombre de tarea	Duración
CUBIERTA	17 días
Encofrado horizontal NV. + 18.00	1 día
Acero de vigas descolgadas NV. + 18.00	10 días
Acero de refuerzo de losa NV. + 18.00	5 días
Hormigonado de losa y vigas NV. + 18.00	1 día

Fuente: Microsoft Project

6.3.3 Presupuestos

6.3.2.1 Presupuesto edificación hormigonada in situ

Para poder obtener el presupuesto de la edificación se han determinado cada una de las cantidades de hormigón, y de acero de refuerzo de los elementos estructurales que componen la edificación, se realizó por medio del software InterPro 2010, módulo de ofertas.

Tabla 6.41 Cantidades de hormigón y acero de refuerzo para cimentación

CIMENTACIÓN					
Hormigón	Unidad	Elemento	m ³ / elemento	Cantidad	VOLUMEN HORMIGÓN
	m ³	Zapatas	2.55	36.00	91.80
		Vigas de cimentación	0.64	60.00	38.40
		Sobrecimiento	0.05	400.00	20.00
Acero	Unidad	Elemento	kg/elemento	Cantidad	PESO ACERO DE REFUERZO
	kg	Zapatas	138.93	36.00	5001.48
		Vigas de cimentación	49.00	60.00	2940.00

Tabla 6.42 Cantidades de hormigón y acero de refuerzo para columnas

COLUMNAS				
Hormigón	Unidad	m ³ /columna (L=18 m)	Elementos	VOLUMEN HORMIGÓN
		m ³	4.50	36.00
Acero	Unidad	Kg/ columna (L=18 m)	Elementos	PESO ACERO DE REFUERZO
		kg	416.04	36.00

Tabla 6.43 Cantidades de hormigón y acero de refuerzo para vigas

VIGAS				
Hormigón	Unidad	m ³ /viga (L=4 m)	Elementos	VOLUMEN HORMIGÓN
		m ³	0.42	360.00
Acero	Unidad	Kg/ viga (L=4 m)	Elementos	PESO ACERO DE REFUERZO
		kg	49.00	360.00

Tabla 6.44 Cantidades de hormigón y acero de refuerzo para losas

LOSA			
Área (m ²)	Volumen hormigón (m ³)	Acero de refuerzo (kg)	Malla electro soldada (m ²)
2400.00	290.40	13950.00	2400.00

Tabla 6.45 Cantidades de hormigón y acero de refuerzo para edificio de 5 plantas

CANTIDADES EDIFICIO RESIDENCIAL 5 PLANTAS				
ELEMENTOS	Hormigón		Acero de refuerzo	
	Unidad	Cantidad	Unidad	Cantidad
CIMENTACIÓN	m ³	150.20	Kg	7941.48
COLUMNAS		162.00		14977.44
VIGAS		151.20		17640.00
LOSAS		290.40		13950.00
TOTAL		753.80		54508.90

PROYECTO: Proyecto Residencial

PRESUPUESTO						
Item	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
1		OBRAS PRELIMINARES				406.45
1.001	501022	Desbroce y limpieza del terreno	m2	400	0.79	316
1.002	503001	Replanteo, trazado y nivelación para edificaciones	hora	5	18.09	90.45
2		MOVIMIENTO DE TIERRAS				7843.2
2.001	502050	Excavación a máquina con retroexcavadora	m3	600	1.9	1140
2.002	502014	Desalojo de materiales en volqueta hacia botadero con impuesto. Incluye esponjamiento	m3/km	6840	0.98	6703.2
3		CIMENTACIÓN				46129.37
3.001	502015	Relleno compactado con plancha, material de sitio	m3	80	7.29	583.2
3.002	557154	Hormigón de zapatas f'c= 210 kg/cm ²	m3	91.8	168.75	15491.25
3.003	557154	Hormigón de vigas de cimentación f'c= 210 kg/cm ²	m3	38.4	168.75	6480
3.004	557154	Hormigón sobrecimiento de f'c= 210 kg/cm ²	m3	20	168.75	3375
3.005	507002	Acero de refuerzo de zapatas fy=4,200 kg/cm ² , en varillas de 8 a 16 mm	kg	5001.48	1.94	9702.87
3.006	507002	Acero de refuerzo vigas de cimentación fy=4,200 kg/cm ² , en varillas de 8 a 16 mm	kg	2940	1.94	5703.6
3.007	510061	Encofrado de cadenas de cimentación	ml	480	9.28	4454.4
3.008	510062	Encofrado de zapatas	m2	24.48	13.85	339.05
4		ESTRUCTURA				214743.53
4.001	557154	Hormigón de columnas f'c= 210 kg/cm ²	m3	162	168.75	27337.5
4.002	557154	Hormigón de vigas f'c= 210 kg/cm ²	m3	151.2	168.75	25515
4.003	507002	Acero de refuerzo de columnas fy=4,200 kg/cm ² , en varillas de 8 a 16 mm	kg	14977.44	1.94	29056.23
4.004	507002	Acero de refuerzo de vigas fy=4,200 kg/cm ² , en varillas de 8 a 16 mm	kg	17640	1.94	34221.6
4.005	510042	Encofrado de columnas, sección 50x50 cm, 4 caras, Hmax=2.44 m	m2	36	15.86	570.96
4.006	510054	Encofrado recto general con tableros triplex	m2	400	13.85	5540
4.007	557154	Hormigón de losas f'c= 210 kg/cm ²	m3	290.4	168.75	49005
4.008	507002	Acero de refuerzo de losas fy=4,200 kg/cm ² , en varillas de 8 a 16 mm	kg	13950	1.94	27063
4.009	528070	Bloques de alivio de 40x20x15cm	u	15504	1.06	16434.24
SUBTOTAL						269122.55
IVA					14.00%	37677.16
TOTAL						306799.71

Son: TRESCIENTOS SEIS MIL SETECIENTOS NOVENTA Y NUEVE CON 71/100 DÓLARES

6.3.2.2 Presupuesto edificación prefabricada

Se ha determinado el presupuesto de la misma edificación pero de forma prefabricada, se realizó el análisis según la cantidad de elementos estructurales que conforman dicha edificación.

PROYECTO: Proyecto Residencial

PRESUPUESTO						
Item	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
1		OBRAS PRELIMINARES				406.45
1.001	501022	Desbroce y limpieza del terreno	m2	400	0.79	316
1.002	503001	Replanteo, trazado y nivelación para edificaciones	hora	5	18.09	90.45
2		MOVIMIENTO DE TIERRAS				7843.2
2.001	502050	Excavación a máquina con retroexcavadora	m3	600	1.9	1140
2.002	502014	Desalojo de materiales en volqueta hacia botadero con impuesto. Incluye esponjamiento	m3/km	6840	0.98	6703.2
3		CIMENTACIÓN				46129.37
3.001	502015	Relleno compactado con plancha, material de sitio	m3	80	7.29	583.2
3.002	557154	Hormigón de zapatas f'c= 210 kg/cm ²	m3	91.8	168.75	15491.25
3.003	557154	Hormigón de vigas de cimentación f'c= 210 kg/cm ²	m3	38.4	168.75	6480
3.004	557154	Hormigón sobrecimiento de f'c= 210 kg/cm ²	m3	20	168.75	3375
3.005	507002	Acero de refuerzo de zapatas fy=4,200 kg/cm ² , en varillas de 8 a 16 mm	kg	5001.48	1.94	9702.87
3.006	507002	Acero de refuerzo vigas de cimentación fy=4,200 kg/cm ² , en varillas de 8 a 16 mm	kg	2940	1.94	5703.6
3.007	510061	Encofrado de cadenas de cimentación	ml	480	9.28	4454.4
3.008	510062	Encofrado de zapatas	m2	24.48	13.85	339.05
4		ESTRUCTURA				193800
4.001	557154	Columnas de hormigón prefabricado f'c= 350 kg/cm ²	unidad	108	500.00	54000
4.002	557154	Vigas tipo L de hormigón prefabricado f'c= 3500 kg/cm ²	unidad	192	200.00	38400
4.003	507002	Vigas tipo T invertida de hormigón prefabricado f'c= 350 kg/cm ²	unidad	132	200.00	26400
4.004	507002	Losas doble T prefabricadas	unidad	300	250.00	75000
SUBTOTAL						248179
IVA					14.00%	34745.12
TOTAL						282924.12

Son: DOSCIENTOS OCHENTA Y DOS MIL NOVECIENTOS VEINTE Y CUATRO CON 12/100 DÓLARES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- Se obtuvo información en cuanto a los sistemas, materiales, equipos y procedimientos de construcción en lo referente al sistema estructural prefabricado, información analizada desde el punto de vista técnico, estructural y financiero; que da como resultado la correcta aprobación de su uso en nuestro medio, como procedimiento constructivo aplicable en edificios.
- La modelación estructural se realizó con el programa Cypecad 2014, en donde fue necesario ingresar todos los datos iniciales, para que el programa pueda proceder al cálculo, por esta razón se realizó un previo análisis antes de la modelación. La modelación se dio de manera exitosa, cumpliendo con los requerimientos mínimos estructurales, establecidos por la Norma Ecuatoriana de Construcción.
- Al analizar los tiempos de ejecución de los cronogramas de cada uno de los sistemas constructivos, se pudo ratificar que el sistema constructivo prefabricado es mucho más rápido, una diferencia de 6 meses para la finalización de la edificación; un factor importante debido a que afecta directamente a los costos, refiriéndose a la recuperación de la inversión inicial, y a los posteriores costos de construcción son 6 meses que se puede emplear en proyectos futuros. La ventaja para el avance de tiempo radica en el adelanto de los elementos prefabricados, al ser construidos simultáneamente en planta permite el ahorro significativo de tiempo. Contrario al sistema tradicional que es ejecutado por cada uno de los niveles de forma secuencial, lo que impide un avance más rápido.
- Como se esperaba al inicio del proyecto de investigación, se pudo ratificar que el costo de construcción de la edificación prefabricada, es menor al costo de la edificación hormigonada en sitio. La diferencia es de 23875,6 dólares, un valor

que de hecho va a aumentar significativamente mientras la edificación tenga mayor área por planta y un mayor número de pisos.

- Las consideraciones de diseño de los elementos prefabricados, siguen los mismos lineamientos del sistema tradicional, pero al tratarse de elementos sometidos a preesfuerzo la complejidad de los cálculos aumenta, ya que se deben realizar comprobaciones y formulaciones anteriormente no aplicados.
- Las propiedades mecánicas de los elementos prefabricados se desarrollan al máximo llevando un proceso industrializado, ya que cada una de las etapas de prefabricación, es controlada cumpliendo los requerimientos mínimos de calidad lo que permite al hormigón, alcanzar una resistencia a compresión muy superior en comparación al sistema hormigonado en sitio.
- Se vio conveniente trabajar con columnas de 6 m de altura y con ménsula, debido al tipo de conexión que se ejecutó, es decir una conexión seca, para aprovechar la capacidad resistente de los elementos estructurales prefabricados.

Recomendaciones:

- Al momento de realizar la modelación estructural, asegurarse que los datos iniciales que pide el programa sean los correctos, asegurarse que las secciones estructurales cumplan con los dimensionamientos mínimos en acero y hormigón establecidos por la Norma Ecuatoriana de Construcción.
- Generar mayor información y herramientas en cuanto a los sistemas constructivos prefabricados, con el objetivo de que los mismos ganen mayor confianza por parte de los ingenieros y de la sociedad, para que puedan ser aplicados en nuestro medio.
- De acuerdo al análisis estructural para edificaciones prefabricadas; es mejor trabajar con conexiones húmedas, debido a que a que la unión de los elementos por medio de hormigón vertido en obra, permite que se generen pórticos de forma monolítica, rigidizando los nudos y por tanto la estructura.
- Realizar la cimentación con el sistema constructivo hormigonado en sitio, debido a que prefabricar estos elementos, puede complicar y retardar el avance de la obra debido a las grandes dimensiones y al peso de los elementos de cimentación.

BIBLIOGRAFÍA

ACI-344. (2008). *Reglamento para las construcciones de concreto estructural y comentarios*. Estados Unidos de América.

AISC. (2010). *American Institute of Steel Construction*. Estados Unidos de América.

NEC. (2011). *Norma Ecuatoriana de la Construcción*. Ecuador

ROMO Proaño, M. (2007). *Hormigón armado*. Quito.

Rodriguez y Blandón. (2003). *Ensayes ante cargas laterales cíclicas reversibles de un edificio prefabricado con concreto reforzado de dos niveles. Parte II: Evaluación del comportamiento de conexiones prefabricadas y del sistema de piso*. México

GALINDO Cabrera, R. (2011). *Consideraciones para el diseño de vigas postensadas simplemente apoyadas con una luz de 6.15 metros*

ANEXOS

PROYECTO: Proyecto Residencial

PRESUPUESTO						
Item	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
001		OBRAS PRELIMINARES				406.45
001.001	501022	Desbroce y limpieza del terreno	m2	400.00000	.79	316.00
001.002	503001	Replanteo, trazado y nivelación para edificaciones	hora	5.00000	18.09	90.45
002		MOVIMIENTO DE TIERRAS				7,843.20
002.001	502050	Excavación a máquina con retroexcavadora	m3	600.00000	1.90	1,140.00
002.002	502014	Desalojo de materiales en volqueta hacia botadero con impuesto. Incluye esponjamiento	m3/km	6840.00000	.98	6,703.20
003		CIMENTACIÓN				46,129.37
003.001	502015	Relleno compactado con plancha, material de sitio	m3	80.00000	7.29	583.20
003.002	557154	Hormigon de f'c= 210 kg/cm2	m3	91.80000	168.75	15,491.25
003.003	557154	Hormigon de f'c= 210 kg/cm2	m3	38.40000	168.75	6,480.00
003.004	557154	Hormigon de f'c= 210 kg/cm2	m3	20.00000	168.75	3,375.00
003.005	507002	Acero de refuerzo fy=4,200 kg/cm², en varillas de 8 a 16 mm	kg	5001.48000	1.94	9,702.87
003.006	507002	Acero de refuerzo fy=4,200 kg/cm², en varillas de 8 a 16 mm	kg	2940.00000	1.94	5,703.60
003.007	510061	Encofrado de cadenas de cimentacion	ml	480.00000	9.28	4,454.40
003.008	510062	Encofrado de plintos	m2	24.48000	13.85	339.05
004		ESTRUCTURA				214,743.53
004.001	557154	Hormigon de f'c= 210 kg/cm2	m3	162.00000	168.75	27,337.50
004.002	557154	Hormigon de f'c= 210 kg/cm2	m3	151.20000	168.75	25,515.00
004.003	507002	Acero de refuerzo fy=4,200 kg/cm², en varillas de 8 a 16 mm	kg	14977.44000	1.94	29,056.23
004.004	507002	Acero de refuerzo fy=4,200 kg/cm², en varillas de 8 a 16 mm	kg	17640.00000	1.94	34,221.60
004.005	510042	Encofrado de columnas, sección 50x50 cm, 4 caras, Hmax=2.44 m	m2	36.00000	15.86	570.96
004.006	510054	Encofrado recto general con tableros triplex	m2	400.00000	13.85	5,540.00
004.007	557154	Hormigon de f'c= 210 kg/cm2	m3	290.40000	168.75	49,005.00
004.008	507002	Acero de refuerzo fy=4,200 kg/cm², en varillas de 8 a 16 mm	kg	13950.00000	1.94	27,063.00
004.009	528070	Bloques de alivio de 40x20x15cm	u	15504.00000	1.06	16,434.24
SUBTOTAL						269,122.55
					IVA	14.00%
TOTAL						306,799.71

Son: TRESCIENTOS SEIS MIL SETECIENTOS NOVENTA Y NUEVE CON 71/100 DÓLARES

NOMBRE DEL OFERENTE: Esteban Oyervide

PROYECTO: Proyecto Residencial

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 1 de 38

RUBRO: Desbroce y limpieza del terreno

UNIDAD: m2

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramientas varias	4.00000	0.400	1.600	0.04000	0.064
SUBTOTAL M					0.064
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	4.00000	3.180	12.720	0.04000	0.509
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1.00000	3.570	3.570	0.01600	0.057
SUBTOTAL N					0.566
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
SUBTOTAL O					0.000
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0.000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					0.630
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 25.000 %					0.158
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					0.000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					0.788
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.					VALOR OFERTADO 0.79

lunes, 2 de mayo de 2016

NOMBRE DEL OFERENTE: Esteban Oyervide

PROYECTO: Proyecto Residencial

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 2 de 38

RUBRO: Replanteo, trazado y nivelación para edificaciones

UNIDAD: hora

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramienta manual y menor de construcción	5.00 %MO	0.501			0.501
Teodolito Soquisha T20	1.00000	1.328	1.328	1.00000	1.328
Nivel Soquisha C3A	1.00000	1.475	1.475	1.00000	1.475
Mira de 4 m	1.00000	0.295	0.295	1.00000	0.295
Jalones	5.00000	0.148	0.740	1.00000	0.740
SUBTOTAL M					4.339
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Cadenero	2.00000	3.220	6.440	1.00000	6.440
Topografía 2: experiencia mayor a 5 años (Estr.Oc.C1)	1.00000	3.570	3.570	1.00000	3.570
SUBTOTAL N					10.010
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Clavo 3" x 9	kg	0.05000	2.100	0.105	
SUBTOTAL O					0.105
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0.000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					14.454
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 25.000 %					3.614
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					0.000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					18.068
VALOR OFERTADO					18.07

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

lunes, 2 de mayo de 2016

NOMBRE DEL OFERENTE: Esteban Oyervide

PROYECTO: Proyecto Residencial

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 3 de 38

RUBRO: Excavación a máquina con retroexcavadora

UNIDAD: m3

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Retroexcavadora	1.00000	25.000	25.000	0.03850	0.963
SUBTOTAL M					0.963
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	3.00000	3.180	9.540	0.03850	0.367
Operador de retroexcavadora	1.00000	3.570	3.570	0.03850	0.137
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1.00000	3.570	3.570	0.01540	0.055
SUBTOTAL N					0.559
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
SUBTOTAL O					0.000
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0.000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					1.522
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 25.000 %					0.381
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					0.000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					1.903
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.					VALOR OFERTADO
					1.90

lunes, 2 de mayo de 2016

NOMBRE DEL OFERENTE: Esteban Oyervide

PROYECTO: Proyecto Residencial

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 4 de 38

RUBRO: Desalojo de materiales en volqueta hacia botadero con impuesto. Incluye esponjamiento

UNIDAD: m3/km

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
SUBTOTAL M					0.000
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	1.00000	3.180	3.180	0.02000	0.064
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1.00000	3.570	3.570	0.02000	0.071
SUBTOTAL N					0.135
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Impuesto en escombrera municipal	m3	1.00000	0.320	0.320	
SUBTOTAL O					0.320
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
Transporte de materiales en volqueta	m3/km	1.30000	0.250	0.325	
SUBTOTAL P					0.325
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					0.780
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 25.000 %					0.195
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					0.000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					0.975
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.					VALOR OFERTADO
					0.98

lunes, 2 de mayo de 2016

NOMBRE DEL OFERENTE: Esteban Oyervide

PROYECTO: Proyecto Residencial

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 5 de 38

RUBRO: Relleno compactado con plancha, material de sitio

UNIDAD: m3

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramienta manual y menor de construcción	5.00 %MO	0.164			0.164
Compactadora reversible Weber CR3 grande, peso 184kg	1.00000	7.228	7.228	0.33000	2.385
SUBTOTAL M					2.549
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	2.00000	3.180	6.360	0.33000	2.099
Operador de equipo liviano	1.00000	3.220	3.220	0.33000	1.063
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1.00000	3.570	3.570	0.03300	0.118
SUBTOTAL N					3.280
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
SUBTOTAL O					0.000
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0.000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					5.829
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 25.000 %					1.457
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					0.000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					7.286
VALOR OFERTADO					7.29

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

lunes, 2 de mayo de 2016

NOMBRE DEL OFERENTE: Esteban Oyervide

PROYECTO: Proyecto Residencial

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 6 de 38

RUBRO: Hormigon de f'c= 210 kg/cm2

UNIDAD: m3

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramienta manual y menor de construcción	5.00 %MO	1.063			1.063
Concretera de 1 saco	1.00000	3.098	3.098	1.33333	4.131
Vibrador Weber a gasolina	1.00000	1.770	1.770	1.33333	2.360
SUBTOTAL M					7.554
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Albañil	1.00000	3.220	3.220	1.33333	4.293
Peón	4.00000	3.180	12.720	1.33333	16.960
SUBTOTAL N					21.253
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Cemento Portland Tipo I	saco 50 kg	8.00000	7.250	58.000	
Arena (P. Suelto=1,460 kg/m3 aprox.)	m3	0.80000	16.000	12.800	
Grava (P. Suelto=1,551 kg/m3 aprox.)	m3	1.30000	18.000	23.400	
Agua en obra (Incluye instalaciones provisionales)	litro	240.00000	0.050	12.000	
SUBTOTAL O					106.200
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0.000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					135.007
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 25.000 %					33.752
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					0.000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					168.759
VALOR OFERTADO					168.76

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

lunes, 2 de mayo de 2016

NOMBRE DEL OFERENTE: Esteban Oyervide

PROYECTO: Proyecto Residencial

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 7 de 38

RUBRO: Hormigon de f'c= 210 kg/cm2

UNIDAD: m3

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramienta manual y menor de construcción	5.00 %MO	1.063			1.063
Concretera de 1 saco	1.00000	3.098	3.098	1.33333	4.131
Vibrador Weber a gasolina	1.00000	1.770	1.770	1.33333	2.360
SUBTOTAL M					7.554
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Albañil	1.00000	3.220	3.220	1.33333	4.293
Peón	4.00000	3.180	12.720	1.33333	16.960
SUBTOTAL N					21.253
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Cemento Portland Tipo I	saco 50 kg	8.00000	7.250	58.000	
Arena (P. Suelto=1,460 kg/m3 aprox.)	m3	0.80000	16.000	12.800	
Grava (P. Suelto=1,551 kg/m3 aprox.)	m3	1.30000	18.000	23.400	
Agua en obra (Incluye instalaciones provisionales)	litro	240.00000	0.050	12.000	
SUBTOTAL O					106.200
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0.000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					135.007
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 25.000 %					33.752
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					0.000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					168.759
VALOR OFERTADO					168.76

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

lunes, 2 de mayo de 2016

NOMBRE DEL OFERENTE: Esteban Oyervide

PROYECTO: Proyecto Residencial

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 8 de 38

RUBRO: Hormigon de f'c= 210 kg/cm2

UNIDAD: m3

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramienta manual y menor de construcción	5.00 %MO	1.063			1.063
Concretera de 1 saco	1.00000	3.098	3.098	1.33333	4.131
Vibrador Weber a gasolina	1.00000	1.770	1.770	1.33333	2.360
SUBTOTAL M					7.554
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Albañil	1.00000	3.220	3.220	1.33333	4.293
Peón	4.00000	3.180	12.720	1.33333	16.960
SUBTOTAL N					21.253
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Cemento Portland Tipo I	saco 50 kg	8.00000	7.250	58.000	
Arena (P. Suelto=1,460 kg/m3 aprox.)	m3	0.80000	16.000	12.800	
Grava (P. Suelto=1,551 kg/m3 aprox.)	m3	1.30000	18.000	23.400	
Agua en obra (Incluye instalaciones provisionales)	litro	240.00000	0.050	12.000	
SUBTOTAL O					106.200
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0.000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					135.007
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 25.000 %					33.752
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					0.000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					168.759
VALOR OFERTADO					168.76

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

lunes, 2 de mayo de 2016

NOMBRE DEL OFERENTE: Esteban Oyervide

PROYECTO: Proyecto Residencial

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 9 de 38

RUBRO: Acero de refuerzo $f_y=4,200$ kg/cm², en varillas de 8 a 16 mm

UNIDAD: kg

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
SUBTOTAL M					0.000
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
SUBTOTAL N					0.000
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Varilla Corrugada 8.0 mm X 12 m	uni	0.04500	4.600	0.207	
Varilla Corrugada 10.0 mm X 12 m	uni	0.02900	7.180	0.208	
Varilla Corrugada 12.0 mm X 12 m	uni	0.02000	10.340	0.207	
Varilla Corrugada 14.0 mm X 12 m	uni	0.01500	14.060	0.211	
Varilla Corrugada 16.0 mm X 12 m	uni	0.01100	18.370	0.202	
Corte, figurado y colocación de hierro en varillas	kg	1.00000	0.510	0.510	
SUBTOTAL O					1.545
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0.000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					1.545
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 25.000 %					0.386
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					0.000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					1.931
VALOR OFERTADO					1.93

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

lunes, 2 de mayo de 2016

NOMBRE DEL OFERENTE: Esteban Oyervide

PROYECTO: Proyecto Residencial

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 10 de 38

RUBRO: Corte, figurado y colocación de hierro en varillas

UNIDAD: kg

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramienta manual y menor de construcción	5.00 %MO	0.023			0.023
Cortadora de Hierro	1.00000	0.738	0.738	0.02000	0.015
SUBTOTAL M					0.038
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	6.00000	3.180	19.080	0.02000	0.382
Fierrero	1.00000	3.220	3.220	0.02000	0.064
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1.00000	3.570	3.570	0.00200	0.007
SUBTOTAL N					0.453
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Alambre Amarre Negro #18 (20k)	KL	0.01500	2.030	0.030	
SUBTOTAL O					0.030
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0.000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					0.521
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 25.000 %					0.130
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					0.000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					0.651
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.					VALOR OFERTADO 0.65

lunes, 2 de mayo de 2016

NOMBRE DEL OFERENTE: Esteban Oyervide

PROYECTO: Proyecto Residencial

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 11 de 38

RUBRO: Acero de refuerzo $f_y=4,200$ kg/cm², en varillas de 8 a 16 mm

UNIDAD: kg

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
SUBTOTAL M					0.000
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
SUBTOTAL N					0.000
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Varilla Corrugada 8.0 mm X 12 m	uni	0.04500	4.600	0.207	
Varilla Corrugada 10.0 mm X 12 m	uni	0.02900	7.180	0.208	
Varilla Corrugada 12.0 mm X 12 m	uni	0.02000	10.340	0.207	
Varilla Corrugada 14.0 mm X 12 m	uni	0.01500	14.060	0.211	
Varilla Corrugada 16.0 mm X 12 m	uni	0.01100	18.370	0.202	
Corte, figurado y colocación de hierro en varillas	kg	1.00000	0.510	0.510	
SUBTOTAL O					1.545
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0.000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					1.545
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 25.000 %					0.386
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					0.000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					1.931
VALOR OFERTADO					1.93

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

lunes, 2 de mayo de 2016

NOMBRE DEL OFERENTE: Esteban Oyervide

PROYECTO: Proyecto Residencial

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 12 de 38

RUBRO: Corte, figurado y colocación de hierro en varillas

UNIDAD: kg

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramienta manual y menor de construcción	5.00 %MO	0.023			0.023
Cortadora de Hierro	1.00000	0.738	0.738	0.02000	0.015
SUBTOTAL M					0.038
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	6.00000	3.180	19.080	0.02000	0.382
Fierrero	1.00000	3.220	3.220	0.02000	0.064
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1.00000	3.570	3.570	0.00200	0.007
SUBTOTAL N					0.453
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Alambre Amarre Negro #18 (20k)	KL	0.01500	2.030		0.030
SUBTOTAL O					0.030
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0.000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					0.521
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 25.000 %					0.130
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					0.000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					0.651
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.					VALOR OFERTADO 0.65

lunes, 2 de mayo de 2016

NOMBRE DEL OFERENTE: Esteban Oyervide

PROYECTO: Proyecto Residencial

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 13 de 38

RUBRO: Encofrado de cadenas de cimentacion

UNIDAD: ml

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramienta manual y menor de construcción	5.00 %MO	0.128			0.128
SUBTOTAL M					0.128
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	2.00000	3.180	6.360	0.19500	1.240
Encofrador	1.00000	3.220	3.220	0.19500	0.628
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1.00000	3.570	3.570	0.19500	0.696
SUBTOTAL N					2.564
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Alambre Amarre Negro #18 (20k)	KL	0.44000	2.030	0.893	
Clavo 2" x 11 (25 kg/caja)	kg	0.18000	1.620	0.292	
Tira de Copal, 4x5 cm	uni 3.00 m	0.21000	2.310	0.485	
Construcción de tableros de encofrar, triplex de 15 mm ; L=2.44 m, A=20 cm	uni	0.13600	12.140	1.651	
Aplicación de desencofrante en encofrados de madera	m2	0.15000	0.800	0.120	
Desencofrado y limpieza de tableros	hora	0.04000	22.900	0.916	
Cargado, transporte y descarga de encofrados	Viaje 200 qq	0.00500	71.830	0.359	
SUBTOTAL O					4.716
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0.000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					7.408
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 25.000 %					1.852
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					0.000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					9.260
VALOR OFERTADO					9.26

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

lunes, 2 de mayo de 2016

NOMBRE DEL OFERENTE: Esteban Oyervide

PROYECTO: Proyecto Residencial

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 14 de 38

RUBRO: Cargado, transporte y descarga de encofrados

UNIDAD: Viaje 200 qq

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramienta manual y menor de construcción	5.00 %MO	1.992			1.992
SUBTOTAL M					1.992
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	5.00000	3.180	15.900	2.50000	39.750
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1.00000	3.570	3.570	0.02500	0.089
SUBTOTAL N					39.839
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
SUBTOTAL O					0.000
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
Transporte en Camión capacidad de 200 qq	Flete hasta 6 km	1.00000	30.000	30.000	
SUBTOTAL P					30.000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					71.831
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 25.000 %					17.958
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					0.000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					89.789
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.					VALOR OFERTADO
					89.79

lunes, 2 de mayo de 2016

NOMBRE DEL OFERENTE: Esteban Oyervide

PROYECTO: Proyecto Residencial

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 15 de 38

RUBRO: Desencofrado y limpieza de tableros

UNIDAD: hora

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramienta manual y menor de construcción	5.00 %MO	0.495			0.495
SUBTOTAL M					0.495
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	3.00000	3.180	9.540	1.00000	9.540
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1.00000	3.570	3.570	0.10000	0.357
SUBTOTAL N					9.897
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Agua en obra (Incluye instalaciones provisionales)	litro	250.00000	0.050		12.500
SUBTOTAL O					12.500
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0.000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					22.892
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 25.000 %					5.723
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					0.000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					28.615
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.					VALOR OFERTADO
					28.62

lunes, 2 de mayo de 2016

NOMBRE DEL OFERENTE: Esteban Oyervide

PROYECTO: Proyecto Residencial

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 16 de 38

RUBRO: Aplicación de desencofrante en encofrados de madera

UNIDAD: m2

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramienta manual y menor de construcción	5.00 %MO	0.009			0.009
SUBTOTAL M					0.009
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	1.00000	3.180	3.180	0.05000	0.159
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1.00000	3.570	3.570	0.00500	0.018
SUBTOTAL N					0.177
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Separol Madera	Plástico, 10 KG	0.01500	40.960		0.614
SUBTOTAL O					0.614
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0.000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					0.800
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 25.000 %					0.200
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					0.000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					1.000
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.					VALOR OFERTADO
					1.00

lunes, 2 de mayo de 2016

NOMBRE DEL OFERENTE: Esteban Oyervide

PROYECTO: Proyecto Residencial

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 17 de 38

RUBRO: Construcción de tableros de encofrar, triplex de 15 mm ; L=2.44 m, A=20 cm

UNIDAD: uni

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramienta manual y menor de construcción	5.00 %MO	0.084			0.084
Sierra Circular	1.00000	0.740	0.740	0.25000	0.185
SUBTOTAL M					0.269
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	1.00000	3.180	3.180	0.25000	0.795
Carpintero	1.00000	3.220	3.220	0.25000	0.805
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1.00000	3.570	3.570	0.02500	0.089
SUBTOTAL N					1.689
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Clavo 1 1/2 x 16 (25kg/caja)	kg	0.20000	2.300	0.460	
Sika Cola Blanca	Plástico 4 kg	0.05000	10.500	0.525	
Tira de Copal, 4x5 cm	uni 3.00 m	2.00000	2.310	4.620	
Tablero Plywood de 15 mm, Clase Industrial	Uni 1.22x2.44 m	0.17000	26.790	4.554	
SUBTOTAL O					10.159
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0.000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					12.117
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 25.000 %					3.029
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					0.000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					15.146
VALOR OFERTADO					15.15

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

lunes, 2 de mayo de 2016

NOMBRE DEL OFERENTE: Esteban Oyervide

PROYECTO: Proyecto Residencial

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 18 de 38

RUBRO: Encofrado de plintos

UNIDAD: m2

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramienta manual y menor de construcción	5.00 %MO	0.230			0.230
V3 Vigas 3m	0.34500	0.012	0.004	80.00000	0.331
Puntales extensibles 2.1-3.65m	0.41200	0.012	0.005	80.00000	0.396
Cc Crucetas cortas 1,2m (ángulo)	0.38200	0.002	0.001	80.00000	0.061
Cl Crucetas Largas 3m (ángulo)	0.34500	0.003	0.001	80.00000	0.083
SUBTOTAL M					1.101
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	3.00000	3.180	9.540	0.35000	3.339
Encofrador	1.00000	3.220	3.220	0.35000	1.127
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1.00000	3.570	3.570	0.03500	0.125
SUBTOTAL N					4.591
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Clavo 2" x 11 (25 kg/caja)	kg	0.02000	1.620	0.032	
Tira de Copal, 4x5 cm	uni 3.00 m	0.22000	2.310	0.508	
Tablero Plywood de 18 mm, Clase Industrial	Uni 1.22x2.44 m	0.04000	30.350	1.214	
Aplicación de desencofrante en encofrados de madera	m2	1.00000	0.800	0.800	
Construcción de tableros de encofrar, triplex de 18 mm ; L=1.22 m, A=60 cm	uni	0.10000	19.380	1.938	
SUBTOTAL O					4.492
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
Transporte en Camión capacidad de 200 qq	Flete hasta 6 km	0.03000	30.000	0.900	
SUBTOTAL P					0.900
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					11.084
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 25.000 %					2.771
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					0.000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					13.855
VALOR OFERTADO					13.86

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

lunes, 2 de mayo de 2016

NOMBRE DEL OFERENTE: Esteban Oyervide

PROYECTO: Proyecto Residencial

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 19 de 38

RUBRO: Construcción de tableros de encofrar, triplex de 18 mm ; L=1.22 m, A=60 cm

UNIDAD: uni

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramienta manual y menor de construcción	5.00 %MO	0.135			0.135
Sierra Circular	1.00000	0.740	0.740	0.40000	0.296
SUBTOTAL M					0.431
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	1.00000	3.180	3.180	0.40000	1.272
Carpintero	1.00000	3.220	3.220	0.40000	1.288
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1.00000	3.570	3.570	0.04000	0.143
SUBTOTAL N					2.703
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Clavo 1 1/2 x 16 (25kg/caja)	kg	0.60000	2.300	1.380	
Sika Cola Blanca	Plástico 4 kg	0.15000	10.500	1.575	
Tira de Copal, 4x5 cm	uni 3.00 m	2.85000	2.310	6.584	
Tablero Plywood de 15 mm, Clase Industrial	Uni 1.22x2.44 m	0.25000	26.790	6.698	
SUBTOTAL O					16.237
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0.000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					19.371
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 25.000 %					4.843
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					0.000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					24.214
VALOR OFERTADO					24.21

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

lunes, 2 de mayo de 2016

NOMBRE DEL OFERENTE: Esteban Oyervide

PROYECTO: Proyecto Residencial

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 20 de 38

RUBRO: Aplicación de desencofrante en encofrados de madera

UNIDAD: m2

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramienta manual y menor de construcción	5.00 %MO	0.009			0.009
SUBTOTAL M					0.009
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	1.00000	3.180	3.180	0.05000	0.159
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1.00000	3.570	3.570	0.00500	0.018
SUBTOTAL N					0.177
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Separol Madera	Plástico, 10 KG	0.01500	40.960	0.614	
SUBTOTAL O					0.614
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0.000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					0.800
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 25.000 %					0.200
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					0.000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					1.000
VALOR OFERTADO					1.00

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

lunes, 2 de mayo de 2016

NOMBRE DEL OFERENTE: Esteban Oyervide

PROYECTO: Proyecto Residencial

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 21 de 38

RUBRO: Hormigon de f'c= 210 kg/cm2

UNIDAD: m3

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramienta manual y menor de construcción	5.00 %MO	1.063			1.063
Concretera de 1 saco	1.00000	3.098	3.098	1.33333	4.131
Vibrador Weber a gasolina	1.00000	1.770	1.770	1.33333	2.360
SUBTOTAL M					7.554
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Albañil	1.00000	3.220	3.220	1.33333	4.293
Peón	4.00000	3.180	12.720	1.33333	16.960
SUBTOTAL N					21.253
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Cemento Portland Tipo I	saco 50 kg	8.00000	7.250	58.000	
Arena (P. Suelto=1,460 kg/m3 aprox.)	m3	0.80000	16.000	12.800	
Grava (P. Suelto=1,551 kg/m3 aprox.)	m3	1.30000	18.000	23.400	
Agua en obra (Incluye instalaciones provisionales)	litro	240.00000	0.050	12.000	
SUBTOTAL O					106.200
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0.000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					135.007
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 25.000 %					33.752
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					0.000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					168.759
VALOR OFERTADO					168.76

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

lunes, 2 de mayo de 2016

NOMBRE DEL OFERENTE: Esteban Oyervide

PROYECTO: Proyecto Residencial

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 22 de 38

RUBRO: Hormigon de f'c= 210 kg/cm2

UNIDAD: m3

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramienta manual y menor de construcción	5.00 %MO	1.063			1.063
Concretera de 1 saco	1.00000	3.098	3.098	1.33333	4.131
Vibrador Weber a gasolina	1.00000	1.770	1.770	1.33333	2.360
SUBTOTAL M					7.554
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Albañil	1.00000	3.220	3.220	1.33333	4.293
Peón	4.00000	3.180	12.720	1.33333	16.960
SUBTOTAL N					21.253
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Cemento Portland Tipo I	saco 50 kg	8.00000	7.250	58.000	
Arena (P. Suelto=1,460 kg/m3 aprox.)	m3	0.80000	16.000	12.800	
Grava (P. Suelto=1,551 kg/m3 aprox.)	m3	1.30000	18.000	23.400	
Agua en obra (Incluye instalaciones provisionales)	litro	240.00000	0.050	12.000	
SUBTOTAL O					106.200
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0.000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					135.007
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 25.000 %					33.752
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					0.000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					168.759
VALOR OFERTADO					168.76

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

lunes, 2 de mayo de 2016

NOMBRE DEL OFERENTE: Esteban Oyervide

PROYECTO: Proyecto Residencial

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 23 de 38

RUBRO: Acero de refuerzo $f_y=4,200$ kg/cm², en varillas de 8 a 16 mm

UNIDAD: kg

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
SUBTOTAL M					0.000
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
SUBTOTAL N					0.000
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Varilla Corrugada 8.0 mm X 12 m	uni	0.04500	4.600	0.207	
Varilla Corrugada 10.0 mm X 12 m	uni	0.02900	7.180	0.208	
Varilla Corrugada 12.0 mm X 12 m	uni	0.02000	10.340	0.207	
Varilla Corrugada 14.0 mm X 12 m	uni	0.01500	14.060	0.211	
Varilla Corrugada 16.0 mm X 12 m	uni	0.01100	18.370	0.202	
Corte, figurado y colocación de hierro en varillas	kg	1.00000	0.510	0.510	
SUBTOTAL O					1.545
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0.000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					1.545
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 25.000 %					0.386
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					0.000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					1.931
VALOR OFERTADO					1.93

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

lunes, 2 de mayo de 2016

NOMBRE DEL OFERENTE: Esteban Oyervide

PROYECTO: Proyecto Residencial

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 24 de 38

RUBRO: Corte, figurado y colocación de hierro en varillas

UNIDAD: kg

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramienta manual y menor de construcción	5.00 %MO	0.023			0.023
Cortadora de Hierro	1.00000	0.738	0.738	0.02000	0.015
SUBTOTAL M					0.038
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	6.00000	3.180	19.080	0.02000	0.382
Fierrero	1.00000	3.220	3.220	0.02000	0.064
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1.00000	3.570	3.570	0.00200	0.007
SUBTOTAL N					0.453
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Alambre Amarre Negro #18 (20k)	KL	0.01500	2.030		0.030
SUBTOTAL O					0.030
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0.000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					0.521
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 25.000 %					0.130
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					0.000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					0.651
VALOR OFERTADO					0.65

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

lunes, 2 de mayo de 2016

NOMBRE DEL OFERENTE: Esteban Oyervide

PROYECTO: Proyecto Residencial

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 25 de 38

RUBRO: Acero de refuerzo $f_y=4,200$ kg/cm², en varillas de 8 a 16 mm

UNIDAD: kg

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
SUBTOTAL M					0.000
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
SUBTOTAL N					0.000
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Varilla Corrugada 8.0 mm X 12 m	uni	0.04500	4.600	0.207	
Varilla Corrugada 10.0 mm X 12 m	uni	0.02900	7.180	0.208	
Varilla Corrugada 12.0 mm X 12 m	uni	0.02000	10.340	0.207	
Varilla Corrugada 14.0 mm X 12 m	uni	0.01500	14.060	0.211	
Varilla Corrugada 16.0 mm X 12 m	uni	0.01100	18.370	0.202	
Corte, figurado y colocación de hierro en varillas	kg	1.00000	0.510	0.510	
SUBTOTAL O					1.545
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0.000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					1.545
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 25.000 %					0.386
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					0.000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					1.931
VALOR OFERTADO					1.93

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

lunes, 2 de mayo de 2016

NOMBRE DEL OFERENTE: Esteban Oyervide

PROYECTO: Proyecto Residencial

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 26 de 38

RUBRO: Corte, figurado y colocación de hierro en varillas

UNIDAD: kg

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramienta manual y menor de construcción	5.00 %MO	0.023			0.023
Cortadora de Hierro	1.00000	0.738	0.738	0.02000	0.015
SUBTOTAL M					0.038
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	6.00000	3.180	19.080	0.02000	0.382
Fierrero	1.00000	3.220	3.220	0.02000	0.064
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1.00000	3.570	3.570	0.00200	0.007
SUBTOTAL N					0.453
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Alambre Amarre Negro #18 (20k)	KL	0.01500	2.030		0.030
SUBTOTAL O					0.030
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0.000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					0.521
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 25.000 %					0.130
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					0.000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					0.651
VALOR OFERTADO					0.65

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

lunes, 2 de mayo de 2016

NOMBRE DEL OFERENTE: Esteban Oyervide

PROYECTO: Proyecto Residencial

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 27 de 38

RUBRO: Encofrado de columnas, sección 50x50 cm, 4 caras, Hmax=2.44 m

UNIDAD: m2

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramienta manual y menor de construcción	5.00 %MO	0.123			0.123
Puntales extensibles 2.1-3.65m	8.00000	0.012	0.096	5.96100	0.572
SUBTOTAL M					0.695
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	3.00000	3.180	9.540	0.18800	1.794
Encofrador	1.00000	3.220	3.220	0.18800	0.605
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1.00000	3.570	3.570	0.01880	0.067
SUBTOTAL N					2.466
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Alambre Amarre Negro #18 (20k)	KL	0.44000	2.030	0.893	
Clavo 2" x 11 (25 kg/caja)	kg	0.20000	1.620	0.324	
Tira de Copal, 4x5 cm	uni 3.00 m	0.91000	2.310	2.102	
Construcción de tableros de encofrar, triplex de 15 mm ; L=2.44 m, A=30 cm	uni	0.20000	14.960	2.992	
Aplicación de desencofrante en encofrados de madera	m2	1.00000	0.800	0.800	
Desencofrado y limpieza de tableros	hora	0.10000	22.900	2.290	
Cargado, transporte y descarga de encofrados	Viaje 200 qq	0.00200	71.830	0.144	
SUBTOTAL O					9.545
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0.000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					12.706
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 25.000 %					3.177
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					0.000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					15.883
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.					VALOR OFERTADO 15.88

lunes, 2 de mayo de 2016

NOMBRE DEL OFERENTE: Esteban Oyervide

PROYECTO: Proyecto Residencial

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 28 de 38

RUBRO: Cargado, transporte y descarga de encofrados

UNIDAD: Viaje 200 qq

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramienta manual y menor de construcción	5.00 %MO	1.992			1.992
SUBTOTAL M					1.992
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	5.00000	3.180	15.900	2.50000	39.750
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1.00000	3.570	3.570	0.02500	0.089
SUBTOTAL N					39.839
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
SUBTOTAL O					0.000
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
Transporte en Camión capacidad de 200 qq	Flete hasta 6 km	1.00000	30.000		30.000
SUBTOTAL P					30.000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					71.831
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 25.000 %					17.958
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					0.000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					89.789
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.					VALOR OFERTADO
					89.79

lunes, 2 de mayo de 2016

NOMBRE DEL OFERENTE: Esteban Oyervide

PROYECTO: Proyecto Residencial

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 29 de 38

RUBRO: Desencofrado y limpieza de tableros

UNIDAD: hora

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramienta manual y menor de construcción	5.00 %MO	0.495			0.495
SUBTOTAL M					0.495
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	3.00000	3.180	9.540	1.00000	9.540
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1.00000	3.570	3.570	0.10000	0.357
SUBTOTAL N					9.897
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Agua en obra (Incluye instalaciones provisionales)	litro	250.00000	0.050		12.500
SUBTOTAL O					12.500
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0.000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					22.892
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 25.000 %					5.723
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					0.000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					28.615
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.					VALOR OFERTADO
					28.62

lunes, 2 de mayo de 2016

NOMBRE DEL OFERENTE: Esteban Oyervide

PROYECTO: Proyecto Residencial

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 30 de 38

RUBRO: Aplicación de desencofrante en encofrados de madera

UNIDAD: m2

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramienta manual y menor de construcción	5.00 %MO	0.009			0.009
SUBTOTAL M					0.009
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	1.00000	3.180	3.180	0.05000	0.159
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1.00000	3.570	3.570	0.00500	0.018
SUBTOTAL N					0.177
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Separol Madera	Plástico, 10 KG	0.01500	40.960		0.614
SUBTOTAL O					0.614
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0.000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					0.800
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 25.000 %					0.200
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					0.000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					1.000
VALOR OFERTADO					1.00

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

lunes, 2 de mayo de 2016

NOMBRE DEL OFERENTE: Esteban Oyervide

PROYECTO: Proyecto Residencial

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 31 de 38

RUBRO: Construcción de tableros de encofrar, triplex de 15 mm ; L=2.44 m, A=30 cm

UNIDAD: uni

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramienta manual y menor de construcción	5.00 %MO	0.084			0.084
Sierra Circular	1.00000	0.740	0.740	0.25000	0.185
SUBTOTAL M					0.269
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	1.00000	3.180	3.180	0.25000	0.795
Carpintero	1.00000	3.220	3.220	0.25000	0.805
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1.00000	3.570	3.570	0.02500	0.089
SUBTOTAL N					1.689
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Clavo 1 1/2 x 16 (25kg/caja)	kg	0.30000	2.300	0.690	
Sika Cola Blanca	Plástico 4 kg	0.07000	10.500	0.735	
Tira de Copal, 4x5 cm	uni 3.00 m	2.10000	2.310	4.851	
Tablero Plywood de 15 mm, Clase Industrial	Uni 1.22x2.44 m	0.25000	26.790	6.698	
SUBTOTAL O					12.974
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0.000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					14.932
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 25.000 %					3.733
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					0.000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					18.665
VALOR OFERTADO					18.67

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

lunes, 2 de mayo de 2016

NOMBRE DEL OFERENTE: Esteban Oyervide

PROYECTO: Proyecto Residencial

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 32 de 38

RUBRO: Encofrado recto general con tableros triplex

UNIDAD: m2

DETALLE:

EQUIPOS						
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo	
Herramienta manual y menor de construcción	5.00 %MO	0.230			0.230	
V3 Vigas 3m	0.34500	0.012	0.004	80.00000	0.331	
Puntales extensibles 2.1-3.65m	0.41200	0.012	0.005	80.00000	0.396	
Cc Crucetas cortas 1,2m (ángulo)	0.38200	0.002	0.001	80.00000	0.061	
Cl Crucetas Largas 3m (ángulo)	0.34500	0.003	0.001	80.00000	0.083	
SUBTOTAL M					1.101	
MANO DE OBRA						
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo	
Peón	3.00000	3.180	9.540	0.35000	3.339	
Encofrador	1.00000	3.220	3.220	0.35000	1.127	
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1.00000	3.570	3.570	0.03500	0.125	
SUBTOTAL N					4.591	
MATERIALES						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo		
Clavo 2" x 11 (25 kg/caja)	kg	0.02000	1.620	0.032		
Tira de Copal, 4x5 cm	uni 3.00 m	0.22000	2.310	0.508		
Tablero Plywood de 18 mm, Clase Industrial	Uni 1.22x2.44 m	0.04000	30.350	1.214		
Aplicación de desencofrante en encofrados de madera	m2	1.00000	0.800	0.800		
Construcción de tableros de encofrar, triplex de 18 mm ; L=1.22 m, A=60 cm	uni	0.10000	19.380	1.938		
SUBTOTAL O					4.492	
TRANSPORTE						
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo		
Transporte en Camión capacidad de 200 qq	Flete hasta 6 km	0.03000	30.000	0.900		
SUBTOTAL P					0.900	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					11.084	
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 25.000 %					2.771	
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					0.000	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					13.855	
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.					VALOR OFERTADO	13.86

lunes, 2 de mayo de 2016

NOMBRE DEL OFERENTE: Esteban Oyervide

PROYECTO: Proyecto Residencial

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 33 de 38

RUBRO: Construcción de tableros de encofrar, triplex de 18 mm ; L=1.22 m, A=60 cm

UNIDAD: uni

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramienta manual y menor de construcción	5.00 %MO	0.135			0.135
Sierra Circular	1.00000	0.740	0.740	0.40000	0.296
SUBTOTAL M					0.431
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	1.00000	3.180	3.180	0.40000	1.272
Carpintero	1.00000	3.220	3.220	0.40000	1.288
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1.00000	3.570	3.570	0.04000	0.143
SUBTOTAL N					2.703
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Clavo 1 1/2 x 16 (25kg/caja)	kg	0.60000	2.300	1.380	
Sika Cola Blanca	Plástico 4 kg	0.15000	10.500	1.575	
Tira de Copal, 4x5 cm	uni 3.00 m	2.85000	2.310	6.584	
Tablero Plywood de 15 mm, Clase Industrial	Uni 1.22x2.44 m	0.25000	26.790	6.698	
SUBTOTAL O					16.237
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0.000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					19.371
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 25.000 %					4.843
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					0.000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					24.214
VALOR OFERTADO					24.21

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

lunes, 2 de mayo de 2016

NOMBRE DEL OFERENTE: Esteban Oyervide

PROYECTO: Proyecto Residencial

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 34 de 38

RUBRO: Aplicación de desencofrante en encofrados de madera

UNIDAD: m2

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramienta manual y menor de construcción	5.00 %MO	0.009			0.009
SUBTOTAL M					0.009
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	1.00000	3.180	3.180	0.05000	0.159
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1.00000	3.570	3.570	0.00500	0.018
SUBTOTAL N					0.177
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Separol Madera	Plástico, 10 KG	0.01500	40.960		0.614
SUBTOTAL O					0.614
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0.000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					0.800
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 25.000 %					0.200
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					0.000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					1.000
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.					VALOR OFERTADO
					1.00

lunes, 2 de mayo de 2016

NOMBRE DEL OFERENTE: Esteban Oyervide

PROYECTO: Proyecto Residencial

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 35 de 38

RUBRO: Hormigon de f'c= 210 kg/cm2

UNIDAD: m3

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramienta manual y menor de construcción	5.00 %MO	1.063			1.063
Concretera de 1 saco	1.00000	3.098	3.098	1.33333	4.131
Vibrador Weber a gasolina	1.00000	1.770	1.770	1.33333	2.360
SUBTOTAL M					7.554
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Albañil	1.00000	3.220	3.220	1.33333	4.293
Peón	4.00000	3.180	12.720	1.33333	16.960
SUBTOTAL N					21.253
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Cemento Portland Tipo I	saco 50 kg	8.00000	7.250	58.000	
Arena (P. Suelto=1,460 kg/m3 aprox.)	m3	0.80000	16.000	12.800	
Grava (P. Suelto=1,551 kg/m3 aprox.)	m3	1.30000	18.000	23.400	
Agua en obra (Incluye instalaciones provisionales)	litro	240.00000	0.050	12.000	
SUBTOTAL O					106.200
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0.000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					135.007
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 25.000 %					33.752
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					0.000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					168.759
VALOR OFERTADO					168.76

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

lunes, 2 de mayo de 2016

NOMBRE DEL OFERENTE: Esteban Oyervide

PROYECTO: Proyecto Residencial

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 36 de 38

RUBRO: Acero de refuerzo $f_y=4,200$ kg/cm², en varillas de 8 a 16 mm

UNIDAD: kg

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
SUBTOTAL M					0.000
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
SUBTOTAL N					0.000
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Varilla Corrugada 8.0 mm X 12 m	uni	0.04500	4.600	0.207	
Varilla Corrugada 10.0 mm X 12 m	uni	0.02900	7.180	0.208	
Varilla Corrugada 12.0 mm X 12 m	uni	0.02000	10.340	0.207	
Varilla Corrugada 14.0 mm X 12 m	uni	0.01500	14.060	0.211	
Varilla Corrugada 16.0 mm X 12 m	uni	0.01100	18.370	0.202	
Corte, figurado y colocación de hierro en varillas	kg	1.00000	0.510	0.510	
SUBTOTAL O					1.545
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0.000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					1.545
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 25.000 %					0.386
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					0.000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					1.931
VALOR OFERTADO					1.93

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

lunes, 2 de mayo de 2016

NOMBRE DEL OFERENTE: Esteban Oyervide

PROYECTO: Proyecto Residencial

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 37 de 38

RUBRO: Corte, figurado y colocación de hierro en varillas

UNIDAD: kg

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramienta manual y menor de construcción	5.00 %MO	0.023			0.023
Cortadora de Hierro	1.00000	0.738	0.738	0.02000	0.015
SUBTOTAL M					0.038
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	6.00000	3.180	19.080	0.02000	0.382
Fierrero	1.00000	3.220	3.220	0.02000	0.064
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1.00000	3.570	3.570	0.00200	0.007
SUBTOTAL N					0.453
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Alambre Amarre Negro #18 (20k)	KL	0.01500	2.030	0.030	
SUBTOTAL O					0.030
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0.000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					0.521
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 25.000 %					0.130
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					0.000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					0.651
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.					VALOR OFERTADO
					0.65

lunes, 2 de mayo de 2016

NOMBRE DEL OFERENTE: Esteban Oyervide

PROYECTO: Proyecto Residencial

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 38 de 38

RUBRO: Bloques de alivio de 40x20x15cm

UNIDAD: u

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramientas varias	1.00000	0.400	0.400	0.10000	0.040
SUBTOTAL M					0.040
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Albañil	1.00000	3.220	3.220	0.10000	0.322
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1.00000	3.570	3.570	0.01000	0.036
SUBTOTAL N					0.358
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Bloques alivianados 40 x 20 x 15 cm.	u	1.00000	0.450	0.450	
SUBTOTAL O					0.450
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0.000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					0.848
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 25.000 %					0.212
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					0.000
COSTO TOTAL DEL RUBRO					1.060
VALOR OFERTADO					1.06

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

lunes, 2 de mayo de 2016

