

Área de conocimiento de Arquitectura y Construcción

“Manual técnico para el análisis comparativo de costos de los sistemas constructivos de mampostería confinada y mampostería reforzada, aplicado a una vivienda de interés social en el sector de Sabana Grande, ciudad de Managua”

Taller Monográfico para optar al título de
Ingeniería Civil

Elaborado por:

Br. Alfred Raphaell
Hernandez Figueroa

Carnet: 2020-0491I

Br. Oscar Rafael
Lopez Orozco

Carnet: 2020-0503I

Br. Lazaro Aleksei
Orozco Diaz

Carnet: 2020-0525I

Tutor:
Msc. Mauricio
Doranin Castillo
Reyes

Abril 2026
Managua, Nicaragua



Área de Conocimiento
Arquitectura y Construcción

Managua, Nicaragua, martes 16 de diciembre de 2025
REF/CULM.EST/TFCE/CIV/029-2025

Oscar Rafael López Orozco
Lazaro Aleksei Orozco Díaz
Alfred Raphael Hernández Figueroa
Sus manos. –

Estimado (s) Bachiller (es), reciba (n) cordiales saludos.

En el marco de la **Estrategia de Culminación de Estudios 2025 (Plan Remedial)** se le(s) comunica que el Tema y objetivos de **Proyecto de Graduación** titulado **"MANUAL TÉCNICO PARA EL ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE MAMPOSTERÍA REFORZADA APLICADO A UNA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL EN EL SECTOR DE SABANA GRANDE, MANAGUA"**, ha sido aprobado y se le ha asignado como Tutor(a) al (a la) **MSc. Mauricio Doranin Castillo Reyes**

La ejecución, entrega y defensa del **Proyecto de Graduación** tendrá una duración máxima de 05 meses, a partir de la fecha de aprobación de la Dirección, siendo el periodo establecido del **01 de diciembre del 2025 al 30 de abril del 2026**.

Por lo tanto, ud (s) deberá(n) cumplir en el periodo mencionado con lo siguiente:

- Desarrollar el Cronograma de Ejecución y realizar las actividades en correspondencia con el mismo, en el cual se tienen que programar los periodos de encuentros con el tutor, pre defensa y defensa.
- Presentar al tutor **semanalmente** los avances obtenidos en el proceso de ejecución conforme el cronograma.
- Cumplir con al menos el 90% de asistencia en los encuentros programados con el tutor asignado.
- Realizar al menos una pre defensa del Trabajo Monográfico en versión borrador, según el cronograma establecido en el marco de la **Estrategia de Culminación de Estudios 2025 (Plan Remedial)**, con el objetivo de garantizar en todos los aspectos el éxito de la defensa.

Igualmente, se le(s) recuerda que no hay prórroga para el cumplimiento de este proceso y que a través de la firma de la carta compromiso reconoce que esta es la última oportunidad para realizar la culminación de estudios.

Sin más a que hacer referencia y deseándole éxito en su **Proyecto de Graduación** para optar al título de **Ingeniero Civil**, se despide.

Atentamente,


Ma. Marcela Carolina Galán Galán
Directora



Cc. Expediente Culminación de Estudios



AVAL DEL TUTOR(A)

1. Datos del Estudiante

Nombre de los estudiantes: Br. Oscar Rafael López Orozco
Br. Lazaro Aleksei Orozco Diaz
Br. Alfred Raphaell Hernandez Figueroa

Programa académico: Ingeniería Civil

Carné: 2020-0503I
2020-0525I
2020-0491I

2. Datos del Tutor(a) Académico(a)

Nombre del tutor(a): MSc. Mauricio Doranin Castillo Reyes

Área de conocimiento o CUR DACAC

Correo institucional: mauricio.castillo@uni.edu.ni

3. Datos del Asesor(a) Académico(a)

Nombre del asesor(a) académico(a)

Área de conocimiento o CUR

Correo institucional:

Declaración del Tutor(a)

Yo, Mauricio Doranin Castillo Reyes, en calidad de tutor(a) certifico que he revisado la propuesta presentada por el estudiante descrito en este formulario y:

- ☒ Avalo la propuesta para su desarrollo.
- ☐ No avalo la propuesta (requiere ajustes).

Observaciones (si aplica):



Firma del Tutor(a):  _____

Fecha: 03 / 03 / 2026

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES Y MARCO LEGAL	3
2.1. Estado actual del tema a nivel nacional e internacional.....	3
2.1.1. Contexto nacional: dinámica económica, empleo y presión por vivienda	3
2.1.2. Contexto nacional: características de la vivienda y necesidad de estandarización	3
2.1.3. Referencia internacional: expansión urbana y vivienda asequible en Centroamérica.....	3
2.1.4. Referentes académicos relevantes asociados con el tema	4
2.1.5. Antecedentes académicos nacionales sobre vivienda y costos	4
2.1.6. Vacíos identificados en los antecedentes	5
2.2. Marco jurídico, normativo e institucional.....	5
2.2.1. Marco jurídico nacional aplicable	5
2.2.2. Marco institucional vinculado a vivienda y presupuesto	5
2.3. Principios ingenieriles, arquitectónicos o científicos aplicables.....	6
2.3.1. Principios de presupuestación y control de costos en obra.....	6
2.4. Normas y estándares de referencia.....	7
2.4.1. Reglamentos y normas nacionales	7
2.4.2. Planes nacionales vinculados a la pertinencia del proyecto.....	7
3. OBJETIVOS	8
3.1. Objetivo General	8
3.2. Objetivos Específicos.....	8
4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	9
4.1. Naturaleza o tipología del proyecto	9
4.2. Localización geográfica y contexto socioeconómico	9
4.3. Usuarios, destinatarios o protagonistas.....	10
4.4. Alcances y limitaciones	10
Alcances.....	10

Limitaciones.....	10
5. FUNDAMENTOS TÉCNICOS.....	11
5.1. Enfoque técnico de la vivienda de interés social	11
5.2. Teorías generales aplicadas a la planificación y presupuesto de obras.....	11
Teoría general de la planificación de proyectos.....	11
Teoría general del control de costos	12
5.3. Teorías específicas aplicadas al análisis presupuestario	12
Teoría del metrado y análisis de precios unitarios.....	12
5.4. Principios estadísticos básicos aplicados al presupuesto	12
5.5. Fundamentos técnicos de los sistemas constructivos.....	13
5.5.1. Mampostería confinada	13
5.5.2. Mampostería reforzada	13
5.6. Programación de obra como herramienta de planificación.....	13
5.7. Marco normativo como fundamento técnico	14
5.8. Fundamentos técnicos del Manual Constructivo	14
6. METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO DE GRADUACIÓN	20
6.1. Metodología para el análisis de los sistemas constructivos	20
6.2. Metodología para la definición del prototipo de vivienda	20
6.3. Metodología para el metrado de materiales y actividades	21
6.4. Metodología para la estimación de costos de construcción	21
6.5. Metodología para la comparación de costos entre sistemas constructivos	21
6.6. Metodología para la programación de obra	22
6.7. Metodología para la elaboración del manual técnico–presupuestario	22
7. Resultados	23
7.1. Objetivo 1. Diseño del prototipo funcional de vivienda de interés social.....	23
7.1.1. Configuración espacial y cuadro de áreas	23
7.1.2. Adaptación al contexto urbano de Sabana Grande	24

7.1.3. Especificaciones constructivas base	24
7.1.4. Conclusión técnica del Resultado 1	24
7.2. Objetivo 2. Establecer los procesos constructivos de los sistemas de mampostería confinada y reforzada para su aplicación técnica en el prototipo propuesto.	26
7.2.1. Análisis comparativo de los sistemas constructivos	26
7.2.2. Desarrollo técnico-operativo del manual de procesos constructivos aplicados al prototipo habitacional	29
7.2.2.2. Actividades preliminares de obra	31
7.2.3. Trazo y replanteo	35
7.2.4. Actividades de cierre para la ejecución del prototipo de vivienda.....	42
a) Finalidad.....	45
• Conformar la base interior del ambiente.....	45
• Dejar el nivel listo para la fundición del piso, garantizando estabilidad y uniformidad.	45
b) Justificación técnica	45
El relleno interior se ejecutará con un espesor uniforme de 5 cm, utilizando material selecto. La compactación se realizará con bailarina mecánica, previa evaluación de la humedad del material. Esta actividad es fundamental para evitar asentamientos diferenciales, hundimientos o fallas en el piso terminado, asegurando una base firme y nivelada.....	45
c) Alcance técnico de la actividad	45
Comprende:.....	45
• Limpieza del área interior.....	46
• Colocación del material de relleno.	46
• Evaluación de humedad del material.....	46
• Humedecimiento controlado, cuando sea necesario.	46
• Compactación mecánica con bailarina.	46
• Verificación del nivel final.	46
No comprende:.....	46
• Fundición del concreto del piso.....	46
• Acabado superficial.	46
• Curado del concreto.....	46

d) Materiales, herramientas y equipo	46
Materiales:	46
• Material selecto de relleno (arena o grava fina, libre de materia orgánica).	46
• Agua limpia para control de humedad.	46
Herramientas:.....	46
• Pala.	46
• Carretilla.	46
• Regla metálica.	46
• Nivel manual o láser.	46
• Lianza para control de alineación.	46
Equipo:.....	46
• Balarina compactadora mecánica.	46
e) Procedimiento técnico de ejecución	46
• Limpieza del área interior: retirar basura, tierra suelta y residuos de obra.....	46
• Colocación del relleno: extender el material de forma uniforme en toda el área, manteniendo espesor de 5 cm.	46
• Evaluación de humedad: verificar que el material no esté excesivamente seco ni saturado.....	46
• Humedecimiento controlado: aplicar agua moderadamente cuando el material esté seco, evitando saturación o formación de lodo.	46
• Compactación mecánica: ejecutar con balarina en toda el área, insistiendo en esquinas, bordes y zonas blandas.	47
• Verificación final: comprobar que la superficie compactada quede firme, nivelada y lista para recibir el concreto del piso.	47
Se verificará que:	47
• El espesor del relleno sea uniforme de 5 cm.	47
• La humedad sea adecuada para compactación.....	47
• La compactación se ejecute con balarina en toda el área.....	47
• La superficie final quede firme y nivelada.	47
• No existan zonas flojas, hundidas, saturadas o desniveladas.	47

g) Errores frecuentes	47
Se debe evitar:.....	47
• Colocar relleno sobre superficie sucia o con residuos.	47
• Dejar espesor irregular.....	47
• Compactar material seco sin control de humedad.	47
• Compactar material saturado.	47
• No insistir en bordes y esquinas.	47
• Dejar zonas blandas antes de fundir el piso.	47
h) Recomendaciones técnicas	47
• Extender el relleno de forma uniforme desde el inicio.	47
• Evaluar la humedad antes de compactar.	47
• Humedecer solo lo necesario, evitando saturación.	47
• Compactar toda el área, no únicamente el centro.	47
• Verificar nivel y firmeza antes de pasar a la fundición del piso.	47
• No continuar con la siguiente actividad mientras existan zonas flojas o desniveladas.	47
j) Apoyo gráfico	48
7.2.5. Revisión final y cierre de ejecución del prototipo	49
7.2.7. Armado, formaleta y colado de columnas de confinamiento	57
7.2.9. Relleno estructural de celdas	72
a) Finalidad.....	72
El relleno estructural de celdas tiene como propósito integrar en un solo elemento resistente el bloque de concreto, el refuerzo vertical y el concreto estructural. De esta manera, se garantiza la continuidad del sistema de mampostería reforzada y se incrementa la capacidad portante y la estabilidad del muro frente a cargas verticales y horizontales.	72
b) Justificación técnica	72
El procedimiento se realiza con concreto estructural de 3000 psi, dosificado en proporción 1:2:3 (cemento, arena, grava). Este concreto se coloca únicamente en las celdas que contienen refuerzo vertical, después de verificar:	72
• La limpieza interior de cada celda.	72
• El aplome y la correcta posición del acero.	72

• La continuidad del sistema constructivo.....	72
El relleno asegura que el refuerzo quede confinado y que el muro funcione como un elemento monolítico, evitando discontinuidades que comprometan su desempeño estructural.	72
c) Alcance técnico de la actividad	72
Incluye:	72
• Revisión previa del muro reforzado.	72
• Limpieza y habilitación de celdas.....	72
• Preparación del concreto estructural.....	72
• Vaciado del relleno en celdas reforzadas.....	72
• Vibrado o compactación del concreto.	72
• Control de llenado.	72
• Curado inicial.	72
No incluye:.....	72
• Levantado adicional del muro.	72
• Colado de viga corona.....	72
• Repellos o acabados superficiales.	73
d) Materiales, herramientas y equipo	73
Materiales:	73
• Concreto estructural de 3000 psi (relación 1:2:3).....	73
• Cemento Portland Tipo I (ASTM C150/C150M).....	73
• Arena limpia (ASTM C33/C33M).....	73
• Grava o agregado grueso limpio (ASTM C33/C33M).	73
• Agua limpia, libre de impurezas.	73
• Refuerzo vertical #3 (ASTM A615 Grado 40).	73
• Bloque de concreto de 15 cm previamente levantado.....	73
Herramientas:.....	73
• Cubetas, pala, cuchara de albañil.....	73
• Varilla metálica lisa para acomodado manual.	73

• Embudo o recipiente para vaciado controlado.....	73
• Cepillo para limpieza de celdas.	73
Equipo:.....	73
• Trompo o mezcladora.	73
• Vibrador eléctrico de aguja o equipo equivalente.....	73
• Andamio o plataforma de trabajo, según altura.	73
e) Procedimiento técnico de ejecución	73
• Revisión del muro: comprobar aplome, juntas completas y refuerzo vertical firme.....	73
• Limpieza de celdas: retirar mortero caído, polvo o fragmentos de bloque.	73
• Verificación del acero: asegurar que la varilla #3 esté centrada, limpia y amarrada, con recubrimiento mínimo de 1 cm.	73
• Preparación del concreto: elaborar mezcla homogénea de 3000 psi, evitando exceso de agua.....	73
• Vaciado del concreto: colocar mezcla de forma continua y controlada en cada celda reforzada.	73
• Vibrado o consolidación: usar vibrador eléctrico de aguja para eliminar vacíos; complementar con varilla lisa en zonas de difícil acceso.	74
• Verificación del llenado: comprobar que no existan bolsas de aire ni pérdida de material.	74
• Limpieza del muro: retirar derrames antes del endurecimiento.....	74
• Curado inicial: iniciar curado tras el fraguado, evitando secado brusco.....	74
f) Control técnico de calidad	74
Se debe garantizar que:	74
• El relleno se coloque solo en celdas reforzadas y limpias.	74
• El concreto cumpla resistencia de 3000 psi y dosificación 1:2:3.....	74
• El acero vertical permanezca centrado y limpio.	74
• Las celdas queden completamente llenas y consolidadas.	74
• No existan huecos, segregación ni derrames que afecten el muro.	74
• El elemento quede listo para la ejecución de la viga corona.	74
g) Errores frecuentes	74
Se debe evitar:.....	74
• Rellenar celdas obstruidas.	74

• Usar mezcla demasiado seca o aguada.	74
• Desplazar el refuerzo durante el vaciado.	74
• Dejar celdas incompletas.	74
• No vibrar o vibrar en exceso.	74
• Permitir derrames sobre el muro.	74
• Continuar con la siguiente actividad sin verificar llenado y curado.	74
h) Recomendaciones técnicas	74
• Revisar cada celda antes del vaciado.	74
• Preparar únicamente la mezcla que se colocará de inmediato.	74
• Vibrar con equipo eléctrico adecuado, evitando dañar el bloque o mover el acero.	74
• Complementar con varilla lisa en accesos limitados.	74
• Limpiar la cara del muro durante el vaciado.	75
• No avanzar a la viga corona mientras existan celdas mal rellenas o sin curado inicial.	75
7.3. Objetivo 3. Determinar los costos y presupuestos de construcción de la vivienda para ambos sistemas constructivos	121
7.3.1. Metrado comparativo (takeoff) con procedimiento	121
• Cálculo de perímetro (P):	121
• Longitud interior estructural (Lint):.....	122
• Longitud total de muros/cimentación (Ltotal):.....	122
• Área de muros para bloque (aproximación base)	122
Fuente: Propia.....	122
7.3.2. Procedimientos clave – refuerzo en muros (método 2)	122
7.3.3. Ejemplos de descomposición (procedimiento)	123
2.44	124
7.3.4. Comparación económica final (diferencia porcentual + interpretación)	124
7.3.5. Análisis de sensibilidad (escenario de variación de precio del acero)	125
7.4. Objetivo 4. Programar la ejecución de obra mediante Microsoft Project para optimizar la planificación y control del tiempo	127

7.4.1. Planificación y Programación de Obra (Anexo Técnico – Microsoft Project).....	128
Método 1: Mampostería Confinada	129
Paso 4: Ruta crítica (Confinada)	130
Método 2: Mampostería Reforzada.....	131
Paso 4: Ruta crítica (Reforzada)	132
8. CONCLUSIONES.....	136
9. RECOMENDACIONES.....	137
10. REFERENCIAS	138
11. ANEXOS	140

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación estructural	26
Tabla 2.Comparación del proceso constructivo.....	26
Tabla 3. Comparación de comportamiento estructural	26
Tabla 4. Impacto operativo en obra	27
Tabla 5. Procedimiento técnico para la preparación y uso de niveletas en el trazado de obra	38
Tabla 6. Función de las niveletas.....	38
Tabla 7.Aplicación práctica y control técnico del método 3-4-5 para verificación de escuadra ..	38
Tabla 8.Relación geométrica aplicada al metrado comparativo del prototipo.....	38
Tabla 12. Cuadro de metrados consolidados por sistema	122
Tabla 13.Análisis de precios unitarios (PU) con descomposición.....	123
Tabla 14.Presupuesto total por sistema (cálculo detallado).....	123
Tabla 15.Total, Método 1 (Mampostería confinada) = C\$ 142.369,70	124
Tabla 16.Comparación económica final	124
Tabla 17.Incidencia de costo por partidas (identificación de los rubros que más pesan)	124
Tabla 18.Análisis de sensibilidad	125
Tabla 19.Impacto en tiempo (conexión con Microsoft Project)	127
Tabla 20.Matriz final de decisión técnica (costo + tiempo + facilidad constructiva).....	128
Tabla 21.Paso 1: Listado de actividades (Confinada).....	129
Tabla 22.Paso 2: Duraciones (Confinada)	129
Tabla 23.Paso 3: Predecesoras (Confinada).....	130
Tabla 24.Paso 1: Listado de actividades (Reforzada).....	131
Tabla 25. Paso 2: Duraciones (Reforzada)	131

Tabla 26.Paso 3: Predecesoras (Reforzada).....	132
Tabla 27.Comparación final (duración total).....	133

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexos 1.Macro localización.....	140
Anexos 2. Micro localización	140
Anexos 3.Vivienda modelo – Diseño de Plano	141
Anexos 4.Plano Arquitectónico	142
Anexos 5. Cartas de validación.....	¡Error! Marcador no definido.

TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Estado inicial del terreno	35
Figura 2. Proceso de limpieza del terreno.	35
Figura 3. Delimitación del área despejada.	35
Figura 4.Elementos de una niveleta	40
Figura 5.Colocación de niveletas y ejes de replanteo	41
Figura 6.Aplicación de Pitágoras para escuadra niveleta doble Método 3-4-5	41
Figura 7. Vivienda cerrada en sus cuatro paredes, lista para recibir la estructura metálica de cubierta.	44
Figura 8.Colocación de estructura metálica con caja de perlin longitudinal y perlines transversales.	44
Figura 9. Instalación final de lámina de zinc sobre la estructura metálica, dejando la vivienda protegida	45
Figura 10. Área interior limpia y designada.	48
Figura 11. Colocación de relleno en capas de 5 cm.	48
Figura 12. Evaluación de humedad y humedecimiento del relleno, si es necesario.	48
Figura 13. Compactación del relleno con bailarina	49
Figura 14. Casa concluida	51
Figura 15. Bloque común de dos huecos	55
Figura 16. Escalonamiento o cuatrapeo del bloque	55
Figura 17.Uniones en planta para muros confinados.	56
Figura 18. Detalle de armado en puertas	56
Figura 19. Detalles de armado en mampostería confinada alrededor de puertas y ventanas	63
Figura 20.Armado del acero principal de la columna con 4#3.	63
Figura 21.Colocación de estribo #2 y detalle de espaciamiento: 5@5 cm en extremos y resto @10 cm.	64
Figura 22. Detalle de anclaje de columna con viga asísmica o fundación	65
Figura 23.Detalle de traslape y unión columna-viga	66

Figura 24. Aplome y fijación de la jaula antes del encofrado	66
Figura 25. Colocación de formaleta con tabla de 1" × 8" × 6 varas y clavos de acero de 2 1/2".	67
Figura 26. Colado y compactación del concreto de 3000 psi.	67
Figura 27. Vista final de columna de confinamiento ejecutada y lista para continuar con el sistema.	68
Figura 28. Relleno estructural de celdas	71
Figura 29. Croquis 2D del muro terminado en espera de viga corona.	75
Figura 30. Elevación de pared típica de mampostería reforzada con amarre superior continuo.	78
Figura 31. Inspección visual y práctica del fondo de zanja, verificación geométrica y determinación de aptitud del terreno.	83
Figura 32. Sección transversal de la zanja	84
Figura 33. Armado, formaleta y colgado de viga corona	87
Figura 34. Croquis 2D del detalle de viga corona y espaciamiento de estribos.	88
<i>Figura 35. Ubicación de la plantilla de concreto pobre sobre el fondo de la zanja.</i>	92
Figura 36. Dosificación del concreto pobre para la plantilla.	93
Figura 37. Replanteo del eje de la zapata sobre la plantilla.	96
Figura 38. Tratamiento preventivo del fondo y laterales de excavación	97
Figura 39. Colocación de dados o separadores para recubrimiento.	97
Figura 40. Armado del refuerzo inferior de la zapata corrida.	98
Figura 41. Detalle de traslape, amarre y anclaje en encuentros.	98
<i>Figura 42. Preparación del concreto 3000 psi en trompo o mezcladora</i>	99
Figura 43. Colado y compactación del concreto en la zapata corrida.	99
Figura 44. Vista final 3D de la zapata corrida armada y colada.	100
Figura 45. Lámina general referencial de armado y detalles de una zapata corrida.	100

Figura 46. Datos de concreto y recubrimiento inferior del refuerzo.	101
Figura 47. Ganchos extremos del acero principal y apoyo sobre dados	101
Figura 48. Espaciamiento del acero inferior en la zapata corrida.	102
Figura 49. Relación entre acero principal, acero secundario y separación del refuerzo	102
Figura 50. Integración entre zapata corrida, refuerzo inferior y viga de conexión.	103
Figura 51. Detalle de zapata corrida para arranque de pared de fabrica resistente.	103
Figura 52. Secuencia gráfica principal. Replanteo, habilitado de acero, armado de jaula, control de recubrimiento, formaleta, preparación de concreto, colado y estado final de la viga.	105
Figura 53. . Detalle frontal de la viga de conexión sobre la zapata corrida.	108
Figura 54. Detalle referencial de armado de zapata corrida y viga de conexión. La lámina ayuda a comprender la lectura espacial del conjunto estructural	109
Figura 55. Relación entre malla de zapata y armado de viga en imagen de obra	110
Figura 56. Tipos de bloque para mampostería reforzada de 15 cm.	117
Figura 57. Sistema general de construcción de mampostería reforzada.	118
Figura 58. Detalle del muro reforzado con integración del acero.	118
Figura 59. Croquis 2D del levantamiento del muro con refuerzo integrado.	119
Figura 60. Intersección y continuidad del sistema reforzado	120
Figura 61. Vista final del muro reforzado listo para relleno	121

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, Managua ha crecido como un río que se desborda hacia sus orillas. La ciudad se expande y, con ella, la necesidad urgente de suelo urbano y vivienda. Sectores periféricos como Sabana Grande han cobrado protagonismo: su cercanía con la capital, el costo relativamente accesible de los terrenos y el potencial para proyectos habitacionales lo convierten en un punto de atracción para familias de clase baja y media baja (Banco Central de Nicaragua [BCN], 2024). Sin embargo, el sueño de tener un lote propio suele chocar con una realidad dura: construir una vivienda sin una guía técnica clara es como levantar una casa a ciegas.

La verdad es que, en la práctica, muchas de estas construcciones se hacen de manera empírica. Propietarios y maestros de obra improvisan presupuestos, calculan materiales “a ojo” y avanzan sin un plan definido. El resultado: sobrecostos, desperdicio de recursos, retrasos y, en ocasiones, viviendas con fallas estructurales que ponen en riesgo la seguridad de quienes las habitan (Hábitat para la Humanidad Nicaragua, 2020). Y es que, sin una referencia técnica, organizar los procesos constructivos y estimar los costos reales se vuelve un desafío enorme.

Por eso este proyecto propone algo concreto y necesario: un manual técnico para el análisis comparativo de costos de los sistemas constructivos de mampostería confinada y mampostería reforzada, aplicado a una vivienda de interés social en Sabana Grande. No se trata solo de números, sino de ofrecer una herramienta práctica que permita decidir con criterio cuál sistema resulta más eficiente en términos económicos, sin dejar de lado lo esencial: seguridad, durabilidad y tiempos de ejecución.

El manual busca ordenar lo que hoy se hace de manera dispersa. Con metrados claros, estimaciones de costos y una planificación paso a paso, se pretende reducir desperdicios, optimizar materiales y acortar plazos. Además, al basarse en normas técnicas nacionales como el Reglamento Nacional de Construcción (RNC-07) y las Normas Técnicas Obligatorias (MTI, 2007), garantiza que las viviendas cumplan con estándares mínimos de calidad y estabilidad, acordes con el contexto urbano de Managua (Alcaldía de Managua, 2020).

Desde el ángulo social, el aporte es aún más significativo. Las familias de bajos ingresos, que suelen tener conocimientos empíricos en albañilería, encontrarán en este manual una oportunidad para fortalecer su capacidad de autogestión. No es un documento frío, sino una guía pensada para ser comprensible y útil, que les permita tomar decisiones informadas sobre el sistema constructivo más conveniente según sus posibilidades (Universitat Politècnica de Catalunya [UPC], 2023).

El proyecto se enmarca en la normativa vigente y dialoga con políticas nacionales como el Plan Nacional de Lucha contra la Pobreza y para el Desarrollo Humano (PNLCP-DH) y el Plan Nacional de Producción, Consumo y Comercio (PNPCC) 2025-2026. En otras palabras, no es un esfuerzo aislado: se conecta con la meta de garantizar viviendas dignas, promover el uso eficiente de recursos y fortalecer capacidades locales.

Finalmente, en un país donde el subempleo alcanza el 37.5 % (INIDE, 2024), iniciativas como esta cobran aún más sentido. El manual técnico-presupuestario no solo busca mejorar la calidad de las viviendas de interés social, sino también dignificar el trabajo de quienes las construyen, reducir costos y tiempos de ejecución, y abrir la puerta a soluciones habitacionales seguras y accesibles para las familias de Sabana Grande y, por extensión, de Managua.

2. ANTECEDENTES Y MARCO LEGAL

2.1. Estado actual del tema a nivel nacional e internacional

2.1.1. Contexto nacional: dinámica económica, empleo y presión por vivienda

En Nicaragua, la dinámica reciente de crecimiento económico ha estado acompañada por el desempeño de sectores vinculados a la inversión y la construcción. El Banco Central de Nicaragua reporta que el PIB creció 3.6% en 2024, destacando el aporte de diversas actividades económicas, en un entorno de incremento del consumo y la inversión (Banco Central de Nicaragua [BCN], 2025). Este comportamiento se relaciona con el aumento de demanda de infraestructura y vivienda, particularmente en zonas urbanas y periurbanas.

Paralelamente, el mercado laboral presenta características que influyen en la forma en que las familias acceden a vivienda. El INIDE reportó que la tasa de subempleo nacional fue 37.5% en enero de 2024, con mayor incidencia en el área urbana (Instituto Nacional de Información de Desarrollo [INIDE], 2024). En términos prácticos, este contexto refuerza la necesidad de herramientas que orienten decisiones de inversión familiar, especialmente en proyectos de vivienda de interés social, donde el control de costos y la planificación determinan la viabilidad de construcción.

2.1.2. Contexto nacional: características de la vivienda y necesidad de estandarización

En cuanto a las características habitacionales, el INIDE ha publicado informes de vivienda (encuesta continua de hogares) que permiten dimensionar el parque habitacional y sus particularidades, lo cual es útil para orientar propuestas técnicas de vivienda de interés social (INIDE, 2023). En este marco, la ausencia de guías estandarizadas de metrado, presupuesto y secuencia constructiva puede traducirse en prácticas empíricas, variabilidad de costos y dificultades para comparar alternativas constructivas dentro de un mismo proyecto.

2.1.3. Referencia internacional: expansión urbana y vivienda asequible en Centroamérica

A nivel regional, la expansión urbana en Centroamérica suele desplazar nuevas viviendas hacia zonas más alejadas de centros de empleo y servicios, elevando costos de conexión y afectando la calidad de vida, especialmente en poblaciones vulnerables.

El Banco Mundial enfatiza que la vivienda es un componente central de la forma urbana y un “agregador” de inversiones urbanas; por tanto, mejorar acceso, calidad y asequibilidad requiere enfoques de planificación más consistentes (World Bank, 2017).

Este criterio resulta pertinente para Managua y su periferia, donde la vivienda de interés social se ubica como una respuesta concreta a la expansión urbana, pero exige instrumentos técnicos y presupuestarios para asegurar sostenibilidad y control de costos.

2.1.4. Referentes académicos relevantes asociados con el tema

Enfoques de evaluación y costos en vivienda social (Latinoamérica)

La CEPAL ha desarrollado metodologías orientadas a evaluar proyectos de vivienda social considerando no solo costos directos, sino también costos asociados a la provisión y conexión de servicios, lo cual amplía el análisis presupuestario y fortalece la toma de decisiones públicas y privadas (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 1993).

Este enfoque aporta una base conceptual para estructurar el análisis comparativo de costos entre sistemas constructivos, ya que permite revisar la vivienda como un “paquete” de costos integrados y no únicamente como costo de materiales y mano de obra.

2.1.5. Antecedentes académicos nacionales sobre vivienda y costos

En el ámbito nacional, existen trabajos académicos en repositorios universitarios que incorporan estructuras de costos y presupuestos aplicados a viviendas o proyectos vinculados a vivienda social, aportando criterios de desagregación de rubros (materiales, mano de obra, equipos) y metodología de estimación (Universidad Nacional de Ingeniería [UNI], 2019). Aunque estos estudios no siempre desarrollan manuales replicables para un sector específico como Sabana Grande, sí constituyen un antecedente técnico útil para sustentar el enfoque presupuestario del proyecto.

2.1.6. Vacíos identificados en los antecedentes

Con base en los antecedentes revisados, se identifican vacíos recurrentes que fortalecen la justificación del proyecto:

- Vacío 1: Falta de una guía práctica local aplicada al contexto de Sabana Grande que integre metrado + presupuesto + secuencia constructiva para una vivienda tipo de interés social.
- Vacío 2: Limitada comparabilidad técnica y económica entre mampostería confinada y reforzada bajo condiciones locales (rendimientos, precios, logística, tiempos de ejecución).
- Vacío 3: Escasa estandarización accesible para propietarios y maestros de obra que permita reducir improvisación, desperdicio y sobre costos.

2.2. Marco jurídico, normativo e institucional

2.2.1. Marco jurídico nacional aplicable

El marco legal y normativo es fundamental para asegurar que cualquier guía técnica se formule dentro de estándares vigentes. En Nicaragua, el Reglamento Nacional de Construcción (RNC-07) se reconoce como una norma de alcance nacional, declarada en vigencia en todo el territorio mediante publicación oficial (Asamblea Nacional de Nicaragua, s. f.). Este reglamento establece disposiciones mínimas para el diseño y construcción de edificaciones, constituyéndose en referencia obligatoria para criterios estructurales, seguridad y requisitos generales.

En materia de vivienda, el marco jurídico contempla disposiciones relacionadas con vivienda y desarrollo habitacional, incluyendo aspectos de vivienda de interés social y lineamientos generales de aplicación (Asamblea Nacional de Nicaragua, 2021). Estas disposiciones respaldan la pertinencia del enfoque de vivienda social y la necesidad de herramientas que ordenen la planificación y la inversión familiar.

2.2.2. Marco institucional vinculado a vivienda y presupuesto

Desde la perspectiva institucional, el Instituto de la Vivienda Urbana y Rural (INVUR) se posiciona como entidad vinculada a políticas y programas de vivienda, con diagnóstico y metas asociadas al déficit habitacional. En documentos presupuestarios institucionales se ha estimado un déficit de vivienda de gran magnitud, diferenciando entre necesidad de vivienda nueva y necesidad de reparación o mejoramiento (Ministerio de Hacienda y Crédito Público [MHCP], 2025). Este

tipo de información oficial refuerza la importancia de instrumentos técnicos que faciliten soluciones progresivas y económicamente planificadas.

En el nivel municipal, la Alcaldía de Managua y sus instancias técnicas vinculadas a urbanismo establecen procedimientos y requisitos para permisos de construcción y criterios normativos municipales, lo que incide directamente en la planificación del proyecto, tiempos de trámite y organización de obra (Urbanismo Managua, s. f.). Para proyectos ubicados en Sabana Grande, la alineación con requisitos municipales es un componente clave del enfoque de planificación.

2.3. Principios ingenieriles, arquitectónicos o científicos aplicables

2.3.1. Principios de presupuestación y control de costos en obra

En ingeniería civil, el presupuesto de obra se fundamenta en el metrado (cuantificación), análisis de precios unitarios y programación de recursos. La consistencia entre metrados, rendimientos y secuencia constructiva permite anticipar costos, reducir desperdicios y mejorar el control de ejecución. Desde una perspectiva técnica, un manual presupuestario debe considerar al menos: (a) definición de alcances, (b) clasificación de partidas, (c) medición por unidades, (d) rendimientos por actividad, (e) costos directos e indirectos, y (f) control por avance físico.

2.3.2. Principios estructurales aplicables a sistemas de mampostería

En viviendas de interés social, la mampostería confinada y la mampostería reforzada se utilizan por su viabilidad constructiva y disponibilidad de materiales. Su aplicación exige criterios mínimos de diseño, calidad de materiales, ejecución de elementos y control de detalles estructurales. Estos principios se integran al proyecto porque el análisis comparativo de costos debe sustentarse en especificaciones técnicas reales y compatibles con normas nacionales, evitando comparaciones teóricas desconectadas de la práctica constructiva local.

2.4. Normas y estándares de referencia

2.4.1. Reglamentos y normas nacionales

El proyecto toma como base normativa el RNC-07, disponible en versión oficial en repositorios institucionales nacionales, que define requerimientos para diseño y construcción (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales [INETER], 2007). Adicionalmente, el cuerpo de normas mínimas de diseño y construcción utilizadas como referencia municipal incorpora listados técnicos y menciona normas específicas relacionadas con mampostería (Urbanismo Managua, 2021). Estas referencias permiten asegurar que las recomendaciones del manual se mantengan dentro de la normativa aplicable.

2.4.2. Planes nacionales vinculados a la pertinencia del proyecto

El Plan Nacional de Lucha contra la Pobreza y para el Desarrollo Humano 2022–2026 (PNLCP-DH) establece lineamientos estratégicos asociados a condiciones básicas para el desarrollo, bienestar, y mejoras en calidad de vida, lo cual incluye dimensiones relacionadas con el hábitat y la vivienda (Gobierno de Nicaragua, 2021). Por su parte, el Plan Nacional de Producción, Consumo y Comercio 2025–2026 (PNPCC) plantea líneas de fortalecimiento productivo y de capacidades, alineadas al PNLCP-DH, enfatizando la eficiencia y el desarrollo de capacidades, elementos coherentes con la propuesta de un manual técnico-presupuestario aplicable en vivienda social (BCN, 2025).

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Elaborar un manual técnico para el análisis comparativo de costos de los sistemas constructivos de mampostería confinada y mampostería reforzada, aplicado a una vivienda de interés social en el sector de Sabana Grande, ciudad de Managua, para apoyar la planificación y estimación presupuestaria eficiente de proyectos habitacionales.

3.2. Objetivos Específicos

- Diseñar un prototipo funcional de vivienda de interés social adaptado a las condiciones socioeconómicas y urbanas de Sabana Grande.
- Establecer los procesos constructivos de los sistemas de mampostería confinada y reforzada para su aplicación técnica en el prototipo propuesto.
- Determinar los costos y presupuestos de construcción de la vivienda para ambos sistemas constructivos.
- Programar la ejecución de obra mediante Microsoft Project para optimizar la planificación y control del tiempo.

4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

4.1. Naturaleza o tipología del proyecto

El presente proyecto corresponde a la elaboración de un manual técnico–presupuestario, de carácter aplicado, orientado al análisis comparativo de costos de los sistemas constructivos de mampostería confinada y mampostería reforzada. El manual se desarrolla a partir de un prototipo de vivienda básica de interés social, el cual sirve como modelo para la elaboración de metrados, estimación de costos y programación básica de obra.

El producto final integra criterios técnicos, presupuestarios y de planificación, incluyendo un cronograma de ejecución y la programación de actividades mediante Microsoft Project, con el propósito de apoyar la toma de decisiones en proyectos de vivienda de interés social.

4.2. Localización geográfica y contexto socioeconómico

Localización macro: ciudad de Managua

El proyecto se ubica a nivel macro en la ciudad de Managua, capital de Nicaragua y principal centro urbano, económico y administrativo del país. Managua concentra una alta proporción de la población urbana nacional y presenta un crecimiento sostenido hacia sus zonas periféricas, donde se desarrollan proyectos de vivienda de interés social (Banco Central de Nicaragua [BCN], 2024).

Localización micro: sector de Sabana Grande

A nivel micro, el proyecto se localiza en el sector de Sabana Grande, situado al sur del municipio de Managua. Este sector forma parte del área de expansión urbana de la ciudad y se caracteriza por la disponibilidad de terrenos a costos accesibles, condiciones topográficas favorables y una población mayoritariamente de clase baja y media baja, lo que lo convierte en un área representativa para el desarrollo de vivienda de interés social (Instituto Nacional de Información de Desarrollo [INIDE], 2024).

4.3. Usuarios, destinatarios o protagonistas

Los usuarios directos del proyecto son las familias de clase baja y media baja que buscan construir una vivienda de interés social en el sector de Sabana Grande, así como los maestros de obra y autoconstructores que participan en la ejecución de este tipo de edificaciones.

Como usuarios indirectos, se consideran estudiantes y profesionales del área de ingeniería civil, así como instituciones públicas o privadas vinculadas a programas de vivienda, que pueden utilizar el manual como referencia técnica para procesos de planificación y estimación de costos.

4.4. Alcances y limitaciones

Alcances

- Elaboración de un manual técnico–presupuestario aplicado a una vivienda tipo de interés social.
- Análisis comparativo de costos entre mampostería confinada y mampostería reforzada.
- Desarrollo de metrados y estimación de costos de materiales y mano de obra.
- Elaboración de un cronograma básico de ejecución y programación en Microsoft Project.
- Aplicación de la normativa nicaragüense vigente relacionada con construcción y vivienda.

Limitaciones

- El análisis se aplica a un prototipo específico de vivienda, por lo que los resultados no son generalizables a todos los tipos de edificación.
- Los costos estimados corresponden a valores referenciales del mercado local.
- El proyecto no incluye estudio geotécnico ni análisis estructural detallado.
- La programación de obra se limita a un nivel básico de planificación.

5. FUNDAMENTOS TÉCNICOS

5.1. Enfoque técnico de la vivienda de interés social

La vivienda de interés social constituye una respuesta técnica y social orientada a garantizar condiciones mínimas de habitabilidad, seguridad estructural y funcionalidad para familias de ingresos bajos y medios bajos. Desde el punto de vista ingenieril, este tipo de vivienda se caracteriza por el uso eficiente del espacio, la selección de sistemas constructivos económicamente accesibles y la optimización de recursos materiales y financieros, sin comprometer la estabilidad ni la durabilidad de la edificación (Instituto Nicaragüense de Normas Técnicas [INN], 2011).

En Nicaragua, la vivienda de interés social se desarrolla principalmente mediante procesos de autoconstrucción o construcción progresiva, lo que refuerza la necesidad de contar con guías técnicas claras que orienten la planificación y el presupuesto de obra. La ausencia de estas herramientas incrementa el riesgo de sobrecostos, desperdicio de materiales y deficiencias constructivas que afectan directamente la calidad de vida de los beneficiarios (Hábitat para la Humanidad Nicaragua, 2020).

5.2. Teorías generales aplicadas a la planificación y presupuesto de obras

Teoría general de la planificación de proyectos

La planificación de proyectos es un proceso sistemático que permite definir actividades, recursos, tiempos y costos necesarios para alcanzar un objetivo específico. Desde la teoría de gestión de proyectos, una planificación adecuada facilita la toma de decisiones, reduce la incertidumbre y mejora el control durante la ejecución de la obra. En proyectos de vivienda de interés social, la planificación cobra especial relevancia debido a la limitación de recursos económicos y a la necesidad de evitar gastos innecesarios. (Kerzner, 2017).

Aplicar esta teoría al contexto del proyecto permite estructurar la secuencia constructiva, anticipar requerimientos de materiales y mano de obra, y establecer una base sólida para la elaboración del presupuesto, contribuyendo a una ejecución más ordenada y eficiente.

Teoría general del control de costos

El control de costos se fundamenta en la comparación sistemática entre costos estimados y costos reales, permitiendo identificar desviaciones y aplicar medidas correctivas. En ingeniería civil, esta teoría se apoya en la elaboración de presupuestos detallados y en el seguimiento permanente de la ejecución (CEPAL, 1993). En viviendas de interés social, un control de costos efectivo resulta esencial para garantizar que el proyecto se mantenga dentro de la capacidad económica de las familias beneficiarias.

5.3. Teorías específicas aplicadas al análisis presupuestario

Teoría del metrado y análisis de precios unitarios

El metrado constituye la cuantificación detallada de cada partida constructiva que integra una obra. Esta teoría técnica establece que un presupuesto confiable depende directamente de la precisión del metrado y de la correcta definición de unidades de medida y rendimientos (Universidad Nacional de Ingeniería [UNI], 2019). En el caso de la vivienda de interés social, el metrado permite estimar con mayor exactitud la cantidad de materiales y mano de obra requeridos, reduciendo la improvisación durante la ejecución.

El análisis de precios unitarios complementa el metrado al integrar el costo de materiales, mano de obra y equipos por unidad de obra. Este procedimiento técnico es fundamental para la elaboración del presupuesto y para la comparación económica entre diferentes sistemas constructivos (CEPAL, 1993).

5.4. Principios estadísticos básicos aplicados al presupuesto

En la estimación de costos se aplican principios estadísticos básicos, como el uso de precios promedio, rangos de variación y análisis comparativo de datos referenciales. Estos principios permiten reducir la incertidumbre asociada a fluctuaciones de precios y facilitan la toma de decisiones presupuestarias en contextos locales específicos (Banco Central de Nicaragua [BCN], 2024).

5.5. Fundamentos técnicos de los sistemas constructivos

5.5.1. Mampostería confinada

La mampostería confinada es un sistema constructivo conformado por muros de mampostería limitados por elementos de concreto armado, como columnas y vigas de amarre. Este sistema proporciona estabilidad estructural y un comportamiento adecuado frente a cargas verticales y laterales, siendo ampliamente utilizado en Nicaragua por su facilidad constructiva y disponibilidad de materiales (Ministerio de Transporte e Infraestructura [MTI], 2007).

Desde el punto de vista presupuestario, la mampostería confinada permite un control relativamente eficiente del consumo de acero y concreto, lo que la convierte en una alternativa viable para proyectos de vivienda de interés social, siempre que se respeten las especificaciones técnicas establecidas en el Reglamento Nacional de Construcción.

5.5.2. Mampostería reforzada

La mampostería reforzada incorpora refuerzo de acero dentro de los muros, de forma vertical y horizontal, con el objetivo de mejorar su capacidad resistente. Este sistema ofrece ventajas estructurales, pero puede implicar mayores costos asociados al uso de acero y a la ejecución técnica especializada (MTI, 2007).

El análisis comparativo de costos entre mampostería confinada y mampostería reforzada resulta fundamental para determinar cuál sistema se ajusta mejor a las condiciones económicas de la vivienda de interés social, considerando no solo el costo inicial, sino también la durabilidad y el comportamiento estructural.

5.6. Programación de obra como herramienta de planificación

La programación de obra permite organizar las actividades constructivas en el tiempo, definiendo su secuencia y duración. El uso de herramientas informáticas como Microsoft Project facilita la visualización del cronograma, la identificación de actividades críticas y el control del avance de obra (Kerzner, 2017). En proyectos de vivienda de interés social, una programación básica contribuye a reducir tiempos improductivos y a optimizar el uso de recursos disponibles.

5.7. Marco normativo como fundamento técnico

El desarrollo del proyecto se sustenta en la normativa técnica nicaragüense vigente, principalmente el Reglamento Nacional de Construcción (RNC-07) y las Normas Técnicas Obligatorias de Nicaragua relacionadas con vivienda de interés social. Estas normas establecen criterios mínimos de diseño, dimensionamiento y calidad constructiva, garantizando que las soluciones propuestas cumplan con estándares de seguridad y habitabilidad (INN, 2011).

5.8. Fundamentos técnicos del Manual Constructivo

La elaboración de este manual constructivo se centra en los sistemas de mampostería confinada y mampostería reforzada, aplicados en condiciones reales del sector de Sabana Grande, Managua. Su objetivo es estandarizar procedimientos y ofrecer un marco comparativo que evidencie diferencias operativas, técnicas y económicas, facilitando decisiones fundamentadas en calidad, eficiencia y costo.

5.8.1. Concepto de manual técnico constructivo

El manual técnico constructivo se define como un documento sistemático que compila, organiza y estandariza información técnica relacionada con la ejecución de actividades constructivas, con el propósito de servir como guía operativa durante el desarrollo de un proyecto. En el contexto de la ingeniería civil, este tipo de manual constituye una herramienta de consulta que facilita la comprensión y aplicación de procedimientos constructivos bajo criterios técnicos previamente establecidos.

Desde una perspectiva metodológica, el manual técnico no se limita a describir tareas, sino que estructura las actividades en una secuencia lógica y ordenada, permitiendo que los procesos constructivos se ejecuten de manera coherente y eficiente. De acuerdo con Kerzner (2017), la estandarización de procesos mediante documentos técnicos contribuye a mejorar la gestión de proyectos al reducir la incertidumbre y facilitar la toma de decisiones.

Asimismo, el manual técnico describe de forma detallada los procedimientos constructivos, materiales, herramientas, controles de calidad y recomendaciones técnicas, constituyéndose en un instrumento clave para la correcta ejecución de la obra. Según la Organización Internacional de

Normalización (ISO, 2015), la documentación técnica estandarizada permite asegurar la calidad de los procesos al establecer criterios claros y repetibles en su implementación.

En el ámbito de la vivienda de interés social, el manual técnico adquiere una relevancia particular, ya que contribuye a reducir la improvisación en obra, uno de los principales factores asociados a deficiencias constructivas y sobrecostos. Tal como señala Hábitat para la Humanidad (2020), la falta de lineamientos técnicos claros en procesos de autoconstrucción incrementa los riesgos de errores, desperdicio de materiales y desviaciones presupuestarias.

En este sentido, el manual técnico constructivo dentro de la presente investigación se concibe como una herramienta que no solo orienta la ejecución de actividades, sino que también optimiza el uso de recursos, mejora el control técnico y fortalece la eficiencia económica del proyecto.

5.8.2. Organización del manual por etapas de obra

El manual técnico constructivo se organiza en función de las distintas etapas de ejecución de la obra, lo que permite estructurar el proceso constructivo de manera progresiva, lógica y secuencial. Esta organización responde a los principios de planificación de proyectos, en los cuales las actividades se descomponen en fases claramente definidas para facilitar su control y seguimiento. En términos generales, las etapas de obra en proyectos de vivienda de interés social incluyen:

- Obras preliminares
- Movimiento de tierra
- Cimentación
- Estructura
- Albañilería o mampostería
- Cubierta
- Piso

Cada una de estas etapas agrupa un conjunto de actividades específicas que deben ejecutarse en un orden determinado, evitando interferencias y retrabajos. Según el Project Management Institute (PMI, 2021), la organización por fases permite mejorar la eficiencia del proyecto al facilitar la asignación de recursos y el control del avance físico.

Dentro de la presente investigación, la organización del manual por etapas de obra se plantea como una guía técnica estructurada, que orienta tanto la planificación como la ejecución de las actividades constructivas. Esto permite que el usuario del manual (ya sea técnico, maestro de obra o autoconstructor) tenga una visión clara del proceso constructivo en su totalidad, entendiendo no solo qué hacer, sino también cuándo y en qué secuencia hacerlo.

5.8.3. Componentes técnicos de una actividad constructiva en el manual

El manual técnico constructivo se caracteriza por integrar una serie de componentes fijos y estandarizados para cada actividad, los cuales garantizan uniformidad en la información y facilitan su aplicación práctica en obra. Estos elementos permiten describir de manera integral cada proceso constructivo desde una perspectiva técnica. A continuación, se explican los componentes fundamentales:

- **Nombre de la actividad**

Identifica de manera precisa la tarea constructiva a desarrollar. Este elemento permite clasificar y organizar las actividades dentro del manual, facilitando su localización y uso. Según la ISO (2015), la correcta identificación de procesos es esencial para asegurar su trazabilidad.

- **Objetivos**

Definen el propósito técnico de la actividad, estableciendo los resultados esperados en términos de calidad, funcionalidad y cumplimiento normativo. Los objetivos permiten orientar la ejecución hacia estándares previamente definidos (PMI, 2021).

- **Materiales**

Especifican los insumos necesarios para la ejecución de la actividad, incluyendo características técnicas, cantidades referenciales y condiciones de uso. La adecuada definición de materiales contribuye a un mejor control de costos y calidad (CEPAL, 1993).

- **Herramientas y equipos**

Incluyen los instrumentos requeridos para la ejecución de la actividad, lo que permite planificar adecuadamente los recursos y evitar retrasos por falta de equipamiento.

- **Procedimiento constructivo**

Describe la secuencia técnica de ejecución de la actividad, organizada de forma lógica y cronológica. Este componente es clave para garantizar la correcta implementación del proceso constructivo (Kerzner, 2017).

- **Control de calidad**

Establece los criterios y parámetros que deben verificarse durante y después de la ejecución de la actividad, asegurando el cumplimiento de las especificaciones técnicas y normativas.

- **Errores frecuentes o estimación de error**

Identifica las fallas más comunes asociadas a la actividad, permitiendo anticipar problemas y reducir riesgos constructivos. Este enfoque preventivo es fundamental en procesos de mejora continua (ISO, 2015).

- **Recomendaciones técnicas**

Proporcionan orientaciones adicionales basadas en buenas prácticas constructivas, optimizando la ejecución y mejorando el desempeño de la actividad.

- **Esquemas o gráficos**

Representan visualmente la actividad constructiva, facilitando la comprensión técnica, especialmente en contextos de autoconstrucción.

- **Complementos técnicos externos (software)**

Incluyen herramientas digitales de apoyo, como programas de planificación o presupuestación, que permiten mejorar la precisión en la toma de decisiones. Según Eastman et al. (2011), el uso de tecnologías digitales en construcción mejora la coordinación y eficiencia del proyecto. En conjunto, estos componentes constituyen la base estructural del manual técnico, asegurando que cada actividad esté documentada de manera completa, clara y aplicable.

5.8.4. Aplicación del manual a los sistemas constructivos a evaluar

El manual técnico constructivo se vincula directamente con los sistemas constructivos analizados en la investigación, específicamente la mampostería confinada y la mampostería reforzada,

permitiendo estandarizar su ejecución y facilitar su comparación técnica y económica. Para ambos sistemas, el manual permite definir y controlar los siguientes aspectos:

- **Secuencia constructiva**

Cada sistema presenta un orden específico de ejecución. El manual permite establecer esta secuencia de manera clara, evitando errores en la interrelación de actividades.

- **Consumo de materiales**

La cantidad y tipo de materiales varía entre sistemas. Por ejemplo, la mampostería reforzada requiere mayor uso de acero, lo que impacta directamente en el costo.

- **Control técnico**

Los niveles de supervisión y precisión técnica difieren. La mampostería reforzada exige un control más riguroso en la colocación del refuerzo.

- **Tiempo de ejecución**

Cada sistema presenta variaciones en los tiempos de construcción, lo que incide en la programación de obra.

- **Incidencia de costos**

Las diferencias en materiales, mano de obra y tiempo generan variaciones en el costo total del proyecto.

5.8.5. Importancia del apoyo gráfico en el manual

El uso de recursos gráficos dentro del manual técnico constructivo es fundamental para complementar la información escrita y facilitar su comprensión. Estos elementos permiten traducir conceptos técnicos en representaciones visuales claras y accesibles. Entre los principales recursos gráficos se incluyen:

- **Esquemas**

Representaciones simplificadas de procesos o elementos constructivos que permiten visualizar relaciones y secuencias.

- **Croquis**

Dibujos técnicos básicos que ilustran detalles constructivos, facilitando su interpretación en campo.

- **Diagramas**

Permiten organizar información compleja, como secuencias de actividades o flujos de trabajo.

- **Tablas de resumen**

Sintetizan información clave, como cantidades de materiales o tiempos de ejecución, facilitando la toma de decisiones.

Según Ching (2014), la representación gráfica en construcción es un complemento esencial de la documentación técnica, ya que mejora la comunicación entre los actores del proyecto y reduce la probabilidad de errores en la ejecución.

En el contexto de la vivienda de interés social, donde muchas veces participan usuarios con distintos niveles de conocimiento técnico, el apoyo gráfico en el manual resulta clave para mejorar la comprensión, reducir errores y optimizar la ejecución de las actividades constructivas.

En este contexto, el manual técnico se convierte en una herramienta clave para comparar, evaluar y aplicar correctamente cada sistema constructivo, permitiendo tomar decisiones fundamentadas en criterios técnicos y económicos. Tal como señala el MTI (2007), la correcta aplicación de sistemas constructivos depende en gran medida de la estandarización de procedimientos.

En conclusión, el manual técnico constructivo es una herramienta que estandariza la ejecución de los sistemas de mampostería confinada y mampostería reforzada, permitiendo su comparación técnica y económica. Define aspectos clave como la secuencia constructiva, el consumo de materiales (con mayor uso de acero en la reforzada), el control técnico (más riguroso en la reforzada), los tiempos de ejecución y la incidencia de costos. De esta manera, el manual no solo describe cómo se construye cada sistema, sino que también evidencia sus diferencias operativas, técnicas y económicas bajo condiciones equivalentes, facilitando decisiones fundamentadas en criterios de calidad, eficiencia y costo.

6. METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO DE GRADUACIÓN

El presente proyecto adopta una metodología de tipo aplicada, con enfoque técnico–descriptivo y comparativo, orientada a la elaboración de un manual técnico–presupuestario para vivienda de interés social. La metodología se desarrolla en coherencia directa con los objetivos específicos, de modo que cada uno genera un procedimiento técnico claramente definido, permitiendo obtener resultados verificables y defendibles.

6.1. Metodología para el análisis de los sistemas constructivos

Para el análisis de los sistemas de mampostería confinada y mampostería reforzada, se realiza una revisión técnica normativa, tomando como base el Reglamento Nacional de Construcción (RNC-07) y las Normas Técnicas Obligatorias de Nicaragua aplicables a vivienda de interés social. Este procedimiento permite identificar las características constructivas, elementos estructurales, requisitos mínimos de diseño y criterios de ejecución de cada sistema.

Como herramientas de ejecución se utilizan fichas técnicas, esquemas constructivos y cuadros comparativos, elaborados a partir de la normativa vigente. El análisis no incluye cálculos estructurales avanzados, sino una verificación técnica conceptual de la aplicación de cada sistema conforme a especificaciones mínimas, asegurando coherencia con el alcance del proyecto.

6.2. Metodología para la definición del prototipo de vivienda

La definición del prototipo de vivienda de interés social se realiza mediante un proceso de diseño funcional básico, considerando criterios de habitabilidad, funcionalidad y economía del espacio. El prototipo se plantea como una vivienda tipo, con distribución básica (sala, dormitorios, baño y áreas complementarias), adecuada a las condiciones socioeconómicas del sector de Sabana Grande.

Para este procedimiento se emplean planos arquitectónicos esquemáticos, normas nacionales de vivienda de interés social y referencias de proyectos habitacionales similares. El prototipo sirve como unidad base de análisis, sobre la cual se desarrollan los metrados, presupuestos y cronogramas, sin pretender representar un diseño arquitectónico definitivo.

6.3. Metodología para el metrado de materiales y actividades

El metrado de materiales y actividades constructivas se realiza a partir del prototipo definido, siguiendo criterios técnicos de cuantificación por unidades de medida estándar (m^2 , m^3 , unidades, metros lineales). Este proceso incluye la identificación de partidas principales, tales como cimentación, estructura, muros, acabados básicos y obras complementarias.

Como herramientas técnicas se utilizan hojas de cálculo y formatos de metrado comúnmente empleados en proyectos de ingeniería civil. El procedimiento se fundamenta en la medición directa de elementos constructivos y en rendimientos referenciales ajustados al contexto local, garantizando coherencia entre diseño, cantidades y presupuesto.

6.4. Metodología para la estimación de costos de construcción

La estimación de costos se desarrolla mediante la elaboración de análisis de precios unitarios, integrando costos de materiales y mano de obra para cada partida constructiva. Los precios se obtienen a partir de referencias del mercado local, ferreterías y fuentes institucionales, considerando valores promedio que reflejen las condiciones reales del entorno de Sabana Grande.

Este procedimiento permite calcular el costo total de ejecución de la vivienda para cada sistema constructivo. La validación técnica del presupuesto se realiza mediante la revisión cruzada entre metrados, precios unitarios y costos totales, asegurando consistencia y trazabilidad de los resultados.

6.5. Metodología para la comparación de costos entre sistemas constructivos

La comparación de costos entre la mampostería confinada y la mampostería reforzada se efectúa a través de cuadros comparativos, donde se analizan diferencias en consumo de materiales, costos de mano de obra y costo total de ejecución. Este análisis se realiza bajo condiciones equivalentes de diseño y alcance, evitando distorsiones en los resultados.

Como estrategia de análisis se emplea la comparación directa de partidas homogéneas y el cálculo de variaciones porcentuales, lo que permite identificar el sistema constructivo más conveniente desde el punto de vista económico para vivienda de interés social.

6.6. Metodología para la programación de obra

La programación de la obra se desarrolla mediante la elaboración de un cronograma básico de ejecución, definiendo actividades, duraciones y secuencia lógica de los trabajos constructivos. Este proceso se apoya en el uso del software Microsoft Project, el cual permite organizar las actividades, visualizar la ruta crítica y controlar el tiempo estimado de ejecución.

La programación se realiza de forma independiente para cada sistema constructivo, permitiendo identificar diferencias en tiempos de ejecución y apoyar la planificación general del proyecto. No se incorporan controles avanzados de costos o recursos, manteniendo el alcance acorde a los objetivos del proyecto.

6.7. Metodología para la elaboración del manual técnico–presupuestario

El manual técnico–presupuestario se elabora integrando los resultados obtenidos en las etapas anteriores: análisis técnico, prototipo, metrados, costos y programación. La información se organiza de manera secuencial y didáctica, utilizando cuadros, esquemas y descripciones claras que faciliten su comprensión y aplicación práctica.

La validación del manual se realiza mediante una revisión técnica interna, verificando coherencia entre procedimientos, resultados y normativa vigente. El producto final constituye una herramienta aplicada, orientada a apoyar la planificación y el control del presupuesto en proyectos de vivienda de interés social.

7. Resultados

El capítulo presenta los resultados del proyecto, que se distribuyen según los objetivos que deben cumplirse. Estos resultados contienen datos técnicos y datos comparativos, pero también son parte del manual que se ha construido para aprovechar y construir vivienda económica.

Este manual realiza una comparación de 2 sistemas de construcción, la mampostería confinada y la mampostería reforzada. Incluye el diseño de un prototipo de vivienda económica, las etapas de la construcción, sus costos, y cómo se realiza la planificación de la obra.

Cada uno de los epígrafes del manual proporciona información para el propietario, para el constructor y para el ingeniero, con el fin de planificar y ejecutar de manera correcta proyectos de vivienda sociales de forma cotidiana. El objetivo es reducir los imprevistos, conseguir un mejor aprovechamiento de sus recursos y facilitar la toma de decisiones.

7.1. Objetivo 1. Diseño del prototipo funcional de vivienda de interés social

En cumplimiento del Objetivo Específico 1, se diseñó un prototipo funcional de vivienda de interés social con un área total construida de 51.235 m², adaptado a las condiciones socioeconómicas, climáticas y urbanas del sector de Sabana Grande, ciudad de Managua.

El diseño arquitectónico base se presenta en el Anexo 1 (Plano Arquitectónico – Planta A-02), donde se detallan la distribución espacial, dimensiones generales y cuadro de áreas. La información complementaria correspondiente a elevaciones arquitectónicas se encuentra en el Anexo 2 (Elevaciones Arquitectónicas A-04) y en el Anexo 3 (Elevaciones y Secciones Arquitectónicas A-05). Asimismo, la localización y contexto general del proyecto urbano se visualiza en el Anexo 4 (Portada y Ubicación General del Proyecto A-00).

7.1.1. Configuración espacial y cuadro de áreas

De acuerdo con el cuadro de áreas presentado en el Anexo 1, la vivienda está conformada por los siguientes ambientes: Porche (6.560 m²), Sala-comedor-cocina integrada (20.982 m²), Dormitorio 01 (11.235 m²), Dormitorio 02 (9.178 m²) y Servicio sanitario (3.280 m²), alcanzando un área total construida de 51.235 m².

La distribución arquitectónica elimina pasillos innecesarios y optimiza la circulación interna. La integración del área social reduce metros lineales de muro y, en consecuencia, disminuye el consumo de materiales estructurales y de acabado, lo cual incide directamente en el comportamiento presupuestario del proyecto.

7.1.2. Adaptación al contexto urbano de Sabana Grande

El prototipo fue concebido considerando las condiciones predominantes del sector de Sabana Grande, Managua, tomando en cuenta la configuración rectangular de los lotes, pendientes mínimas, condiciones climáticas tropicales y disponibilidad de materiales convencionales en el mercado local.

Las dimensiones aproximadas de 7.60 m de frente por 6.84 m de fondo favorecen una geometría compacta que mejora el comportamiento estructural y simplifica la ejecución de cimentaciones y cubierta. La altura interior de 2.44 m cumple con parámetros habituales establecidos en el Reglamento Nacional de Construcción (Ministerio de Transporte e Infraestructura [MTI], 2007).

7.1.3. Especificaciones constructivas base

Para garantizar un análisis comparativo técnicamente válido entre mampostería confinada y mampostería reforzada, se establecieron condiciones constructivas idénticas para ambos sistemas, modificándose únicamente el tipo de mampostería estructural. Las condiciones base del prototipo incluyen: cimentación mediante zapata corrida de concreto estructural; altura de muro de 2.44 m; cubierta con estructura metálica liviana y lámina de zinc ondulado calibre 26; puertas metálicas tipo troqueladas; ventanas metálicas con protección y piso de concreto afinado. Estas especificaciones cumplen con lo dispuesto en el Reglamento Nacional de Construcción RNC-07 (MTI, 2007), así como con criterios técnicos aplicables a vivienda de interés social en Nicaragua.

7.1.4. Conclusión técnica del Resultado 1

El prototipo diseñado constituye una base arquitectónica técnica y económicamente viable para el análisis comparativo de costos entre mampostería confinada y mampostería reforzada. La uniformidad en área total construida, distribución espacial, cimentación, cubierta y altura de muros

asegura que las diferencias posteriores en presupuesto y programación de obra respondan exclusivamente al sistema constructivo empleado y no a variaciones de diseño.

El proyecto contempla un área construida de 51.235 m², pensada bajo parámetros de vivienda mínima. La lógica es clara: ofrecer condiciones básicas de habitabilidad sin que los costos se disparen. Para conseguirlo, se eligió una planta rectangular y compacta. ¿Qué se gana con eso? Menos muros, menos bloques, menos mortero, menos acero... en pocas palabras, menos gasto en materiales. Una decisión que impacta directamente en el presupuesto y que se ajusta perfectamente al concepto de vivienda de interés social.

La distribución interna también sigue esa línea de eficiencia. La sala, el comedor y la cocina se integran en un solo espacio, evitando pasillos innecesarios. Así cada metro cuadrado se aprovecha mejor y se reducen partidas de muros y acabados. Es un diseño práctico, que busca economía sin perder funcionalidad.

Desde el punto de vista técnico, el prototipo se pensó con criterios sólidos: una planta regular que distribuye las cargas de manera uniforme y facilita el comportamiento estructural en los sistemas constructivos analizados. Además, se priorizó la constructibilidad: soluciones simples, accesibles para la mano de obra local, que reducen errores y hacen más fácil la ejecución.

Otro aspecto clave es la economía de materiales. Las dimensiones se ajustan a módulos convencionales, como el bloque de 15 cm, lo que evita desperdicios y mejora la precisión en el metrado. Esto permite estimar costos con mayor confianza y menos margen de error.

El prototipo, por supuesto, cumple con las normas: se ajusta al Reglamento Nacional de Construcción (RNC-07) y a las Normas Técnicas Obligatorias de Nicaragua. Se verifican parámetros básicos de habitabilidad, altura mínima, distribución funcional, sistemas reconocidos, lo que asegura su viabilidad técnica y legal.

En conjunto, el diseño logra un equilibrio entre funcionalidad, economía y facilidad constructiva. No hay sobredimensionamientos innecesarios y se adapta a las condiciones reales de

autoconstrucción en Sabana Grande. Así, se convierte en una base sólida para el análisis comparativo de costos y la programación de obra que se presentan más adelante.

7.2. Objetivo 2. Establecer los procesos constructivos de los sistemas de mampostería confinada y reforzada para su aplicación técnica en el prototipo propuesto.

7.2.1. Análisis comparativo de los sistemas constructivos

En cumplimiento del Objetivo Específico 2, se establecieron los procesos constructivos correspondientes a los sistemas de mampostería confinada y mampostería reforzada, aplicados al prototipo de vivienda de 51.235 m², conforme al Reglamento Nacional de Construcción RNC-07 (MTI, 2007).

Tabla 1. Comparación estructural

Criterio	Mampostería Confinada	Mampostería Reforzada
Elemento estructural principal	Columnas y vigas de concreto armado	Muros estructurales reforzados
Distribución del acero	Concentrado en columnas	Distribuido en el muro
Integración estructural	Parcial (muro + marco)	Integral (muro continuo)
Complejidad técnica	Media	Mayor precisión requerida
Adaptabilidad a mano de obra local	Alta	Media

Fuente: propia

Tabla 2. Comparación del proceso constructivo

Etapas	Confinada	Reforzada
Fundición de columnas	Sí	No
Relleno estructural en muro	No	Sí
Uso de formaletas	Mayor	Menor
Interrupciones de obra	Frecuentes	Más continuas
Ritmo de ejecución	Moderado	Potencialmente mayor

Fuente: propia

Tabla 3. Comparación de comportamiento estructural

Variable técnica	Confinada	Reforzada
Resistencia a carga vertical	Alta	Alta
Resistencia a carga lateral	Media	Alta
Continuidad estructural	Parcial	Integral
Vulnerabilidad a mala ejecución	Media	Mayor control requerido

Fuente: propia

Tabla 4. Impacto operativo en obra

Factor de obra	Confinada	Reforzada
Facilidad para albañil tradicional	Alta	Media
Necesidad de supervisión técnica	Media	Alta
Velocidad de ejecución	Moderada	Potencialmente mayor
Control de calidad requerido	Medio	Alto

Fuente: propia

Ambos sistemas resultan técnicamente viables para el prototipo de vivienda propuesto. Las principales diferencias radican en la distribución del acero, la secuencia constructiva y el nivel de control técnico requerido. No se identifican limitaciones normativas que impidan el uso de cualquiera de los dos sistemas en viviendas de un nivel, conforme al Reglamento Nacional de Construcción RNC-07 (MTI, 2007).

En complemento al análisis comparativo presentado, la definición de los procesos constructivos para los sistemas de mampostería confinada y mampostería reforzada se fundamenta en criterios técnicos orientados a garantizar la viabilidad de ejecución, la coherencia estructural y la comparabilidad económica entre ambos métodos.

Desde un enfoque ingenieril, la caracterización de los procesos constructivos no se limita a la descripción de actividades, sino que responde a la necesidad de establecer una secuencia lógica de ejecución que permita identificar diferencias reales en consumo de recursos, tiempos de obra y nivel de control técnico requerido. En este sentido, cada sistema fue analizado bajo condiciones equivalentes de diseño, asegurando que las variaciones observadas sean atribuibles exclusivamente a su naturaleza constructiva.

En el caso de la mampostería confinada, el proceso constructivo se caracteriza por una secuencia segmentada, donde los elementos estructurales (columnas y vigas) se ejecutan de forma independiente al levantado de muros. Esta condición genera interrupciones operativas asociadas al armado de acero, instalación de formaletas y procesos de colado, lo cual influye en el ritmo de ejecución de la obra. Sin embargo, este sistema presenta una ventaja significativa en términos de adaptabilidad a mano de obra tradicional, permitiendo su aplicación con niveles moderados de supervisión técnica.

Por su parte, la mampostería reforzada presenta un proceso constructivo más continuo, en el cual el refuerzo vertical y horizontal se integra directamente durante el levantado de los muros. Esta característica mejora la continuidad estructural del sistema, pero exige mayor precisión en la colocación del acero, alineación de elementos y control del relleno estructural con mortero fluido. En consecuencia, el nivel de exigencia técnica en obra es superior, lo que puede incidir en la necesidad de supervisión especializada.

Desde el punto de vista de constructibilidad, ambos sistemas son viables para el prototipo propuesto; sin embargo, presentan diferencias importantes en términos de logística de ejecución. La mampostería confinada requiere mayor uso de formaletas y etapas de colado, mientras que la mampostería reforzada demanda un control más riguroso en la dosificación y colocación del mortero estructural, así como en la correcta disposición del refuerzo distribuido.

Estas diferencias tienen implicaciones directas en el comportamiento económico del proyecto. La secuencia constructiva influye en el consumo de materiales, particularmente en el uso de acero y concreto, así como en la eficiencia de la mano de obra. Por ejemplo, la mayor continuidad del sistema reforzado puede reducir interrupciones, pero el incremento en la cantidad de acero y en el control del proceso constructivo tiende a elevar los costos totales.

Adicionalmente, la definición de los procesos constructivos permite establecer una base técnica sólida para la programación de obra desarrollada en el Objetivo 4. La identificación de actividades, su secuencia y sus interdependencias constituye un insumo clave para la elaboración del cronograma y el análisis de la ruta crítica, lo cual refuerza la coherencia metodológica del proyecto.

En términos normativos, ambos sistemas cumplen con los lineamientos establecidos en el Reglamento Nacional de Construcción (RNC-07), siendo técnicamente aceptables para viviendas de un nivel. No obstante, su correcta aplicación depende del cumplimiento riguroso de las especificaciones técnicas, especialmente en lo relacionado con la colocación del refuerzo y el control de calidad en obra.

De manera integral, el análisis de los procesos constructivos permite concluir que, aunque ambos sistemas son técnicamente viables, la mampostería confinada presenta ventajas operativas en contextos de autoconstrucción debido a su menor exigencia técnica, mientras que la mampostería reforzada, si bien ofrece una mayor continuidad estructural, requiere un control más estricto en su ejecución. Estas diferencias resultan determinantes para interpretar los resultados económicos y temporales presentados en los apartados posteriores.

7.2.2. Desarrollo técnico-operativo del manual de procesos constructivos aplicados al prototipo habitacional

En el presente apartado se desarrolla la aplicación técnica del manual de procesos constructivos correspondiente a los sistemas de mampostería confinada y mampostería reforzada, tomando como referencia el prototipo de vivienda de interés social propuesto para el sector de Sabana Grande, ciudad de Managua.

El manual se estructura a partir de la secuencia lógica de actividades de obra, organizada conforme al orden técnico de ejecución constructiva, desde las labores preliminares del terreno hasta los procesos específicos de cimentación, elevación de muros, elementos de confinamiento, refuerzo estructural y acabados básicos.

Para garantizar uniformidad metodológica y facilitar su uso como instrumento técnico-comparativo, cada actividad se desarrolla bajo una estructura estandarizada que comprende: nombre de la actividad, finalidad, procedimiento constructivo, materiales, herramientas y equipo, control técnico de calidad, errores frecuentes, recomendaciones técnicas, apoyo gráfico y respaldo bibliográfico.

Esta organización permite establecer con claridad los procedimientos aplicables a ambos sistemas constructivos, facilitando posteriormente el análisis comparativo de costos, rendimientos y viabilidad técnica del prototipo.

7.2.2.1. Diseño de la lógica metodológica del manual

El manual técnico ha sido diseñado bajo una lógica secuencial orientada a la ejecución práctica de obra, permitiendo sistematizar cada fase constructiva de manera ordenada, verificable y comparable entre ambos sistemas de mampostería estudiados (Process Street, 2023).

Cada actividad constructiva se desarrolla conforme a la siguiente estructura metodológica:

a) Nombre de la actividad

Corresponde a la identificación precisa de la fase o partida constructiva a desarrollar dentro de la secuencia de obra.

b) Finalidad

Define el propósito técnico de la actividad y su aporte dentro del proceso constructivo general del prototipo habitacional.

c) Procedimiento constructivo

Describe de forma secuencial los pasos técnicos necesarios para la correcta ejecución de la actividad.

d) Materiales, herramientas y equipo

Especifica los recursos físicos, herramientas manuales, equipos complementarios y maquinaria requerida.

e) Control técnico de calidad

Establece los criterios de verificación y aceptación que aseguran el cumplimiento de las especificaciones técnicas.

f) Errores frecuentes

Identifica las fallas más comunes durante la ejecución para prevenir desviaciones técnicas.

g) Recomendaciones técnicas

Presenta lineamientos prácticos orientados a optimizar la ejecución, seguridad y rendimiento de la actividad.

h) Apoyo gráfico

Incluye croquis, esquemas secuenciales, planos o diagramas técnicos que faciliten la interpretación visual del procedimiento.

i) Respaldo bibliográfico

Cada actividad incorpora sustento documental proveniente de fuentes técnicas, normativas y manuales especializados, con énfasis en publicaciones verificables entre 2020 y 2025.

7.2.2.2. Actividades preliminares de obra

a) Limpieza inicial del terreno

La limpieza inicial del terreno constituye la primera actividad técnica preliminar dentro de la secuencia constructiva del prototipo habitacional, y tiene como propósito acondicionar física y funcionalmente el área destinada a la implantación de la vivienda, mediante la remoción de vegetación superficial, residuos sólidos, piedras sueltas, raíces expuestas y cualquier elemento extraño que pueda interferir con el desarrollo de las etapas posteriores de obra (Western Michigan University, 2024).

Esta actividad incluye, además, el retiro controlado de la capa vegetal superficial (topsoil) dentro del área de intervención, con el fin de eliminar materia orgánica, cobertura herbácea y suelos blandos o compresibles que puedan comprometer la precisión del replanteo, la estabilidad de las excavaciones y el adecuado comportamiento de la cimentación.

Desde el punto de vista técnico, la preparación inicial del sitio es considerada un requisito indispensable para garantizar condiciones seguras, limpias y geométricamente confiables para el inicio de las labores de trazo y cimentación. Las especificaciones recientes de preparación de sitio establecen que el área de construcción debe quedar libre de maleza, raíces, residuos, escombros y suelo orgánico antes del inicio de cualquier movimiento de tierra o fundación.

En el contexto de esta investigación, esta actividad adquiere especial relevancia, ya que tanto el sistema de mampostería confinada como el de mampostería reforzada requieren una base geométrica precisa desde la etapa inicial, a fin de asegurar la correcta ubicación de ejes, zapatas, vigas de cimentación y muros portantes.

b) Justificación técnica

Como criterio técnico de aplicación para el presente manual, se adopta el retiro referencial de 5 cm de suelo vegetal superficial en toda el área correspondiente a la huella del prototipo y la zona de maniobra inmediata. Esta decisión metodológica responde a criterios de ingeniería de sitio, según los cuales la presencia de materia orgánica, raíces finas y cobertura vegetal residual puede generar:

- errores en el replanteo;
- inestabilidad superficial del terreno;
- asentamientos diferenciales en zonas de excavación;
- contaminación del material de relleno;
- interferencias durante la compactación inicial.

Las guías recientes de preparación de terrenos para construcción señalan que la capa superior del suelo debe retirarse y separarse de la subrasante, debido a su mayor contenido de humedad, compresibilidad y material orgánico. Aunque en proyectos de mayor escala el espesor de retiro suele oscilar entre 100 mm y 150 mm, en el presente prototipo se establece una profundidad referencial de 50 mm (5 cm), atendiendo a la escala del proyecto y al carácter metodológico-comparativo del estudio. La limpieza inicial se concibe como una actividad de acondicionamiento técnico indispensable para asegurar un inicio ordenado, seguro y funcional de las operaciones constructivas subsiguientes (Government of Alberta, 2024).

c) Alcance técnico de la actividad

La presente actividad comprende:

- corte y remoción de maleza superficial;
- retiro uniforme de 5 cm de suelo vegetal superficial;
- recolección y disposición de residuos orgánicos e inorgánicos;
- extracción de piedras sueltas, raíces y obstáculos superficiales;
- delimitación y despeje total de la huella constructiva;
- habilitación del área para el trazo y replanteo.

El resultado esperado es una superficie limpia, transitable, estable y geométricamente apta para el inicio de las actividades de replanteo y excavación

.

d) Materiales, herramientas y equipo

Herramientas manuales básicas

- pala
- pico
- escoba

- carretilla
- machete

Equipo complementario recomendado

- guantes de protección
- botas de seguridad
- sacos o cubetas de recolección
- cintas y estacas de delimitación

Equipo mecánico de apoyo (según disponibilidad)

- desbrozadora manual o motoguadaña
- minicargador o retroexcavadora ligera, cuando el volumen de material lo justifique

La selección del equipo dependerá de la densidad de vegetación, extensión del área y condiciones de accesibilidad del sitio.

e) Procedimiento técnico de ejecución

La ejecución de la actividad deberá realizarse conforme a la siguiente secuencia técnica:

- **Inspección inicial del área**
Realizar reconocimiento visual para identificar vegetación, residuos, piedras, raíces y posibles interferencias.
- **Delimitación del perímetro**
Marcar el área de limpieza considerando la huella del prototipo y un margen adicional para maniobra y circulación.
- **Desbroce superficial**
Retirar maleza, monte bajo, arbustos pequeños y vegetación superficial.
- **Retiro de residuos y obstáculos**
Extraer basura, materiales orgánicos, piedras sueltas y objetos extraños.
- **Retiro del suelo vegetal superficial**
Remover uniformemente un espesor de **5 cm** de topsoil.
- **Acopio temporal y disposición final**
Colocar el material fuera del área útil y trasladarlo a un punto autorizado.
- **Verificación final**
Confirmar que la superficie quede completamente apta para el trazo.

f) Control técnico de calidad

Se deberá verificar que:

- el área esté completamente libre de maleza y residuos;
- no permanezcan raíces, piedras o elementos obstructivos;
- la capa vegetal superficial haya sido retirada de manera uniforme;
- el área esté despejada y nivelada visualmente;
- el material extraído se encuentre fuera del perímetro útil.

Como criterio de aceptación, el terreno debe presentar una superficie limpia y homogénea, sin interferencias visibles para el replanteo (Process Street, 2023).

g) Errores frecuentes

Se debe evitar:

- realizar únicamente limpieza superficial visual;
- dejar raíces enterradas;
- no retirar el suelo orgánico;
- acumular residuos dentro del perímetro de obra;
- iniciar replanteo con obstáculos presentes;
- realizar quema de residuos en sitio.

La normativa reciente prohíbe la quema de residuos vegetales y recomienda disposición controlada del material excedente.

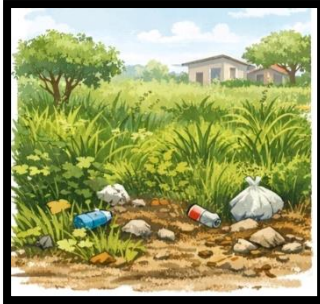
h) Recomendaciones técnicas

Se recomienda:

- limpiar un área 10–20 % mayor que la huella del prototipo;
- conservar el topsoil retirado para posible reutilización paisajística;
- usar equipo manual en áreas pequeñas;
- emplear motoguadaña cuando la vegetación sea densa;
- verificar condiciones de seguridad antes del uso de maquinaria (FAO, 2024).

i) Apoyo gráfico

Figura 1. Estado inicial del terreno



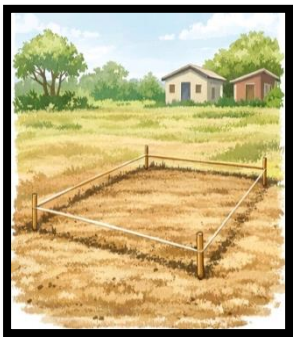
Registro fotográfico que muestra la acumulación de desechos sólidos y vegetación desordenada antes de la limpieza.

Figura 2. Proceso de limpieza del terreno.



Evidencia del trabajo manual y mecánico realizado por los operarios, mediante desbroce y retiro de materiales, como parte de la preparación del área.

Figura 3. Delimitación del área despejada.



Croquis con estacas y cuerda que marca el perímetro del terreno ya limpio, destinado a la futura construcción de la vivienda de interés social.

Fuente: Elaboración Propia

7.2.3. Trazo y replanteo

a) Finalidad

Esta actividad constituye la operación inmediata posterior a la limpieza inicial y forma parte de la secuencia base de ejecución del prototipo en ambos sistemas constructivos evaluados. Consiste en

plantear la ubicación exacta del prototipo habitacional mediante la marcación de linderos, ejes, alineamientos y referencias geométricas básicas, con el propósito de garantizar que la excavación y las obras de cimentación se ejecuten conforme a las dimensiones previstas en los planos.

b) Justificación técnica

El trazo y replanteo constituyen una operación de control geométrico inicial que permite trasladar al terreno, a escala real, la configuración del proyecto. De acuerdo con el Manual del Maestro Constructor, el trazo y el replanteo “consisten en demarcar perfectamente los linderos del terreno, así como los ejes de los ambientes interiores de la vivienda, según las medidas que indican los planos de arquitectura” (Aceros Arequipa, s. f., pp. 68–69).

c) Alcance técnico de la actividad

La presente actividad comprende:

- verificación de linderos y referencias exteriores;
- revisión de alineación con vereda y construcciones vecinas;
- colocación de cuatro niveletas fuera del área de excavación;
- fijación de ejes y líneas guía mediante lienza;
- traslado de ejes al terreno mediante plomada;
- trazado de líneas de excavación con ceniza, cal o tiza;
- comprobación de medidas, escuadras y nivel;
- conservación de referencias para replanteo posterior.

No comprende:

- excavación estructural;
- conformación del fondo de zanja;
- armado de acero;
- colocación de formaleta;
- colado de elementos de cimentación.

d) Materiales, herramientas y equipo

Herramientas manuales básicas:

- cinta métrica;
- lienza;
- plomada;
- martillo;
- pala;
- nivel manual.

Materiales auxiliares:

- cuatro niveletas;
- estacas de madera;
- tablas para niveletas;
- clavos;
- ceniza, cal o tiza para marcación temporal.

Equipo complementario recomendado

- manguera transparente para nivelación;
- nivel láser manual;
- guantes de protección;
- botas de seguridad;
- plano arquitectónico impreso.

e) Procedimiento técnico de ejecución

- Revisar referencias exteriores. Verificar la alineación de la vereda y de las construcciones vecinas, tomándolas como referencia inicial del trazado, tal como lo recomienda el manual consultado (Aceros Arequipa, s. f., pp. 68–69).
- Ubicar el área de implantación. Definir la posición general del prototipo dentro del lote conforme a planos y límites reales del terreno.
- Construcción y colocación de niveletas

Para la ejecución del trazo se adoptará el uso de cuatro niveletas, ubicadas fuera del área de excavación. Según el Manual del Maestro Constructor, se conforman con dos estacas de madera de 2 x 2 pulgadas y 60 cm de longitud, además de una tabla horizontal de 15 x 60 cm y 2 cm de espesor, fijada con clavos en la parte superior (Aceros Arequipa, s. f., p. 68).

Tabla 5. Procedimiento técnico para la preparación y uso de niveletas en el trazado de obra

Paso	Acción	Criterio técnico
1	Preparar las piezas de madera.	Cortar dos estacas por cada niveleta y una tabla horizontal de apoyo, procurando uniformidad en longitud y espesor.
2	Armar cada niveleta.	Clavar la tabla sobre las dos estacas para formar una referencia estable, rígida y visible.
3	Ubicar las cuatro niveletas.	Colocarlas en esquinas y cruces principales de ejes, siempre fuera del área de excavación para no perder la referencia durante el zanjeo.
4	Asegurar verticalidad y nivel.	Comprobar con nivel manual, manguera transparente o nivel láser manual que las cuatro queden a una misma referencia.
5	Fijar la lienza.	Colocar clavos sobre la tabla horizontal y tensar la lienza para definir los ejes principales del proyecto.

Fuente: Propia

Tabla 6. Función de las niveletas

Función de las niveletas	Conservar los ejes y niveles fuera del área de zanjeo, permitir el tendido de la lienza y facilitar el replanteo después de cada etapa de excavación o verificación.
---------------------------------	--

Fuente: Propia

f) Verificación de escuadra mediante el método 3-4-5

Para garantizar que las líneas trazadas formen un ángulo recto, se empleará el método 3-4-5, basado en el triángulo rectángulo. El Manual del Maestro Constructor explica que para trazar una escuadra puede usarse el denominado triángulo de Pitágoras, cuyos lados miden 3, 4 y 5 m, formando una escuadra de 90 grados entre los lados de 3 y 4 m (Aceros Arequipa, s. f., pp. 42–43).

Tabla 7. Aplicación práctica y control técnico del método 3-4-5 para verificación de escuadra

Aplicación resumida del método 3-4-5 • Definir una línea base y tensar la lienza sobre uno de los ejes principales. • Medir 3 m sobre la línea base y marcar el primer punto de referencia. • Medir 4 m sobre la línea en formación y marcar el segundo punto. • Comprobar la diagonal entre ambos puntos: si mide 5 m, la escuadra es correcta. • Ajustar la posición cuando la diagonal no mida 5 m, hasta obtener el ángulo recto.	¿Qué significa este control para la obra? • Confirma la perpendicularidad real entre ejes. • Evita descuadres en excavación, cimentación y levantado de muros. • Reduce errores acumulativos desde el arranque de la obra. • Convierte una medición simple en un control geométrico de precisión.
--	--

Fuente: Propia

Tabla 8. Relación geométrica aplicada al metrado comparativo del prototipo

Relación geométrica aplicada: $3^2 + 4^2 = 5^2$ Si la diagonal resultante es 5 m, el ángulo formado es de 90 grados.

Fuente: Propia

g) Control técnico de calidad

Verificar que:

- los linderos y ejes estén claramente identificados;
- las cuatro niveletas se encuentren firmes, visibles y fuera del área de excavación;
- la lienza permanezca tensa y correctamente alineada;
- las medidas marcadas coincidan con el plano arquitectónico;
- las escuadras principales hayan sido comprobadas mediante el método 3-4-5;
- las líneas de trazo sobre el terreno sean continuas y legibles;
- el replanteo permita iniciar la excavación sin ambigüedad de ejes.

h) Errores frecuentes

Evitar:

- iniciar el trazo sin comprobar linderos y referencias exteriores;
- colocar niveletas dentro del área de excavación;
- trabajar con lienza floja o mal alineada;
- omitir la verificación de escuadras;
- marcar ejes sin comprobar medidas dos veces;
- perder las referencias antes del inicio del zanjeo;
- excavar sin haber validado el replanteo final.

Se recomienda:

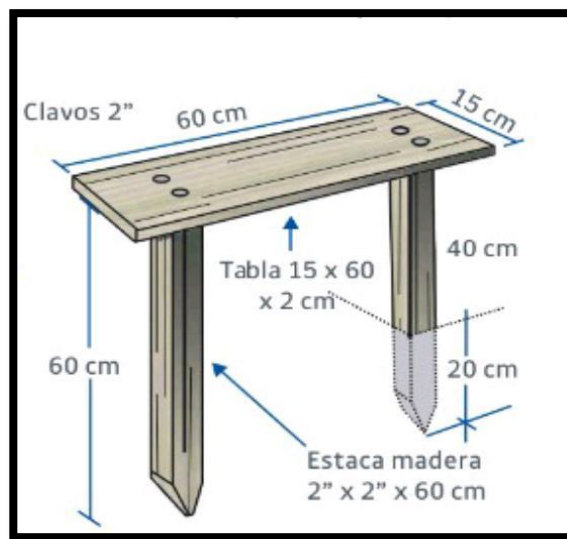
- tomar como referencia inicial la vereda y las construcciones vecinas alineadas;
- colocar las cuatro niveletas fuera del área excavable para conservar los ejes durante la etapa de cimentación;
- revisar que las tablas de las niveletas queden firmes, niveladas y bien clavadas;
- verificar dos veces medidas y escuadras antes de fijar el trazo definitivo;
- usar el método 3-4-5 en los ángulos principales del prototipo para confirmar perpendicularidad;
- mantener protegidos los puntos de referencia durante la excavación;

- repetir la verificación del replanteo después del zanjeo y antes de continuar con la siguiente actividad.

i) Apoyo grafico

A continuación, se presentan las figuras de apoyo gráfico de la actividad de trazo y replanteo, organizadas en secuencia lógica de acuerdo con el procedimiento técnico de ejecución.

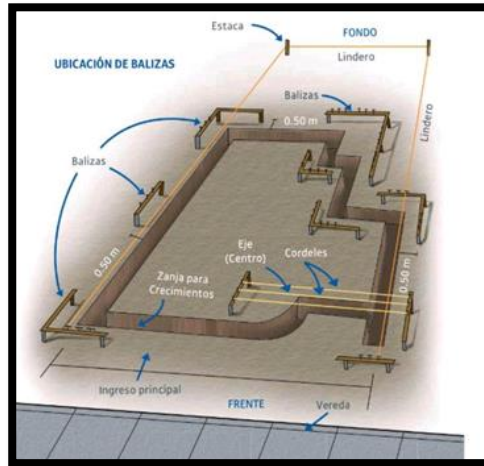
Figura 4. Elementos de una niveleta



Fuente: Propia

La niveleta es un instrumento sencillo y esencial en el trazado de obra, compuesto por dos estacas de madera y una tabla horizontal fijada con clavos. Su función principal es servir como referencia estable para tensar lienzas y definir los ejes de construcción. El esquema muestra sus dimensiones y proporciones, garantizando estabilidad al quedar parcialmente enterrada. Este recurso asegura precisión geométrica en la etapa inicial del proyecto, evitando errores en excavación y cimentación.

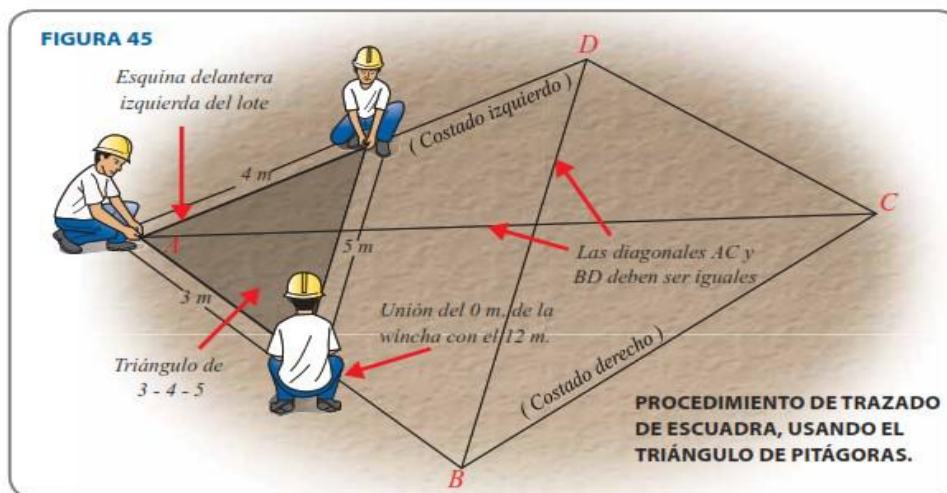
Figura 5. Colocación de niveletas y ejes de replanteo



Fuente: Propia

Croquis técnico de colocación de niveletas y ejes de replanteo en obra. Se observan las balizas, cordeles y referencias principales que delimitan el terreno, indicando el frente, fondo, linderos y la ubicación de la zanja para cimientos.

Figura 6. Aplicación de Pitágoras para escuadra niveleta doble Método 3-4-5



Fuente: Aceros Arequipa, figura 45, Manual del maestro de obra (2020)

Procedimiento de escuadra mediante el triángulo de Pitágoras, asegurando precisión geométrica en la alineación de ejes y esquinas del lote, lo que evita descuadres en cimentación y construcción.

7.2.4. Actividades de cierre para la ejecución del prototipo de vivienda

7.2.4.1. Estructura de cubierta e instalación de lámina de zinc

a) Finalidad

Ejecutar la estructura metálica de cubierta e instalar la lámina de zinc, con el propósito de cerrar superiormente el prototipo y garantizar la protección de la vivienda.

b) Justificación técnica

La cubierta se apoyará sobre el amarre superior mediante una estructura metálica liviana soldada. Esta estará conformada por caja de perlín calibre 16 como elemento principal y perlín o perfil tipo C calibre 18 como clavador. La cubierta se resolverá con lámina de zinc ondulado calibre 26, bajo configuración de una sola agua.

c) Alcance técnico de la actividad

Comprende:

- Revisión del amarre superior.
- Trazado de nivel y pendiente.
- Colocación de caja de perlin.
- Instalación de perlin o perfil tipo C clavador.
- Soldadura de la estructura.
- Colocación y fijación de lámina de zinc.
- Control final de alineación, traslape y estabilidad.

No comprende:

- Cielo raso.
- Canaletas.
- Pintura final.
- Instalaciones eléctricas sobre cubierta.

d) Materiales, herramientas y equipo

Materiales:

- Caja de perlin calibre 16.
- Perlin o perfil tipo C calibre 18.
- Lámina de zinc ondulado calibre 26.
- Tornillos de 2" con cabeza hexagonal y sello.
- Varilla de soldadura E6011 de 3/32".
- Anclajes, platinas o elementos de fijación al amarre superior, según detalle.

Herramientas:

- Cinta métrica, nivel, lienza y escuadra.
- Marcador de obra.
- Martillo y llave.
- Prensa o herramienta de sujeción.
- Equipo de corte para metal, cuando sea necesario.

Equipo:

- Soldador inverter.
- Extensión eléctrica.
- Taladro o atornillador eléctrico.
- Escalera.
- Andamio o plataforma de trabajo.

e) Procedimiento técnico de ejecución

- Revisar el amarre superior, comprobando firmeza, rectitud y nivel.
- Marcar nivel y pendiente de la cubierta.
- Colocar la caja de perlin calibre 16 como estructura principal.
- Instalar el perlin tipo C calibre 18 como clavador, manteniendo separación uniforme.
- Soldar la estructura con varilla E6011 de 3/32" y soldador inverter, asegurando uniones firmes y continuas.
- Revisar la estructura soldada para confirmar alineación y estabilidad.
- Colocar la lámina de zinc ondulado calibre 26 siguiendo la pendiente.
- Ejecutar traslapes laterales y longitudinales, fijando con tornillos de 2" con sello, sin deformar la onda.
- Verificar el cierre final, asegurando estabilidad, alineación y fijación completa.

f) Control técnico de calidad

Se verificará que:

- La caja de perlin esté bien alineada y soldada.
- El perlin clavador quede firme y uniforme.
- La soldadura se ejecute con varilla E6011 de 3/32".
- La lámina corresponda a zinc ondulado calibre 26.
- La fijación se realice con tornillos de 2" con sello.
- Los traslapes sean correctos.

- La cubierta no presente piezas flojas ni deformadas.

g) Errores frecuentes

Se evitará:

- Montar la estructura sobre apoyos desnivelados.
- Ejecutar soldaduras incompletas o débiles.
- Colocar perlines mal alineados o separados.
- Instalar láminas sin traslape adecuado.
- Fijar la lámina con exceso de apriete.
- Dejar puntos vulnerables a filtraciones.

h) Recomendaciones técnicas

- Trazar primero la pendiente antes de soldar.
- Revisar cada unión soldada antes de colocar la lámina.
- Mantener alineados caja de perlin y perlin clavador.
- Fijar la lámina en orden, evitando cortes improvisados.
- No dar por concluida la actividad mientras la cubierta no esté completamente estable y cerrada.

i) Apoyo gráfico

Figura 7. Vivienda cerrada en sus cuatro paredes, lista para recibir la estructura metálica de cubierta.



Prototipo de vivienda en etapa intermedia, con sus cuatro paredes levantadas y los vanos de puertas y ventanas definidos. El amarre superior está concluido, lo que asegura la estabilidad de los muros y deja la estructura lista para recibir la cubierta metálica.

Fuente: Propia

Figura 8. Colocación de estructura metálica con caja de perlin longitudinal y perlines transversales.



Prototipo de vivienda en proceso de construcción, con muros de mampostería levantados y vanos definidos para puertas y ventanas. En la parte superior se observa la disposición de acero de refuerzo, preparada para recibir el colado de la losa o cubierta, asegurando la integración entre la estructura de muros y el sistema de techo

Fuente: Propia

Figura 9. Instalación final de lámina de zinc sobre la estructura metálica, dejando la vivienda protegida



La figura muestra la estructura metálica sobre el amarre superior. La caja de perlin se dispone en sentido longitudinal como elemento principal, mientras los perlines transversales funcionan como clavadores y soporte de la lámina. También muestra la cubierta completa, con la lámina de zinc ya instalada sobre la estructura metálica, dejando el prototipo protegido y listo para su cierre final.

Fuente: propia

7.2.4.2. Relleno interior y compactación

a) Finalidad

- Conformar la base interior del ambiente.
- Dejar el nivel listo para la fundición del piso, garantizando estabilidad y uniformidad.

b) Justificación técnica

El relleno interior se ejecutará con un espesor uniforme de 5 cm, utilizando material selecto. La compactación se realizará con bailarina mecánica, previa evaluación de la humedad del material. Esta actividad es fundamental para evitar asentamientos diferenciales, hundimientos o fallas en el piso terminado, asegurando una base firme y nivelada.

c) Alcance técnico de la actividad

Comprende:

- Limpieza del área interior.
- Colocación del material de relleno.
- Evaluación de humedad del material.
- Humedecimiento controlado, cuando sea necesario.
- Compactación mecánica con bailarina.
- Verificación del nivel final.

No comprende:

- Fundición del concreto del piso.
- Acabado superficial.
- Curado del concreto.

d) Materiales, herramientas y equipo

Materiales:

- Material selecto de relleno (arena o grava fina, libre de materia orgánica).
- Agua limpia para control de humedad.

Herramientas:

- Pala.
- Carretilla.
- Regla metálica.
- Nivel manual o láser.
- Lienza para control de alineación.

Equipo:

- Bailarina compactadora mecánica.

e) Procedimiento técnico de ejecución

- **Limpieza del área interior:** retirar basura, tierra suelta y residuos de obra.
- **Colocación del relleno:** extender el material de forma uniforme en toda el área, manteniendo espesor de 5 cm.
- **Evaluación de humedad:** verificar que el material no esté excesivamente seco ni saturado.
- **Humedecimiento controlado:** aplicar agua moderadamente cuando el material esté seco, evitando saturación o formación de lodo.

- **Compactación mecánica:** ejecutar con bailarina en toda el área, insistiendo en esquinas, bordes y zonas blandas.
- **Verificación final:** comprobar que la superficie compactada quede firme, nivelada y lista para recibir el concreto del piso.

f) Control técnico de calidad

Se verificará que:

- El espesor del relleno sea uniforme de 5 cm.
- La humedad sea adecuada para compactación.
- La compactación se ejecute con bailarina en toda el área.
- La superficie final quede firme y nivelada.
- No existan zonas flojas, hundidas, saturadas o desniveladas.

g) Errores frecuentes

Se debe evitar:

- Colocar relleno sobre superficie sucia o con residuos.
- Dejar espesor irregular.
- Compactar material seco sin control de humedad.
- Compactar material saturado.
- No insistir en bordes y esquinas.
- Dejar zonas blandas antes de fundir el piso.

h) Recomendaciones técnicas

- Extender el relleno de forma uniforme desde el inicio.
- Evaluar la humedad antes de compactar.
- Humedecer solo lo necesario, evitando saturación.
- Compactar toda el área, no únicamente el centro.
- Verificar nivel y firmeza antes de pasar a la fundición del piso.
- No continuar con la siguiente actividad mientras existan zonas flojas o desniveladas.

j) Apoyo gráfico

Figura 10. Área interior limpia y designada.



Interior del ambiente limpio y preparado, libre de residuos y listo para recibir el material de relleno.

Fuente Propia

Figura 11. Colocación de relleno en capas de 5 cm.



Colocación uniforme del material selecto de relleno, controlando un espesor constante de 5 cm en toda el área.

Fuente: Propia

Figura 12. Evaluación de humedad y humedecimiento del relleno, si es necesario.



Aplicación controlada de agua sobre el relleno para ajustar la humedad antes de la compactación.

Fuente Propia

Figura 13. Compactación del relleno con bailarina



Compactación mecánica del relleno con bailarina, asegurando firmeza en bordes, esquinas y zonas blandas.

Fuente: Propia

7.2.5. Revisión final y cierre de ejecución del prototipo

a) Finalidad

- Verificar el cierre general del prototipo.
- Entregar la vivienda lista como producto final de ejecución.

b) Justificación técnica

La actividad final tiene como propósito confirmar que todos los elementos constructivos: muros, cubierta, piso y detalles de cierre, queden terminados y en condiciones óptimas. El prototipo debe presentarse como una unidad completa, funcional, estable y protegida, apta para su uso inmediato.

c) Alcance técnico de la actividad

Comprende:

- Revisión integral del prototipo.
- Corrección de detalles menores visibles.
- Limpieza general interior y exterior.
- Verificación de estabilidad y cierre final.

No comprende:

- Ampliaciones posteriores.
- Modificaciones estructurales.
- Mantenimiento futuro.

d) Materiales, herramientas y equipo

Materiales:

- Insumos menores de resane o ajuste, cuando sean necesarios.

Herramientas:

- Escoba.
- Pala.
- Llana.
- Martillo.
- Cinta métrica.

Equipo:

- Escalera, para revisión de puntos altos.

e) Procedimiento técnico de ejecución

- **Revisión general del prototipo:** comprobar que muros, cubierta y piso estén completos y en buen estado.
- **Corrección de detalles menores:** ajustar rebabas, puntos sueltos, restos de material o pequeñas deficiencias visibles.
- **Limpieza general:** retirar basura, sobrantes y residuos de obra tanto en el interior como en el entorno inmediato.
- **Verificación final:** confirmar que la vivienda quede estable, limpia y lista como resultado final de ejecución.

f) Control técnico de calidad

Se verificará que:

- El prototipo esté completo y sin deficiencias.
- La cubierta quede fija y cerrada.
- El piso presente acabado uniforme y nivelado.
- No existan residuos de obra en el interior.
- La vivienda se entregue como unidad terminada y presentable.

g) Errores frecuentes

Se debe evitar:

- Dejar detalles sin corregir.
- Entregar con residuos de obra.
- Omitir revisión de puntos finales en cubierta o piso.
- Concluir la actividad sin inspección final.

h) Recomendaciones técnicas

- Revisar primero la estructura, luego los acabados y finalmente la limpieza.
- Corregir detalles antes de considerar terminado el prototipo.
- Entregar la vivienda limpia, ordenada y presentable como cierre de ejecución.

j) Apoyo gráfico

Figura 14. Casa concluida



Vista final del prototipo de vivienda concluido, con muros completos, cubierta instalada y piso terminado. La imagen muestra la unidad lista para entrega, estable y presentable como resultado final de ejecución.

Fuente Propia

7.2.6. Mampostería Confinada. Actividad 1

7.2.6.1. Desarrollo aplicado del sistema de mampostería confinada

Levantamiento parcial de muros

a) Finalidad

Ejecutar el levantamiento parcial de los paños de muro de mampostería confinada sobre la viga de fundación, con el fin de definir el arranque del muro, la modulación de los bloques, las juntas de mortero y los espacios reservados para columnas de confinamiento, puertas y ventanas.

b) Justificación técnica

El sistema de mampostería confinada integra muros de bloque con columnas y vigas de concreto reforzado, garantizando estabilidad estructural. Por ello, el arranque del muro no debe ejecutarse de forma continua y cerrada, sino dejando definidos desde el inicio los espacios para elementos de confinamiento y vanos.

La primera hilada debe colocarse sobre una base limpia, nivelada y ligeramente humedecida. Las juntas de mortero deben mantenerse uniformes y las hiladas ejecutarse en forma escalonada (cuatrapeo), evitando que las juntas verticales coincidan entre hiladas consecutivas, lo que asegura mejor amarre y distribución de esfuerzos.

c) Alcance técnico de la actividad

Comprende:

- Revisión de la viga de fundación.
- Replanteo del eje del muro.
- Presentación en seco de la primera hilada.
- Preparación del mortero de pega.
- Colocación de la primera hilada.
- Levantamiento parcial del paño.
- Control de juntas, escalonamiento, nivel y plomo.
- Reserva de espacios para columnas, puertas y ventanas.

No comprende:

- Armado y colado de columnas.
- Ejecución de vigas de amarre.
- Ejecución de viga corona.
- Repellos o acabados.

d) Materiales, herramientas y equipo

Materiales:

- Bloque de concreto de 15 cm, resistencia mínima 55 kg/cm².
- Mortero de pega con resistencia mínima de 120 kg/cm² a los 28 días, proporción 1:7.
- Cemento Portland ASTM C150.
- Arena ASTM C33.

- Agua limpia.
- Lienza para alineación.

Herramientas:

- Cuchara de albañil.
- Marco para mezcla.
- Cinta métrica.
- Nivel de mano y nivel láser.
- Plomada y escuadra.
- Pala, cubetas y carretilla.
- Cepillo de limpieza.

Equipo:

- Trompo o mezcladora para mortero.
- Banco de trabajo o andamio menor, cuando se requiera.

e) Procedimiento técnico de ejecución

- **Revisión de la base de apoyo:** comprobar que la viga de fundación esté limpia, nivelada y ligeramente humedecida.
- **Replanteo del eje del muro:** marcar ubicación exacta del paño, definiendo extremos, encuentros y vanos.
- **Presentación en seco de la primera hilada:** colocar bloques sin mortero para verificar modulación y cortes necesarios.
- **Preparación del mortero de pega:** elaborar mezcla 1:7 con consistencia uniforme y trabajabilidad adecuada.
- **Colocación de la primera hilada:** extender cama de mortero y asentar bloques controlando nivel y alineación.
- **Ejecución de juntas:** aplicar mortero en juntas horizontales y verticales, asegurando continuidad y uniformidad.
- **Levantamiento parcial escalonado:** colocar hiladas sucesivas en cuatrapeo, evitando coincidencia de juntas verticales.
- **Control de nivel y plomo:** revisar continuamente con nivel láser, lienza y plomada, corrigiendo desviaciones antes del fraguado.

- **Reserva de espacios:** dejar definidos los espacios para columnas, puertas y ventanas.
- **Limpieza del paño ejecutado:** retirar exceso de mortero antes de que endurezca.

f) Control técnico de calidad

Se verificará que:

- La base esté limpia y nivelada.
- La primera hilada quede correctamente alineada.
- Los bloques cumplan la resistencia especificada.
- El mortero corresponda a la dosificación adoptada.
- Las juntas sean uniformes y completas.
- El muro conserve el escalonamiento de juntas.
- El paño mantenga plomo y nivel.
- Los espacios para columnas y vanos estén definidos.

g) Errores frecuentes

Se debe evitar:

- Arrancar sobre base sucia o desnivelada.
- Colocar bloques sin presentación previa.
- Usar mortero demasiado seco o aguado.
- Dejar juntas irregulares o incompletas.
- Hacer coincidir juntas verticales entre hiladas.
- Cerrar espacios reservados para columnas o vanos.
- Continuar sin revisar nivel y plomo.

h) Recomendaciones técnicas

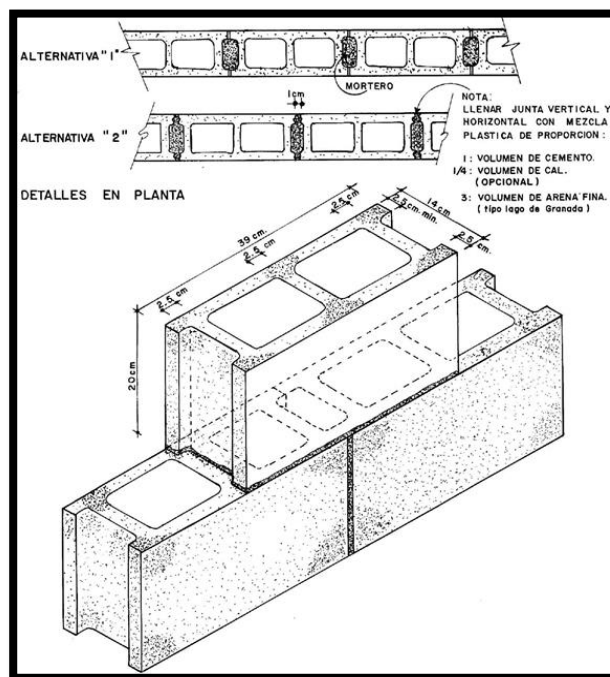
- Controlar con rigor la primera hilada, ya que cualquier error inicial se transmite al resto.
- Mantener uniforme la dosificación y consistencia del mortero durante toda la jornada.
- No usar juntas gruesas como método de corrección geométrica.
- Conservar el escalonamiento en todo el paño.
- Usar lienza, plomada y nivel láser en cada tramo.
- Limpiar el mortero sobrante antes del fraguado.

- No continuar a la siguiente actividad mientras el paño no esté alineado y modulado.

i) Apoyo gráfico

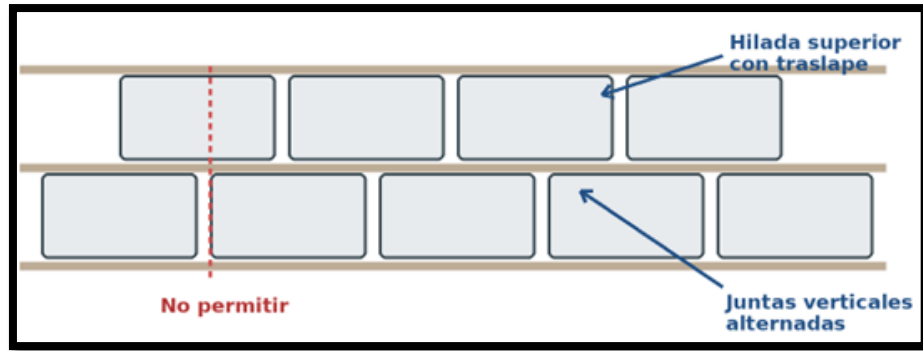
Figura 15. Bloque común de dos huecos

Detalle técnico de albañilería en muros de bloques de concreto, mostrando distintas alternativas de enlazamiento y encuentros. Se presentan dos variantes constructivas, denominadas “Alternativa A” y “Alternativa B”, acompañadas de detalles en planta y un mostrero que ilustran la disposición de los bloques y las juntas de mortero. El esquema incluye medidas específicas y notas sobre el volumen de cemento y el tipo de arena a emplear, lo que orienta la correcta ejecución de las uniones.



Fuente: Cartilla de Construcción, Ministerio de Construcción y Transporte, 1997.

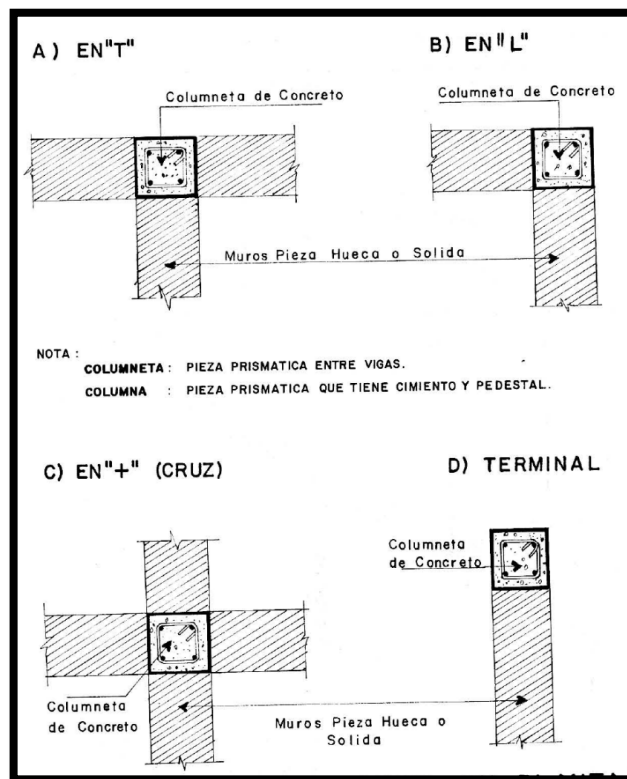
Figura 16. Escalonamiento o cuatrapeo del bloque



Fuente: Cartilla de Construcción, Ministerio de Construcción y Transporte, 1997.

Escalonamiento o cuatrapeo del bloque, con hiladas desfasadas para asegurar mejor amarre y distribución de esfuerzos.

Figura 17. Uniones en planta para muros confinados.

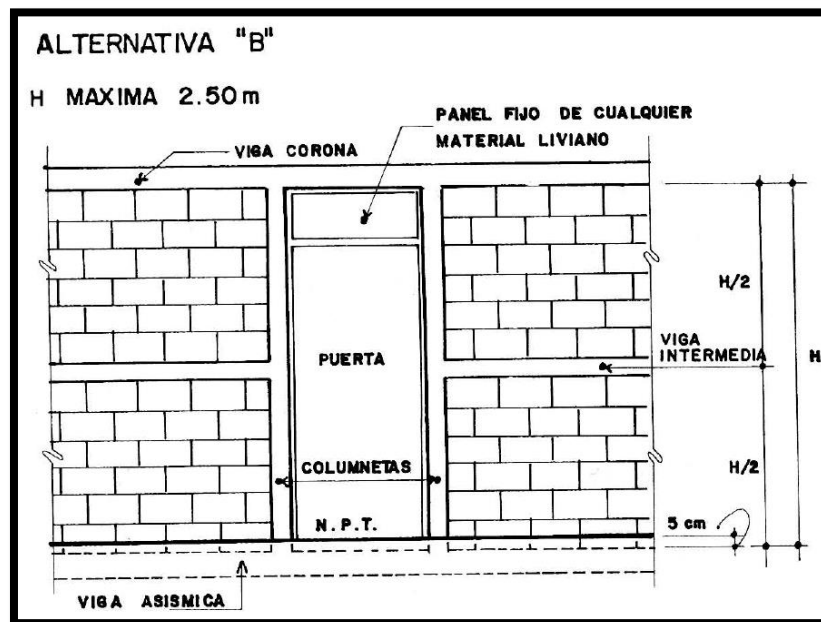
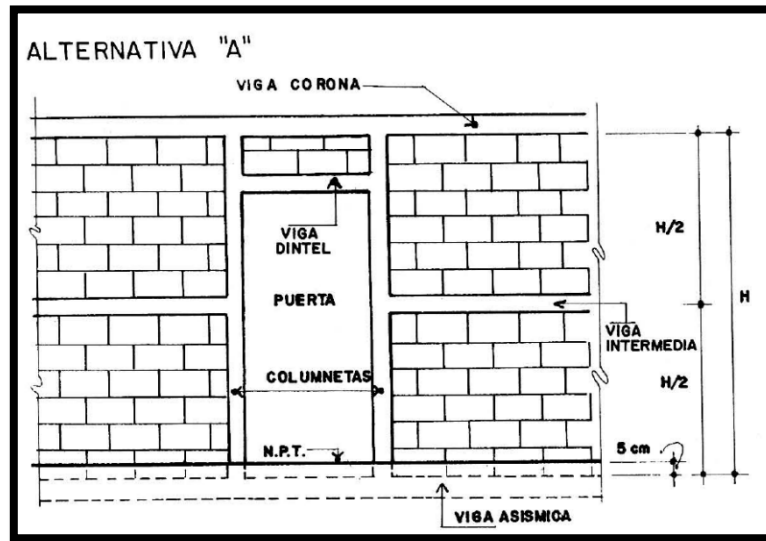


Fuente: Cartilla de Construcción, Ministerio de Construcción y Transporte, 1997.

Uniones en planta para muros confinados en T, L, cruz y terminal, útiles para replanteo correcto de paños y ubicación de elementos de confinamiento.

Figura 18. Detalle de armado en puertas

Reserva de espacios para puertas y organización del paño, mostrando vanos definidos desde el levantamiento parcial del muro.



Fuente: Cartilla de Construcción, Ministerio de Construcción y Transporte, 1997.

7.2.7. Armado, formaleta y colado de columnas de confinamiento

a) Finalidad

Ejecutar las columnas de confinamiento mediante el armado del acero, colocación de formaleta y colado del concreto, a fin de amarrar las hiladas de mampostería al sistema estructural y garantizar continuidad, rigidez y estabilidad en los muros.

b) Justificación técnica

Las columnas de confinamiento se deberán ejecutar como elemento obligatorio del sistema de mampostería confinada, debido a que son las encargadas de amarrar y limitar las hiladas de bloque dentro del sistema resistente. Estos elementos deberán ubicarse en intersecciones de muros, extremos libres, bordes del muro y alrededor de puertas y ventanas; además, la separación máxima entre ejes de columnas y vigas de amarre no deberá exceder 2.50 m.

Para mampostería estructural, se deberá considerar bloque con resistencia mínima a compresión de 55 kg/cm², acero ASTM A615 Grado 40 y que los traslapes, uniones y anclajes del refuerzo se ejecuten conforme a las normas de concreto reforzado.

Como criterio práctico de obra, se adoptará columna de 0.20 m × 0.20 m, con 4 varillas #3 como acero longitudinal y estribo #2 como refuerzo transversal. En las uniones con vigas, se reforzará el confinamiento mediante 5 estribos @ 5 cm en cada extremo y el resto @ 10 cm en la zona central. Por tanto, el refuerzo no deberá colocarse de forma empírica, sino respetando sección, anclaje, traslape, recubrimiento y confinamiento en nudos.

c) Alcance técnico de la actividad La presente actividad comprende:

- ubicación de columnas de confinamiento;
- revisión de arranques y anclajes;
- corte y doblado del acero;
- armado del refuerzo vertical;
- colocación de estribos;
- amarre del refuerzo;
- aplome del armado;
- colocación de formaleta;
- colado del concreto;

- compactación;
- curado inicial.

No comprende:

- levantamiento completo del muro;
- ejecución de viga corona;
- repellos;
- acabados finales.

d) Materiales, herramientas y equipo

Materiales

- cemento Pórtland Tipo I, conforme a ASTM C150/C150M;
- arena limpia, conforme a ASTM C33/C33M, libre de materia orgánica, sales, arcillas y sustancias perjudiciales;
- grava o agregado grueso limpio, conforme a ASTM C33/C33M;
- agua limpia, libre de aceites, álcalis, materia orgánica y sustancias nocivas;
- acero longitudinal corrugado #3, conforme a ASTM A615 Grado 40, para el refuerzo principal de la columna;
- acero corrugado #2 para estribos, conforme a ASTM A615 Grado 40, para el confinamiento transversal de la columna;
- alambre recocido calibre #18, para amarres del refuerzo;
- tabla de madera para formaleta de 1" × 8" × 6 varas, para el encofrado lateral de la columna;
- cuartones o tacos de madera, para rigidización y cierre de formaleta;
- clavos de acero de 2 1/2", para fijación de formaleta;
- concreto estructural de 3000 psi, dosificación 1:2:3.

Herramientas

- cuchara de albañil;
- martillo;

- cinta métrica;
- escuadra;
- tenaza;
- cizalla;
- dobladora manual;
- plomada;
- lienza;
- nivel manual;
- nivel láser;
- pala;
- cubetas;
- carretilla.

Equipo

- trompo o mezcladora;
- vibrador de concreto o varilla lisa de compactación;
- banco de habilitado de acero.

e) Procedimiento técnico de ejecución

- Ubicar la columna de confinamiento. Se deberá marcar la posición exacta de la columna en intersecciones de muros, extremos libres, bordes del muro y alrededor de puertas y ventanas. La distancia máxima entre ejes no deberá ser mayor de 2.50 m.
- Revisar arranques y anclajes. Se deberá comprobar que el acero de arranque salga correctamente desde la viga asísmica, fundación o elemento inferior, limpio, alineado y con longitud suficiente para empalme o continuidad.
- Cortar el acero principal. Se colocarán 4 varillas #3 como acero longitudinal para la columna de 0.20 m × 0.20 m. El corte se hará según altura útil, longitud de anclaje y traslape requerido.
- Doblar anclajes y traslapes. Se deberán doblar las puntas del acero según el detalle estructural adoptado. Cuando exista unión con vigas, los dobleces, bayonetas y traslapes deberán respetar la longitud de anclaje y continuidad requerida.

- Fabricar los estribos. Se colocará estribo de varilla #2, doblado conforme a la sección adoptada de la columna y al recubrimiento requerido.
- Colocar los estribos en la jaula. Se deberá armar la columna con 5 estribos #2 @ 5 cm en el extremo inferior, 5 estribos #2 @ 5 cm en el extremo superior y el resto de los estribos #2 @ 10 cm en la zona central.
- Amarrar el acero. Se deberá amarrar cada intersección con alambre recocido calibre #18, asegurando rigidez suficiente para que la jaula no se abra ni se desplace durante el colado.
- Colocar y fijar la columna en su sitio. La jaula armada se colocará en su posición definitiva y se amarrará al acero de arranque o al refuerzo de la viga correspondiente.
- Verificar plomo, eje y recubrimiento. Se deberá revisar con plomada, nivel y lienza que la columna quede a plomo, centrada y con recubrimiento uniforme antes de cerrar la formaleta.
- Colocar la formaleta. La formaleta se ejecutará con tabla de 1" × 8" × 6 varas, ajustada y rigidizada con tacos o refuerzos laterales. Se deberá cerrar totalmente la sección para evitar fuga de lechada y pérdida de geometría.
- Clavar y asegurar la formaleta. La formaleta deberá fijarse con clavos de acero de 2 1/2", dejando la pieza firme, aplomada y sin juego.
- Humedecer la formaleta antes del colado. Se deberán mojar las caras interiores de la formaleta antes del vaciado del concreto para reducir absorción de agua y mejorar el acabado del elemento.
- Preparar el concreto estructural. Se deberá preparar concreto estructural de 3000 psi, con dosificación 1:2:3, utilizando cemento, arena, grava y agua limpia, en trompo o mezcladora, con mezcla uniforme y sin exceso de agua.
- Colar la columna. El concreto se vaciará dentro de la formaleta de forma continua, sin interrupciones innecesarias y evitando segregación.
- Compactar el concreto. Se deberá compactar el concreto con vibrador o con varilla metálica, introduciéndola ordenadamente para eliminar vacíos y burbujas.
- Nivelar y revisar la columna colada. Se deberá revisar inmediatamente después del colado que la formaleta no se haya abierto, que el acero no haya perdido posición y que la columna mantenga plomo, sección y continuidad.
- Curar la columna. Se deberá iniciar el curado una vez comience el fraguado, manteniendo humedad suficiente para evitar secado brusco y fisuración temprana.

f) Control técnico de calidad Se deberá verificar que:

- la columna esté ubicada donde corresponde según el sistema de confinamiento;
- la sección adoptada sea la definida en planos;
- el acero longitudinal sea 4#3;
- el estribo sea #2;
- los estribos extremos queden 5 @ 5 cm y el resto @ 10 cm;
- el acero esté limpio y bien amarrado;
- los anclajes y traslapes estén completos;
- la formaleta quede cerrada, alineada y aplomada;
- el concreto sea de 3000 psi;
- no existan nidos, huecos ni acero expuesto.

g) Errores frecuentes Se deberá evitar

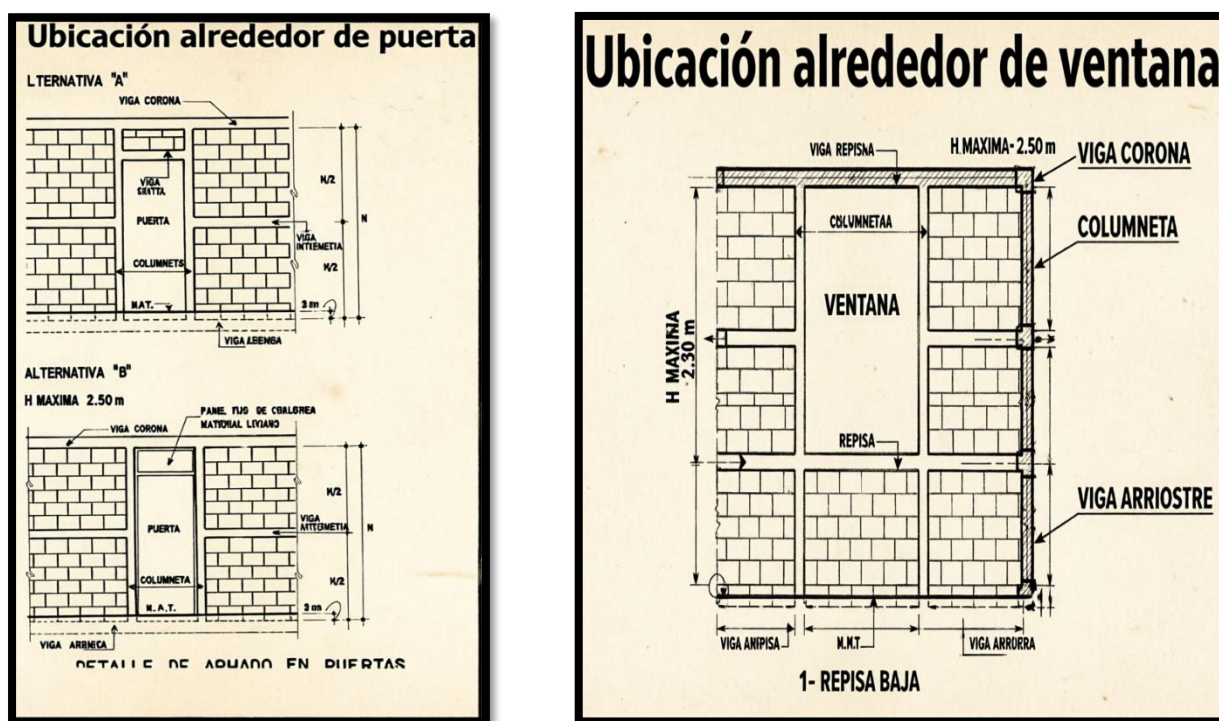
- colocar la columna fuera del eje del muro;
- usar separación uniforme de estribos en toda la altura, ignorando el refuerzo en extremos;
- amarrar mal la jaula;
- colar con formaleta floja;
- usar agua en exceso en la mezcla;
- no compactar;
- dejar traslapes incompletos;
- colar sin revisar el plomo;
- continuar con hiladas superiores sin verificar la columna ejecutada.

h) Recomendaciones técnicas Se recomienda

- no autorizar el colado mientras no se revise el espaciamiento real de estribos;
- revisar primero el extremo inferior y superior de cada columna, porque allí se concentra el confinamiento;
- no permitir que el acero toque directamente la formaleta ni la mampostería;

- usar la misma lógica de anclaje en todas las uniones columna-viga para no romper continuidad estructural;
- dejar el procedimiento repetitivo resuelto con un solo criterio fijo de obra: 4 varillas #3 + estribo varilla #2 + 5 estribos @5 cm en extremos + resto @10 cm, salvo que el plano estructural indique otra disposición;
- reutilizar formaleta solo si conserva rigidez, escuadra y cierre adecuado.

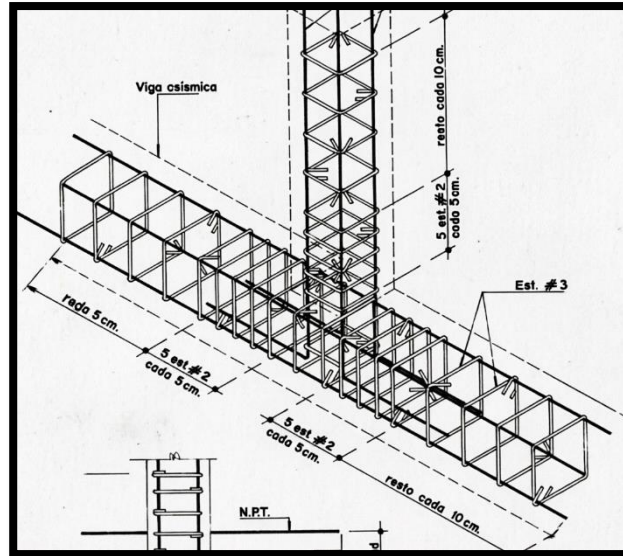
Figura 19. Detalles de armado en mampostería confinada alrededor de puertas y ventanas



Fuente: Propia

La figura ilustra, mediante un plano esquemático de distribución de muros, los puntos obligatorios donde deben colocarse las columnas de confinamiento dentro de un sistema de mampostería confinada. Se identifican claramente las intersecciones de muros, los extremos libres, los bordes de cada paño y los vanos correspondientes a puertas y ventanas. La separación máxima entre ejes de columnas no debe exceder los 2.50 m, tal como se indica en la figura mediante cotas de referencia.

Figura 20. Armado del acero principal de la columna con 4#3.



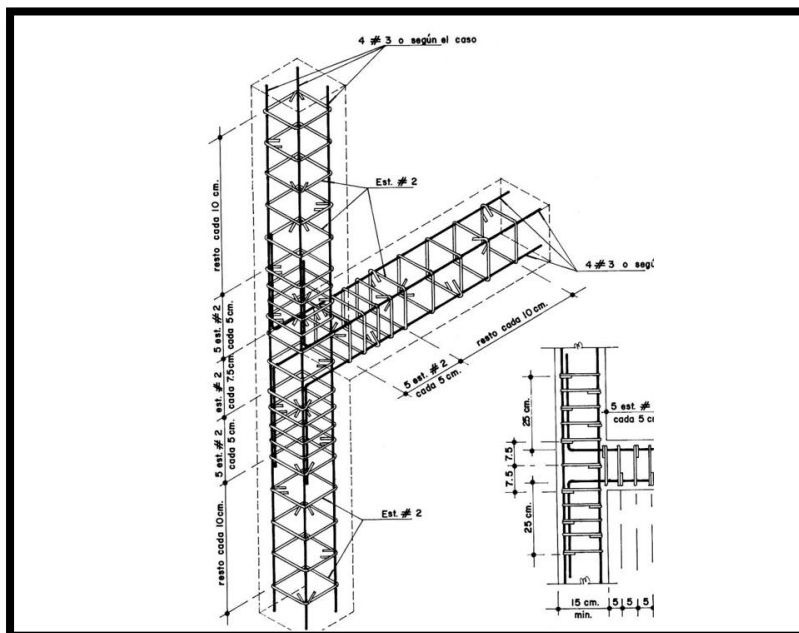
Fuente: Propia

Esta figura refuerzo

muestra el armado del longitudinal de una

columna de confinamiento de sección $0.20 \text{ m} \times 0.20 \text{ m}$, compuesto por 4 varillas #3 dispuestas verticalmente en las cuatro esquinas de la sección transversal. Se observa la correcta separación entre varillas, el recubrimiento indicado y la preparación de la jaula antes de colocar los estribos, manteniendo el eje central del elemento estructural.

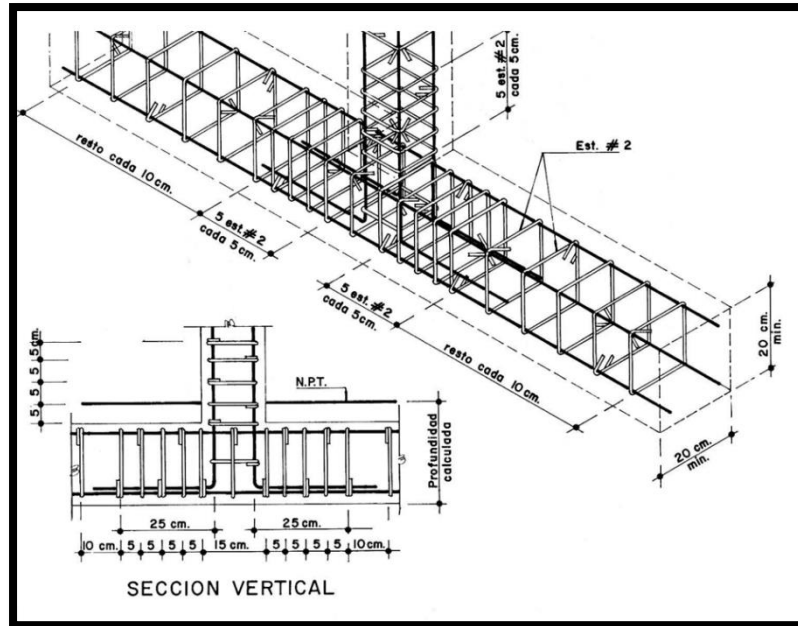
Figura 21. Colocación de estribo #2 y detalle de espaciamiento: 5@5 cm en extremos y resto @10 cm.



Fuente: Propia

La figura presenta el refuerzo transversal mediante estribos #2, destacando el espaciamiento variable a lo largo de la columna. En los extremos inferior y superior se disponen 5 estribos con separación de 5 cm, mientras que en la zona central el espaciamiento es de 10 cm. Este escalonamiento mejora el confinamiento en los nudos y en las zonas críticas cercanas a vigas o cimientos.

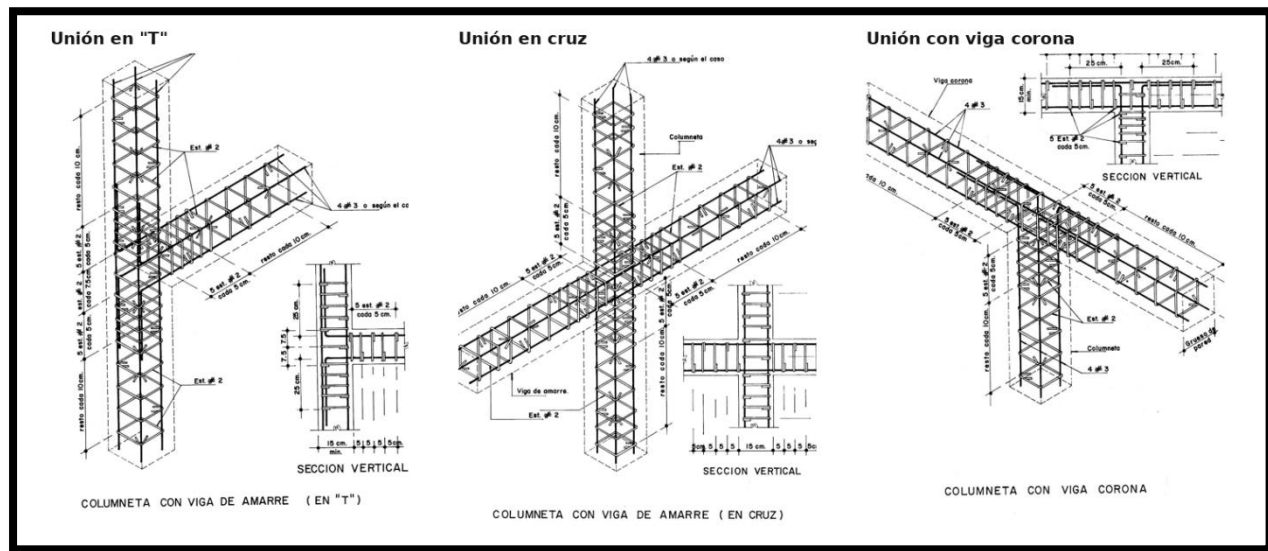
Figura 22. Detalle de anclaje de columna con viga asísmica o fundación



Fuente: Propia

En esta figura se representa la unión entre la columna de confinamiento y el elemento estructural inferior, ya sea una viga asísmica o una fundación. Se observa cómo el acero longitudinal de la columna (esperas) se empotra dentro del elemento inferior, respetando la longitud de anclaje y el recubrimiento, garantizando la continuidad estructural y la transferencia de cargas.

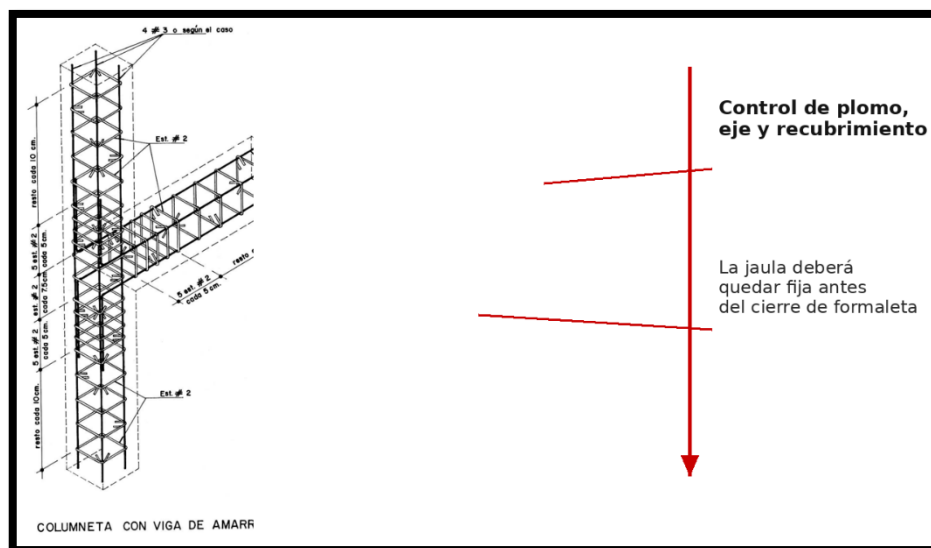
Figura 23. Detalle de traslape y unión columna-viga



Fuente: Propia

La figura ilustra la unión entre la columna de confinamiento y la viga de amarre o viga corona superior. Se muestra el traslape del acero longitudinal de la columna con el refuerzo de la viga, incluyendo los dobleces y la longitud de traslape necesaria para que ambos elementos trabajen como un solo conjunto estructural. También se aprecian los estribos de confinamiento en la zona de unión.

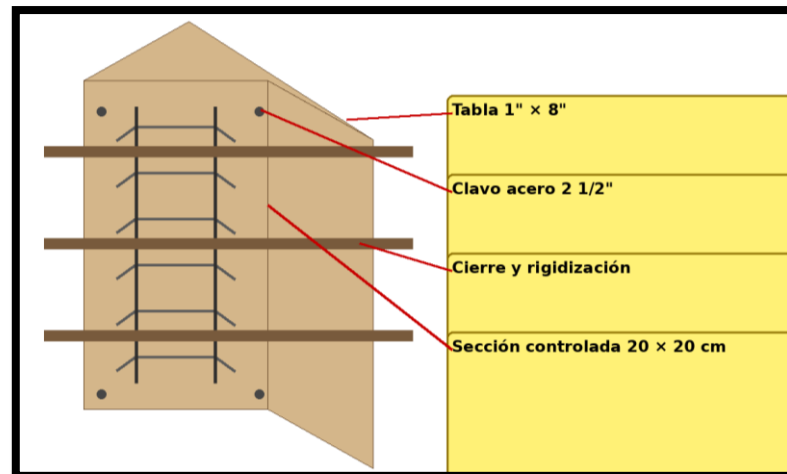
Figura 24. Aplome y fijación de la jaula antes del encofrado



Fuente: Propia

La figura muestra la jaula de acero completamente armada, fijada en su posición definitiva y verificada con plomada, nivel y lienza. Se observa que la jaula se encuentra centrada respecto al eje del muro, perfectamente vertical (aplomada) y con recubrimiento uniforme en todos sus lados, antes de proceder al cierre con formaleta.

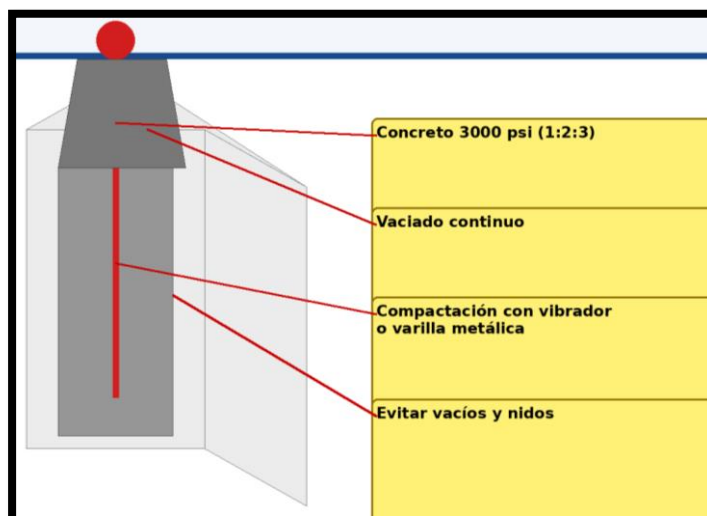
Figura 25. Colocación de formaleta con tabla de 1" × 8" × 6 varas y clavos de acero de 2 1/2".



Fuente: Propia

Esta figura representa el encofrado de la columna utilizando tablas de madera de 1" de espesor por 8" de ancho y 6 varas de largo. Se aprecia cómo las tablas se ajustan alrededor de la jaula, se rigidizan con tacos laterales y se fijan con clavos de acero de 2 1/2", logrando una formaleta firme, aplomada y con cierre hermético para evitar fugas de lechada durante el colado.

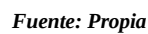
Figura 26. Colado y compactación del concreto de 3000 psi.



Fuente: Propia

La figura ilustra el vaciado del concreto estructural de 3000 psi (dosificación 1:2:3) dentro de la formaleta de la columna. Se muestra el proceso de compactación mediante vibrador o varilla

Figura 27. Vista final de columna de confinamiento ejecutada y lista para continuar con el sistema.



7.2.8. Relleno estructural de celda

El relleno estructural de celdas tiene como objetivo **convertir el muro de mampostería reforzada en un sistema monolítico**, integrando bloque, acero y concreto en un solo elemento resistente. Esta integración asegura mayor capacidad portante, estabilidad frente a cargas laterales y continuidad estructural para recibir la viga corona y otros elementos superiores.

El procedimiento se ejecuta con concreto estructural de 3000 psi, dosificado en proporción 1:2:3 (cemento: arena, grava). El vaciado se realiza únicamente en las celdas que contienen refuerzo vertical, después de verificar:

- Limpieza interior de cada celda.
- Correcto aplome y posición del acero.
- Continuidad del sistema constructivo.

Este relleno garantiza que el refuerzo quede confinado y que el muro funcione como un elemento integral, evitando discontinuidades que puedan comprometer su desempeño estructural frente a cargas sísmicas o de compresión.

c) Alcance técnico de la actividad

Incluye:

- Revisión previa del muro reforzado.
- Limpieza y habilitación de celdas.
- Preparación del concreto estructural.
- Vaciado del relleno en celdas reforzadas.
- Vibrado o compactación del concreto.
- Control de llenado.
- Curado inicial.

No incluye:

- Levantado adicional del muro.
- Colado de viga corona.
- Repellos o acabados superficiales.

d) Materiales, herramientas y equipo

Materiales:

- Concreto estructural de 3000 psi (relación 1:2:3).
- Cemento Portland Tipo I (ASTM C150/C150M).
- Arena limpia (ASTM C33/C33M).
- Grava limpia (ASTM C33/C33M).
- Agua libre de impurezas.
- Refuerzo vertical #3 (ASTM A615 Grado 40).
- Bloque de concreto de 15 cm previamente levantado.

Herramientas:

- Cubetas, pala, cuchara de albañil.
- Varilla metálica lisa para acomodado manual.
- Embudo o recipiente para vaciado controlado.
- Cepillo para limpieza de celdas.

Equipo:

- Trompo o mezcladora.
- Vibrador eléctrico de aguja o equipo equivalente.
- Andamio o plataforma de trabajo, según altura.

e) Procedimiento técnico de ejecución

- **Revisión del muro:** comprobar aplome, juntas completas y refuerzo vertical firme.
- **Limpieza de celdas:** retirar mortero caído, polvo o fragmentos de bloque.
- **Verificación del acero:** asegurar que la varilla #3 esté centrada, limpia y amarrada, con recubrimiento mínimo de 1 cm.
- **Preparación del concreto:** elaborar mezcla homogénea de 3000 psi, evitando exceso de agua.
- **Vaciado del concreto:** colocar mezcla de forma continua y controlada en cada celda reforzada.
- **Vibrado o consolidación:** usar vibrador eléctrico de aguja para eliminar vacíos; complementar con varilla lisa en zonas de difícil acceso.
- **Verificación del llenado:** comprobar que no existan bolsas de aire ni pérdida de material.
- **Limpieza del muro:** retirar derrames antes del endurecimiento.
- **Curado inicial:** iniciar curado tras el fraguado, evitando secado brusco.

f) Control técnico de calidad

Se debe garantizar que:

- El relleno se coloque solo en celdas reforzadas y limpias.
- El concreto cumpla resistencia de 3000 psi y dosificación 1:2:3.
- El acero vertical permanezca centrado y limpio.
- Las celdas queden completamente llenas y consolidadas.
- No existan huecos, segregación ni derrames que afecten el muro.
- El elemento quede listo para la ejecución de la viga corona.

g) Errores frecuentes

Se debe evitar:

- Rellenar celdas obstruidas.
- Usar mezcla demasiado seca o aguada.
- Desplazar el refuerzo durante el vaciado.
- Dejar celdas incompletas.
- No vibrar o vibrar en exceso.
- Permitir derrames sobre el muro.
- Continuar con la siguiente actividad sin verificar llenado y curado.

h) Recomendaciones técnicas

- Revisar cada celda antes del vaciado.
- Preparar únicamente la mezcla que se colocará de inmediato.
- Vibrar con equipo eléctrico adecuado, evitando dañar el bloque o mover el acero.
- Complementar con varilla lisa en accesos limitados.
- Limpiar la cara del muro durante el vaciado.
- No avanzar a la viga corona mientras existan celdas mal rellenas o sin curado inicial.

i) Apoyo gráfico

Figura 28. Relleno estructural de celdas



Fuente: Propia

La figura representa el relleno estructural de celdas mediante bombeo controlado de concreto. Se observa cómo el concreto fluye directamente dentro de las celdas reforzadas, rodeando el refuerzo

vertical sin desplazarlo. El esquema enfatiza la importancia de un vaciado continuo y controlado, asegurando que el bloque quede completamente lleno y consolidado. Además, se destaca la correcta posición del acero y la necesidad de evitar derrames sobre la superficie del muro.

7.2.9. Relleno estructural de celdas

a) Finalidad

El relleno estructural de celdas tiene como propósito integrar en un solo elemento resistente el bloque de concreto, el refuerzo vertical y el concreto estructural. De esta manera, se garantiza la continuidad del sistema de mampostería reforzada y se incrementa la capacidad portante y la estabilidad del muro frente a cargas verticales y horizontales.

b) Justificación técnica

El procedimiento se realiza con concreto estructural de 3000 psi, dosificado en proporción 1:2:3 (cemento, arena, grava). Este concreto se coloca únicamente en las celdas que contienen refuerzo vertical, después de verificar:

- La limpieza interior de cada celda.
- El aplome y la correcta posición del acero.
- La continuidad del sistema constructivo.

El relleno asegura que el refuerzo quede confinado y que el muro funcione como un elemento monolítico, evitando discontinuidades que comprometan su desempeño estructural.

c) Alcance técnico de la actividad

Incluye:

- Revisión previa del muro reforzado.
- Limpieza y habilitación de celdas.
- Preparación del concreto estructural.
- Vaciado del relleno en celdas reforzadas.
- Vibrado o compactación del concreto.
- Control de llenado.
- Curado inicial.

No incluye:

- Levantado adicional del muro.
- Colado de viga corona.

- Repellos o acabados superficiales.

d) Materiales, herramientas y equipo

Materiales:

- Concreto estructural de 3000 psi (relación 1:2:3).
- Cemento Portland Tipo I (ASTM C150/C150M).
- Arena limpia (ASTM C33/C33M).
- Grava o agregado grueso limpio (ASTM C33/C33M).
- Agua limpia, libre de impurezas.
- Refuerzo vertical #3 (ASTM A615 Grado 40).
- Bloque de concreto de 15 cm previamente levantado.

Herramientas:

- Cubetas, pala, cuchara de albañil.
- Varilla metálica lisa para acomodado manual.
- Embudo o recipiente para vaciado controlado.
- Cepillo para limpieza de celdas.

Equipo:

- Trompo o mezcladora.
- Vibrador eléctrico de aguja o equipo equivalente.
- Andamio o plataforma de trabajo, según altura.

e) Procedimiento técnico de ejecución

- **Revisión del muro:** comprobar aplome, juntas completas y refuerzo vertical firme.
- **Limpieza de celdas:** retirar mortero caído, polvo o fragmentos de bloque.
- **Verificación del acero:** asegurar que la varilla #3 esté centrada, limpia y amarrada, con recubrimiento mínimo de 1 cm.
- **Preparación del concreto:** elaborar mezcla homogénea de 3000 psi, evitando exceso de agua.
- **Vaciado del concreto:** colocar mezcla de forma continua y controlada en cada celda reforzada.

- **Vibrado o consolidación:** usar vibrador eléctrico de aguja para eliminar vacíos; complementar con varilla lisa en zonas de difícil acceso.
- **Verificación del llenado:** comprobar que no existan bolsas de aire ni pérdida de material.
- **Limpieza del muro:** retirar derrames antes del endurecimiento.
- **Curado inicial:** iniciar curado tras el fraguado, evitando secado brusco.

f) Control técnico de calidad

Se debe garantizar que:

- El relleno se coloque solo en celdas reforzadas y limpias.
- El concreto cumpla resistencia de 3000 psi y dosificación 1:2:3.
- El acero vertical permanezca centrado y limpio.
- Las celdas queden completamente llenas y consolidadas.
- No existan huecos, segregación ni derrames que afecten el muro.
- El elemento quede listo para la ejecución de la viga corona.

g) Errores frecuentes

Se debe evitar:

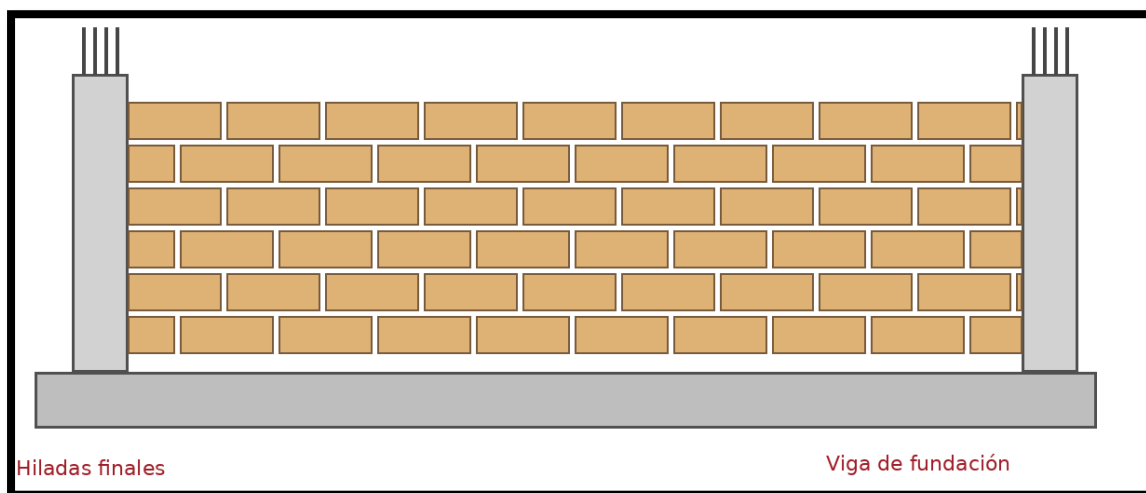
- Rellenar celdas obstruidas.
- Usar mezcla demasiado seca o aguada.
- Desplazar el refuerzo durante el vaciado.
- Dejar celdas incompletas.
- No vibrar o vibrar en exceso.
- Permitir derrames sobre el muro.
- Continuar con la siguiente actividad sin verificar llenado y curado.

h) Recomendaciones técnicas

- Revisar cada celda antes del vaciado.
- Preparar únicamente la mezcla que se colocará de inmediato.
- Vibrar con equipo eléctrico adecuado, evitando dañar el bloque o mover el acero.
- Complementar con varilla lisa en accesos limitados.

- Limpiar la cara del muro durante el vaciado.
- No avanzar a la viga corona mientras existan celdas mal rellenas o sin curado inicial.

Figura 29. Croquis 2D del muro terminado en espera de viga corona.



Fuente; Propia

7.2.10. Ejecución de amarre superior del muro reforzado

a) Finalidad

El amarre superior tiene como finalidad **cerrar estructuralmente la parte alta del muro de mampostería reforzada**, integrando horizontalmente el sistema y garantizando continuidad en la transmisión de cargas. Este elemento constituye la transición entre el muro y la estructura de techo, asegurando estabilidad y resistencia frente a esfuerzos sísmicos y de compresión.

b) Justificación técnica

La cartilla de mampostería reforzada y el Reglamento Nacional de Construcción (RNC) establecen que el refuerzo horizontal debe disponerse en la parte superior de la pared. Por ello, el amarre superior se ejecuta como un **elemento continuo de cierre estructural**, conformado por bloque-viga, acero horizontal y relleno de concreto.

Este procedimiento asegura que el muro funcione como un sistema integral, evitando fisuras en la coronación y proporcionando una base sólida para la estructura de techo.

c) Alcance técnico de la actividad

Incluye:

- Revisión superior del muro reforzado.
- Colocación del bloque-viga o unidad de amarre.
- Instalación del acero horizontal.
- Amarre del acero con alambre recocido.
- Preparación y vaciado del concreto.
- Vibrado o consolidación.
- Curado inicial.

No incluye:

- Ejecución de la estructura de techo.
- Repellos.
- Acabados finales.

d) Materiales, herramientas y equipo

Materiales:

- Bloque-viga o unidad de amarre superior.
- Varilla corrugada #3 (ASTM A615 Grado 40).
- Alambre recocido calibre #18.
- Concreto estructural de 3000 psi (relación 1:2:3).
- Cemento Portland Tipo I (ASTM C150/C150M).
- Arena limpia (ASTM C33/C33M).
- Grava limpia (ASTM C33/C33M).
- Agua limpia.

Herramientas:

- Cuchara de albañil, martillo, tenaza.
- Cinta métrica, lienza, plomada, nivel.
- Cubetas, pala.

Equipo:

- Trompo o mezcladora.
- Vibrador eléctrico de concreto o equipo equivalente.
- Andamio o plataforma de trabajo, según altura.

e) Procedimiento técnico de ejecución

- **Revisión del muro:** comprobar que esté terminado, alineado, limpio y nivelado.

- **Colocación de la unidad de amarre:** instalar bloque-viga en la coronación del muro.
- **Colocación del acero horizontal:** disponer varilla #3 continua en todo el tramo superior.
- **Amarre del acero:** fijar con alambre recocido calibre #18 para garantizar estabilidad.
- **Preparación del concreto:** elaborar mezcla homogénea de 3000 psi, evitando exceso de agua.
- **Vaciado del concreto:** colocar de forma continua dentro del bloque-viga, evitando vacíos.
- **Vibrado o consolidación:** usar vibrador eléctrico para asegurar llenado completo.
- **Curado inicial:** iniciar después del fraguado, evitando secado brusco.

f) Control técnico de calidad

Se debe verificar que:

- El amarre superior sea continuo en toda la coronación.
- El acero horizontal corresponda a varilla #3 ASTM A615 Grado 40.
- Los amarres se ejecuten con alambre recocido calibre #18.
- El concreto cumpla resistencia de 3000 psi y dosificación 1:2:3.
- No existan vacíos, segregación ni acero expuesto.
- El elemento quede listo para recibir la estructura de techo.

g) Errores frecuentes

Se debe evitar:

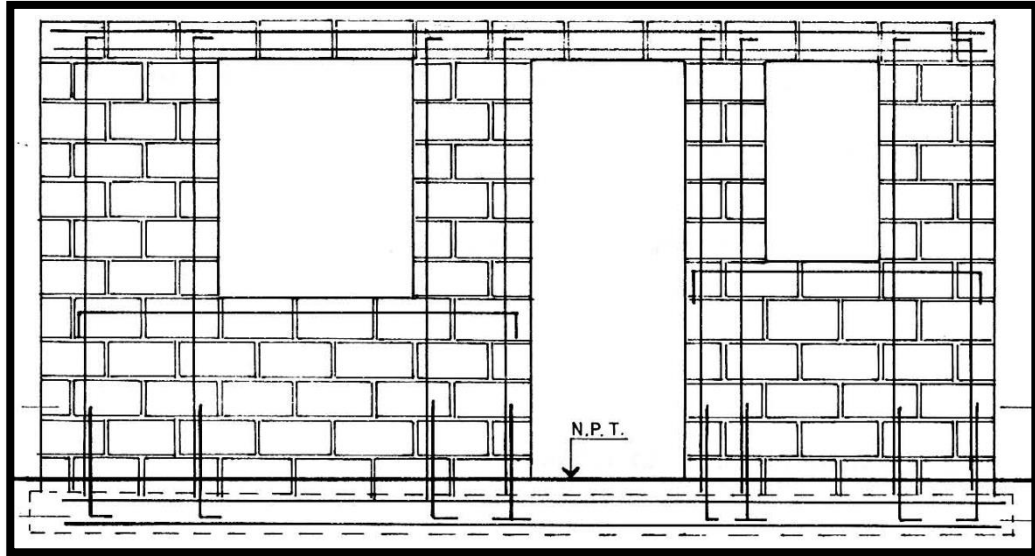
- Ejecutar sobre muros desnivelados.
- Interrumpir la continuidad del acero.
- Dejar amarres flojos.
- Vaciar concreto sin consolidación.
- Permitir segregación de la mezcla.
- Continuar con el techo sin revisar el amarre terminado.

h) Recomendaciones técnicas

- Revisar primero el nivel superior del muro.
- Mantener continuidad del acero en todo el tramo.
- Vibrar con cuidado para no mover las unidades del amarre.
- Limpiar inmediatamente los derrames de concreto.
- No avanzar con la estructura de techo mientras el amarre no tenga estabilidad y curado inicial suficiente.

i) Apoyo gráfico

Figura 30. Elevación de pared típica de mampostería reforzada con amarre superior continuo.



Fuente cartilla de construccion 1993

La figura muestra una elevación típica de un muro de mampostería reforzada con amarre superior continuo. Se observa la disposición del bloque-viga en la coronación, el refuerzo horizontal con varilla #3 y el relleno de concreto consolidado. El esquema enfatiza la importancia de la continuidad del amarre como cierre horizontal del sistema, dejando el muro preparado para recibir la estructura de techo y garantizando la estabilidad global del conjunto.

7.2.11. Excavación de zanja

a) Finalidad

Preparar el espacio de cimentación conforme al trazo previamente definido, mediante la remoción controlada del suelo hasta alcanzar las dimensiones del proyecto, equivalentes a 0.70 m de ancho y 0.60 m de profundidad, a fin de conformar un apoyo adecuado para la colocación posterior de la plantilla, la zapata corrida y la viga de fundación.

Esta actividad no debe entenderse únicamente como un corte del terreno, sino como una operación de preparación geotécnica inicial orientada a conservar la firmeza natural del estrato de apoyo y a garantizar condiciones adecuadas para el sistema de cimentación de una vivienda de interés social de un piso.

b) Justificación técnica

En una vivienda de interés social de un piso, esta actividad debe orientarse a exponer un fondo estable, limpio y geométricamente uniforme, conservando en lo posible la firmeza natural del estrato de apoyo y evitando cimentar sobre suelo alterado, material orgánico o capas sueltas.

En ese sentido, Terzaghi, Peck y Mesri (1996), en *Soil Mechanics in Engineering Practice* (3.^a ed.), advirtieron sobre "las múltiples limitaciones impuestas por la naturaleza a la aplicación de las matemáticas a los problemas de ingeniería de movimiento de tierras" (p. xxiii, traducción propia), criterio que refuerza la necesidad de verificar en sitio la condición real del fondo de excavación y evitar perturbar innecesariamente el suelo competente.

c) Alcance técnico de la actividad

La presente actividad comprende:

- Excavación de zanjas de cimentación conforme al trazo previamente establecido.
- Ejecución de corte hasta alcanzar las dimensiones de proyecto: 0.70 m de ancho y 0.60 m de profundidad.
- Conformación y limpieza de laterales y fondo de zanja.
- Verificación de ancho, profundidad, alineación y continuidad del corte.
- Retiro del material excavado fuera del borde de trabajo.
- Revisión del fondo de excavación para comprobar que quede sobre suelo firme, limpio y libre de material orgánico, escombros o suelo suelto.
- Regularización puntual del fondo mediante pisón manual o bailarina, únicamente cuando existan sectores flojos o disturbados.
- Aplicación de humectación controlada cuando sea necesaria para favorecer la compactación de regularización.

No comprende:

- Colocación de plantilla.
- Armado y colado de zapata corrida.
- Armado y colado de viga de fundación.
- Rellenos posteriores.

d) Materiales, herramientas y equipo

Herramientas manuales básicas:

- Pala.
- Pico.
- Barra.
- Carretilla.
- Cinta métrica.
- Lienza.
- Plomada.
- Nivel manual.

Materiales auxiliares:

- Estacas de referencia.
- Niveletas.
- Clavos.
- Ceniza, cal o tiza para marcación.
- Agua para humectación controlada, cuando sea necesaria.

Equipo complementario recomendado:

- Pisón manual.
- Balarina o compactadora manual, cuando el fondo requiera regularización.
- Guantes de protección.
- Botas de seguridad.

e) Procedimiento técnico de ejecución

- **Confirmar el trazo antes de excavar.** Se deberá verificar que los ejes, niveletas, lienzas y marcas de referencia permanezcan visibles, alineados y firmes, a fin de asegurar que la excavación se ejecute exactamente sobre la geometría previamente definida.
- **Iniciar la excavación siguiendo los ejes marcados.** La remoción del suelo deberá ejecutarse respetando estrictamente el trazo establecido, evitando desvíos laterales, ampliaciones innecesarias o cortes fuera de alineación.
- **Controlar permanentemente las dimensiones de la zanja.** Durante la excavación se deberá comprobar que el corte mantenga 0.70 m de ancho y 0.60 m de profundidad, de modo que la zanja responda a las dimensiones previstas para la cimentación del prototipo.

- **Retirar el material excavado fuera del borde inmediato.** El suelo extraído deberá colocarse a una distancia que no genere sobrecarga sobre los bordes de la zanja ni obstruya la circulación, evitando además el desprendimiento o retorno del material hacia el interior.
- **Conformar correctamente laterales y fondo de zanja.** Los laterales deberán quedar definidos y el fondo deberá presentar continuidad, limpieza y uniformidad, eliminando salientes, depresiones y sectores irregulares que alteren el apoyo de la cimentación.
- **Inspeccionar el fondo excavado antes de continuar.** Se deberá comprobar que el fondo quede sobre suelo firme, limpio y libre de raíces, materia orgánica, escombros, lodo o material suelto, ya que no se deberá permitir el apoyo de la cimentación sobre estratos inadecuados.
- **Aplicar humectación controlada únicamente cuando el suelo lo requiera.** Si el fondo presenta condiciones que ameriten regularización, se deberá humedecer de forma moderada y uniforme, evitando el exceso de agua, con el fin de favorecer una compactación efectiva sin sobresaturar el terreno.
- **Regularizar y compactar el fondo solo en sectores flojos o disturbados.** Cuando el fondo no presente firmeza suficiente, se deberá ejecutar una compactación de regularización mediante pisón manual o bailarina, hasta obtener una superficie estable y homogénea. Si el suelo se encuentra naturalmente competente, no deberá sobretrabajarse ni compactarse de forma innecesaria.
- **Dejar la zanja lista para la actividad siguiente.** La excavación deberá entregarse alineada, limpia, estable y con dimensiones verificadas, de manera que quede técnicamente apta para la colocación posterior de la plantilla de concreto pobre.

f) Control técnico de calidad

Se deberá verificar que:

- La excavación coincida obligatoriamente con el trazo previamente definido.
- El ancho de la zanja se mantenga en 0.70 m durante todo su recorrido.
- La profundidad de la zanja alcance 0.60 m conforme a lo establecido en el proyecto.
- Los laterales queden estables y definidos, sin deformaciones que alteren la geometría del corte.
- El fondo permanezca continuo, uniforme y libre de material suelto, salientes o depresiones.
- El estrato de apoyo quede firme, limpio y sin presencia de raíces, materia orgánica, escombros o lodo.

- El material excavado se mantenga retirado del borde de la zanja para no comprometer su estabilidad.
- La regularización y compactación del fondo, cuando sean necesarias, se ejecuten únicamente en sectores flojos o disturbados.
- La humectación se aplique de forma controlada, sin sobresaturar el suelo.
- La zanja quede técnicamente apta para recibir la plantilla de concreto pobre.

g) Errores frecuentes

Se deberá evitar:

- Excavar fuera del trazo previamente definido.
- Alterar el ancho o la profundidad de la zanja respecto a las dimensiones del proyecto.
- Dejar laterales irregulares o fondos con salientes, depresiones o material suelto.
- Permitir el apoyo de la cimentación sobre suelo flojo, material orgánico, raíces, escombros o lodo.
- Acumular el material excavado junto al borde de la zanja.
- Sobreexcavar el fondo y luego corregirlo con relleno suelto sin control técnico.
- Aplicar agua en exceso, generando sobresaturación del terreno.
- Compactar de forma innecesaria un fondo que ya se encuentre firme y competente.
- Omitir la regularización de sectores disturbados o de baja consistencia.
- Continuar con la plantilla sin verificar previamente la estabilidad y limpieza de la zanja.

h) Recomendaciones técnicas

Se recomienda:

- Verificar visualmente que el fondo de la zanja quede uniforme, firme y libre de raíces, materia orgánica, lodo o material suelto, a fin de confirmar de manera práctica que el terreno se mantiene apto para la construcción.
- Comprobar, mediante inspección directa del fondo excavado, que no existan sectores reblandecidos, inestables o con cambios visibles de consistencia que indiquen la necesidad de corrección antes de continuar.

- Determinar en campo, a partir de esa revisión visual y práctica, si el fondo conserva condiciones adecuadas de apoyo o si requiere sustitución puntual con material selecto en los sectores donde el terreno no resulte apto.
- Retirar de inmediato cualquier material extraño o suelto que permanezca en el fondo o en los laterales de la zanja.
- Mantener el ancho y la profundidad de excavación conforme a las dimensiones del proyecto, evitando ampliaciones, recortes o deformaciones innecesarias.
- Ejecutar una verificación final del zanqueo mediante nivel, teodolito o equipo equivalente, con el fin de confirmar alineación, profundidad y continuidad antes de proceder a la actividad siguiente.
- Aplicar humectación controlada únicamente cuando el fondo requiera regularización o compactación puntual, evitando sobresaturar el terreno.
- Utilizar pisón manual en correcciones menores y bailarina cuando se requiera una compactación más uniforme en sectores flojos o disturbados.
- No continuar con la colocación de la plantilla de concreto pobre sin haber verificado previamente que la zanja quede limpia, estable, geométricamente correcta y con fondo apto para recibir la cimentación.

i) Apoyo gráfico

Figura 31. Inspección visual y práctica del fondo de zanja, verificación geométrica y determinación de aptitud del terreno.



Fuente: Manual del constructor aceros aquepia (Terzaghi, Peck, , & Mesri, 1996)

La figura representa, mediante una ilustración técnica, el momento de inspección del fondo de la zanja una vez finalizada la excavación. Se observa a un trabajador verificando visualmente la condición del suelo de apoyo, mientras otro operario utiliza una cinta métrica para comprobar las dimensiones de ancho (0.70 m) y profundidad (0.60 m).

Figura 32. Sección transversal de la zanja



Fuente: Propia

La figura muestra un esquema en corte transversal de una zanja de cimentación típica para vivienda de interés social. Se visualiza claramente la geometría de la excavación, con un ancho de 0.70 m y una profundidad de 0.60 m, conforme a las dimensiones establecidas en el proyecto. El esquema diferencia los laterales de la zanja, el fondo excavado sobre suelo firme y la línea de terreno natural.

Además, se indica la ubicación de las estacas de referencia y las niveletas utilizadas para el control altimétrico durante el proceso de excavación. Esta representación facilita la comprensión de las dimensiones y condiciones que debe cumplir la zanja antes de continuar con las siguientes actividades de cimentación.

7.2.12. Armado, formaleta y colado de viga corona

a) Finalidad

Ejecutar la viga corona sobre la parte superior del muro, a fin de amarrar horizontalmente el sistema de mampostería confinada y dejar listo el apoyo para la estructura de techo.

b) Justificación técnica

La viga corona se deberá ejecutar como elemento de amarre superior del sistema, uniendo muros y columnas de confinamiento en un solo conjunto estructural. En la tesis base se adopta una sección de $0.15\text{ m} \times 0.20\text{ m}$, mientras que la base constructiva de referencia trabaja con 4 varillas #3 como acero longitudinal, estribos #2 como refuerzo transversal, con 5 estribos @ 5 cm en los extremos y el resto @ 10 cm en la zona central, utilizando concreto de 3000 psi.

c) Alcance técnico de la actividad

La presente actividad comprende:

- Revisión superior del muro.
- Armado del acero.
- Anclaje con columnas.
- Colocación de formaleta.
- Colado, compactación y curado inicial de la viga corona.

No comprende:

- Estructura de techo.
- Repellos.
- Acabados finales.

d) Materiales, herramientas y equipo

Materiales

- Cemento Portland ASTM C150.
- Arena ASTM C33.
- Grava ASTM C33.
- Agua limpia.
- Acero longitudinal #3.
- Acero #2 para estribos.
- Alambre recocado calibre #18.
- Tabla de $1" \times 8" \times 6$ varas.
- Tacos de madera.
- Clavos de acero de $2\frac{1}{2}"$.
- Concreto estructural de 3000 psi, dosificación 1:2:3.

Herramientas

- Cuchara de albañil.
- Martillo.
- Cinta métrica.
- Lienza.
- Plomada.
- Nivel.
- Tenaza.
- Cizalla.
- Dobladora manual.
- Cubetas.
- Carretilla.

Equipo

- Trompo o mezcladora.
- Vibrador o varilla metálica para compactación.

e) Procedimiento técnico de ejecución

- **Revisar el muro.** Se deberá comprobar que la parte superior del muro quede limpia, recta y nivelada.
- **Marcar la viga.** Se deberá colocar la lienza a la altura final de la viga corona.
- **Armar el acero.** Se colocarán 4 varillas #3 como acero longitudinal principal.
- **Colocar estribos.** Se colocará estribo #2, con 5 estribos @ 5 cm en los extremos y el resto @ 10 cm en la zona central.
- **Anclar con columnas.** Se deberá amarrar la viga a los arranques o dobleces de las columnas.
- **Formaletear.** Se deberán fijar tacos y tablas laterales, dejando la sección firme, cerrada y nivelada.
- **Preparar el concreto.** Se deberá elaborar concreto de 3000 psi, con dosificación 1:2:3.
- **Colar la viga.** El concreto se deberá vaciar de forma continua en toda la longitud.
- **Compactar.** Se deberá vibrar o hincar con varilla para eliminar vacíos.
- **Curar.** Se deberá iniciar el curado después del fraguado inicial.

f) Control técnico de calidad

Se deberá verificar que:

- La viga quede centrada sobre el muro.
- La sección sea $0.15\text{ m} \times 0.20\text{ m}$.
- El acero longitudinal sea 4#3.
- El estribo sea #2.
- Los extremos queden con estribos 5 @ 5 cm y el resto @ 10 cm.
- La formaleta quede alineada y nivelada.
- El concreto sea de 3000 psi.
- No existan vacíos ni acero expuesto.

g) Errores frecuentes

Se deberá evitar:

- Montar la viga sobre un muro desnivelado.
- Anclar mal con las columnas.
- Dejar los estribos mal distribuidos.
- Utilizar formaleta floja.
- Emplear exceso de agua en la mezcla.
- Realizar el colado sin compactación.
- Continuar con el techo sin revisar la viga.

h) Recomendaciones técnicas

Se recomienda:

- Nivelar el muro antes de formaletear.
- Mantener un solo criterio de armado en toda la viga.
- Revisar con cuidado los encuentros con columnas.
- No colar mientras la formaleta no esté firme.
- No apoyar la estructura de techo hasta que la viga tenga estabilidad suficiente.

i) Apoyo gráfico

Figura 33. Armado, formaleta y colgado de viga corona

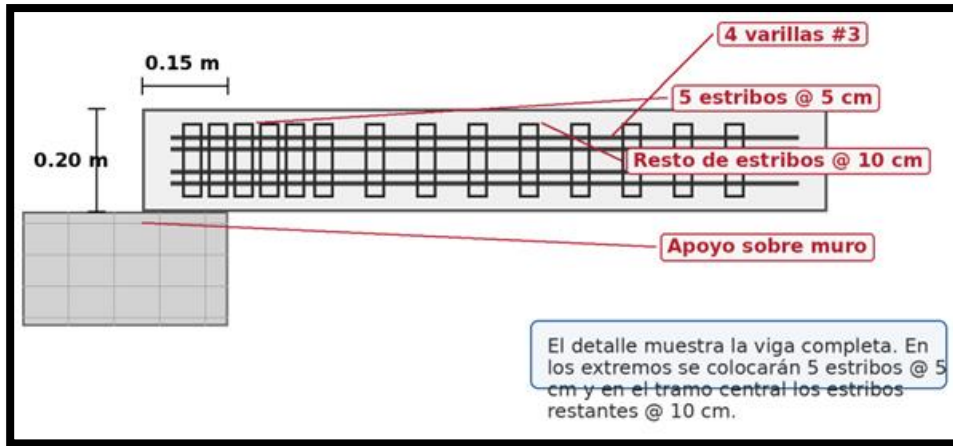


Fuente: Propia

La figura presenta una secuencia gráfica en seis viñetas que ilustra, paso a paso, el proceso completo de ejecución de la viga corona. En la primera viñeta se muestra la revisión de la parte superior del muro, verificando que esté limpia, recta y nivelada. La segunda viñeta representa el armado del acero longitudinal con 4 varillas #3, colocadas en la posición correcta sobre el muro. La tercera viñeta muestra la colocación de los estribos #2, destacando el espaciamiento diferenciado: 5 estribos @ 5 cm en los extremos y el resto @ 10 cm en la zona central.

La cuarta viñeta ilustra el anclaje de la viga con las columnas de confinamiento, mediante amarres y traslapes del acero. La quinta viñeta representa la colocación de la formaleta lateral, con tablas de madera fijadas con tacos y clavos. La sexta viñeta muestra el colado del concreto de 3000 psi, la compactación con varilla y la vista final de la viga corona terminada, curada y lista para recibir la estructura de techo.

Figura 34. Croquis 2D del detalle de viga corona y espaciamiento de estribos.



Fuente: Propia

La figura presenta un croquis técnico bidimensional en vista lateral y en corte transversal de la viga corona. En la vista lateral se aprecia la disposición de las 4 varillas #3 (acero longitudinal) y los estribos #2 (refuerzo transversal) a lo largo de toda la viga. Se destaca gráficamente el espaciamiento diferenciado: en los extremos de la viga (zona de unión con las columnas) se colocan 5 estribos con separación de 5 cm; en el tramo central, el resto de los estribos se colocan con separación de 10 cm. El corte transversal muestra la sección de la viga de 0.15 m de ancho por 0.20 m de alto, la posición de las 4 varillas #3 en las cuatro esquinas de la sección, y la disposición del estribo #2 que las confina. Acotaciones y notas técnicas complementan la información, indicando que este criterio de armado debe respetarse en toda la longitud de la viga corona.

7.2.13. Plantilla de concreto pobre

a) Finalidad

La plantilla de concreto pobre tiene como finalidad regularizar y estabilizar el fondo de la zanja de cimentación, proporcionando una superficie uniforme, limpia y firme que permita ejecutar con mayor precisión el asentamiento de la zapata corrida y la viga de fundación. Su función es servir como capa de preparación, evitando contacto directo entre el suelo natural y el concreto estructural.

b) Justificación técnica

La plantilla se coloca directamente sobre el terreno natural y actúa como capa de separación y regularización. Sus beneficios principales son:

- Emparejar la superficie de la excavación.

- Reducir la contaminación del concreto estructural con tierra suelta.
- Facilitar el control de nivel y alineación.
- Proporcionar una base limpia para el armado y vaciado posterior.

En este manual se adopta una plantilla de 5 cm de espesor con concreto pobre de aproximadamente 100 kg/cm², elaborado con relación 1:4:8 (cemento, arena, grava). Este criterio es adecuado para vivienda de interés social, pues mejora las condiciones de apoyo sin sobredimensionar la mezcla. La cartilla de construcción respalda que el concreto debe prepararse con materiales limpios, dosificación controlada y correcta colocación en obra.

c) Alcance técnico de la actividad

Incluye:

- Limpieza final del fondo de la zanja.
- Verificación de nivel, alineación y continuidad del apoyo.
- Humedecimiento controlado de la superficie antes del vaciado.
- Preparación del concreto pobre (1:4:8).
- Colocación de la plantilla sobre el fondo de la excavación.
- Distribución, nivelación y control del espesor de 5 cm.
- Acabado común de la superficie.
- Protección inicial de la plantilla.

No incluye:

- Armado de acero de zapata corrida.
- Colado de zapata corrida.
- Colado de viga de fundación.
- Rellenos posteriores.

d) Materiales, herramientas y equipo

Materiales: cemento, arena, grava, agua limpia.

Herramientas y equipo: pala, carretilla, cubetas, regla, palaustre, cinta métrica, nivel manual, lienzo, mezcladora (cuando se disponga), cimbra perimetral (si la excavación excede dimensiones), guantes y botas de protección.

e) Procedimiento técnico de ejecución

- **Revisión del nivel de excavación:** comprobar limpieza y uniformidad del fondo.
- **Humedecimiento moderado:** evitar absorción excesiva de agua de la mezcla.
- **Preparación del concreto pobre:** elaborar mezcla 1:4:8 con resistencia aproximada de 100 kg/cm².
- **Colocación de la plantilla:** vaciar de forma continua sobre el área preparada.
- **Control de espesor y nivel:** mantener 5 cm uniformes y altura conforme al plano.
- **Nivelación y acabado común:** extender y regularizar la mezcla para obtener superficie continua.
- **Uso de cimbra perimetral:** cuando la excavación exceda dimensiones previstas.
- **Protección inicial:** evitar contaminación con tierra o tránsito innecesario.
- **Continuación de la cimentación:** al día siguiente, tras verificar firmeza y fraguado inicial.

f) Control técnico de calidad

Se debe verificar que:

- El fondo esté limpio y humedecido.
- La mezcla corresponda a concreto pobre (100 kg/cm², 1:4:8).
- La plantilla cubra toda el área de apoyo.
- El espesor sea uniforme de 5 cm.
- La altura y nivel correspondan al plano.
- La superficie quede limpia y apta para la siguiente etapa.

g) Errores frecuentes

Se debe evitar:

- Colocar sobre fondo sucio o lodoso.
- Omitir humedecimiento previo.
- Usar mezcla distinta sin criterio técnico.
- Dejar espesores variables o desniveles.
- Contaminar la plantilla con tierra.
- Continuar cimentación sobre plantilla fresca o mal nivelada.
- Prescindir de cimbra perimetral en excavaciones mayores.

h) Recomendaciones técnicas

- Mantener espesor fijo de 5 cm.
- Adoptar mezcla 1:4:8 (100 kg/cm²).
- Revisar nivel de excavación antes de vaciar.
- Humedecer moderadamente el fondo.
- Controlar altura conforme al plano.
- Usar cimbra perimetral en excavaciones amplias.
- Dejar superficie uniforme y limpia.
- No continuar con cimentación sin verificar firmeza y nivelación.

i) Apoyo gráfico

Figura 35. Ubicación de la plantilla de concreto pobre sobre el fondo de la zanja.



Fuente: Propia

La ilustración muestra la zanja de cimentación con la capa de concreto pobre colocada en el fondo. Se destaca el espesor uniforme de 5 cm, que actúa como base de regularización y superficie limpia para el apoyo de la cimentación.

Figura 36. Dosificación del concreto pobre para la plantilla.



Fuente: Propia

La figura resume la proporción 1:4:8 (cemento, arena, grava), equivalente a una resistencia aproximada de 100 kg/cm². Se indica la cantidad de agua necesaria para obtener una mezcla trabajable, subrayando que esta dosificación corresponde a una capa de preparación y no a un elemento estructural principal.

7.2.14. Armado y colado de zapata corrida

a) Finalidad

Conformar el elemento de cimentación encargado de recibir y distribuir de manera continua las cargas de los muros hacia el terreno de apoyo, mediante el armado y colado de la zapata corrida sobre la plantilla previamente ejecutada, a fin de garantizar una base estable, alineada y apta para la posterior ejecución de la viga de fundación.

b) Justificación técnica

La zapata corrida se empleará como elemento estructural continuo de cimentación, debido a que permite distribuir las cargas lineales de los muros sobre una mayor superficie de apoyo y mejorar la estabilidad del sistema. Su ejecución sobre la plantilla previamente nivelada permite trabajar

sobre una base limpia, uniforme y controlada, evitando la contaminación del concreto estructural y facilitando el control geométrico del elemento.

Para esta actividad, el acero no deberá colocarse de forma empírica, sino conforme al detalle estructural adoptado, manteniendo criterios de cuantía, continuidad, recubrimiento, traslape, anclaje y amarre. Como referencia nacional, la cartilla respalda el uso de acero corrugado estructural, los detalles de doblado típico, los amarres con alambre recocido y la continuidad del refuerzo en esquinas y encuentros. Asimismo, el concreto de la zapata se adoptará con resistencia de 3000 psi y dosificación 1:2:3, por tratarse de un elemento estructural principal de cimentación.

c) Alcance técnico de la actividad

La presente actividad comprende:

- Revisión final de la plantilla.
- Tratamiento preventivo del fondo y laterales de excavación, cuando el proyecto lo contemple.
- Replanteo del eje y ancho de la zapata.
- Colocación de dados o separadores.
- Corte, doblado, amarre y colocación del acero.
- Verificación de recubrimiento, continuidad, traslapes y anclajes.
- Preparación del concreto estructural.
- Colado, compactación y nivelación de la zapata.
- Curado inicial del elemento colado.

No comprende:

- Armado de viga de fundación.
- Relleno lateral posterior.
- Levantado de muros.
- Elementos verticales no definidos en esta actividad.

d) Materiales, herramientas y equipo

Materiales

- Cemento Portland, conforme a ASTM C150/C150M.
- Arena limpia como agregado fino, conforme a ASTM C33/C33M.

- Grava o piedra triturada como agregado grueso, conforme a ASTM C33/C33M.
- Agua limpia de mezclado, conforme a ASTM C1602/C1602M.
- Acero de refuerzo corrugado #3, Grado 40 / ASTM A615.
- Alambre recocido calibre #16 o #18 para amarres.
- Separadores o dados de concreto.
- Producto de fumigación o tratamiento preventivo, cuando el proyecto lo contemple.

Herramientas

- Cinta métrica.
- Nivel manual.
- Lienza.
- Plomada.
- Tenaza para amarre.
- Cizalla o herramienta de corte.
- Dobladora manual de varilla.
- Pala.
- Cubetas.
- Carretilla.

Equipo

- Trompo o mezcladora de concreto.
- Vibrador de concreto o varilla metálica para compactación.
- Formaleta lateral, cuando sea necesaria.

e) Procedimiento técnico de ejecución

- **Verificar la plantilla antes del armado.** Se deberá comprobar que la plantilla quede firme, limpia, nivelada y libre de material suelto.
- **Aplicar tratamiento preventivo en la excavación.** Se deberá ejecutar la fumigación o tratamiento preventivo del fondo y laterales, cuando el proyecto lo contemple.
- **Replantear el eje y el ancho de la zapata.** Se deberá marcar la posición exacta del elemento sobre la plantilla, respetando el eje, la alineación y las dimensiones del proyecto.
- **Colocar dados o separadores.** Se deberán ubicar separadores suficientes para garantizar el recubrimiento y evitar el contacto directo del acero con la base.

- **Cortar y doblar el acero.** Se deberán preparar las varillas conforme al detalle adoptado, respetando longitudes, ganchos, dobleces y formas requeridas.
- **Colocar el refuerzo de la zapata.** Se deberá disponer el acero en la posición prevista, manteniendo la separación, alineación, estabilidad y recubrimiento uniforme.
- **Ejecutar traslapes y anclajes.** Se deberán respetar los detalles de continuidad del refuerzo, evitando cortes muertos, empalmes improvisados o encuentros sin amarre técnico.
- **Amarrar el acero.** Se deberá asegurar cada unión con alambre recocido, de manera que el refuerzo no se desplace durante el colado.
- **Preparar el concreto estructural.** El concreto de 3000 psi, con dosificación 1:2:3, deberá elaborarse en trompo o mezcladora, utilizando cemento, arena, grava y agua limpia.
- **Colar la zapata corrida.** El concreto deberá vaciarse de forma continua dentro del ancho y espesor definidos, evitando la segregación

i). Apoyo gráfico

Figura 37. Replanteo del eje de la zapata sobre la plantilla.



Fuente: Propia con base en la secuencia técnica adoptada y en Condori (2022).

Verificación de dimensiones de la cimentación mediante cinta métrica y estacas de referencia. Este control garantiza que la zapata cumpla con las especificaciones de diseño y se mantenga la alineación estructural antes del colado de concreto.

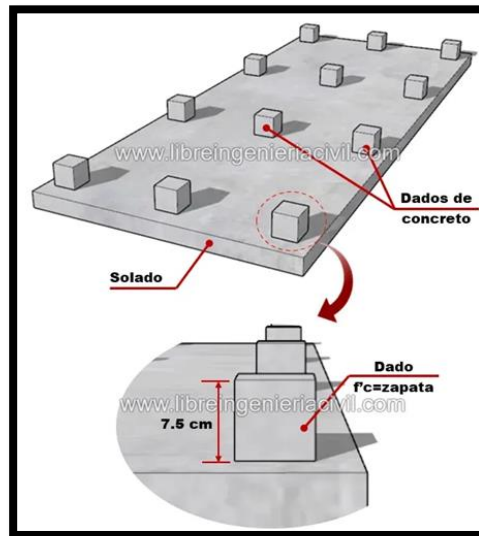
Figura 38. Tratamiento preventivo del fondo y laterales de excavación



Fuente: elaboración propia con base en la secuencia técnica adoptada.

La imagen muestra la aplicación del tratamiento preventivo en el fondo y los laterales de la excavación, previo a la colocación del acero, como medida adoptada para mejorar la condición sanitaria del área de trabajo.

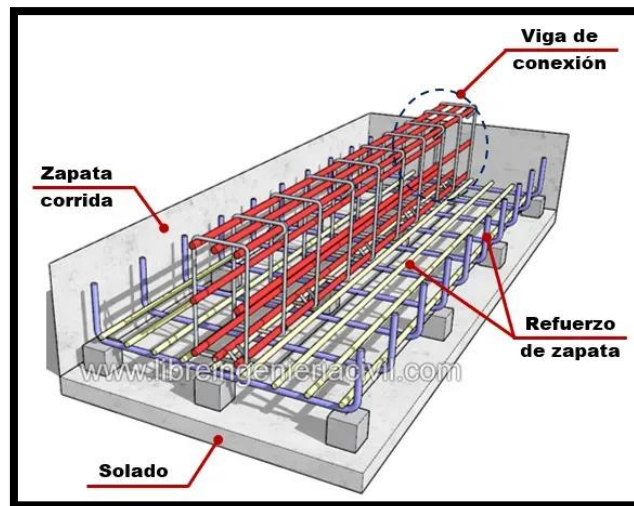
Figura 39. Colocación de dados o separadores para recubrimiento.



Fuente: Propia

Bloques de apoyo de 7.5 cm de altura colocados sobre la capa de solado. Estos elementos sirven como base para transmitir cargas hacia la zapata, asegurando uniformidad y resistencia equivalente al concreto de la cimentación.

Figura 40. Armado del refuerzo inferior de la zapata corrida.



Fuente: adaptación gráfica con base en Condori (2022).

Modelo tridimensional que muestra la disposición del acero de refuerzo y la viga de conexión. La zapata corrida distribuye las cargas de muros y columnas, mientras que la viga de amarre evita desplazamientos diferenciales y aporta estabilidad.

Figura 41. Detalle de traslape, amarre y anclaje en encuentros.



Fuente: Propia con base en la secuencia técnica adoptada y la cartilla nacional.

Detalle del entramado de varillas corrugadas amarradas con alambre. Este refuerzo proporciona resistencia a esfuerzos de tracción y asegura la correcta integración con el concreto, evitando fisuras y aumentando la durabilidad.

Figura 42. Preparación del concreto 3000 psi en trompo o mezcladora



Fuente: elaboración propia con base en la secuencia técnica adoptada.

Proceso de elaboración de concreto en obra, con mezcladora, sacos de cemento y agregados. La correcta dosificación y homogeneización de materiales es esencial para garantizar la resistencia y trabajabilidad del concreto.

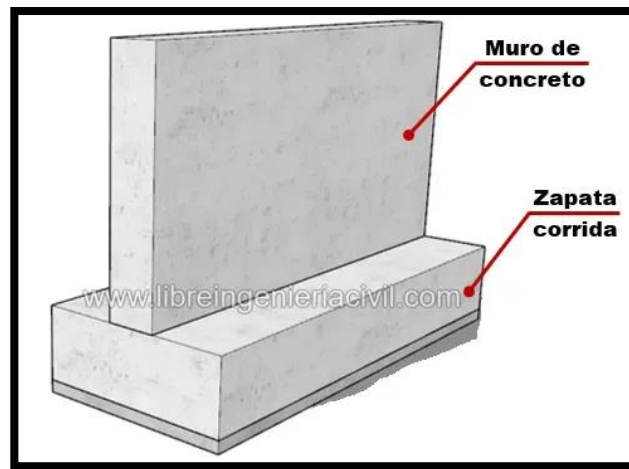
Figura 43. Colado y compactación del concreto en la zapata corrida.



Fuente: elaboración propia con base en la secuencia técnica adoptada.

Vertido y compactación del concreto en la cimentación mediante vibrador mecánico. Esta técnica elimina burbujas de aire y asegura un llenado uniforme, mejorando la adherencia al refuerzo y la capacidad portante.

Figura 44. Vista final 3D de la zapata corrida armada y colada.

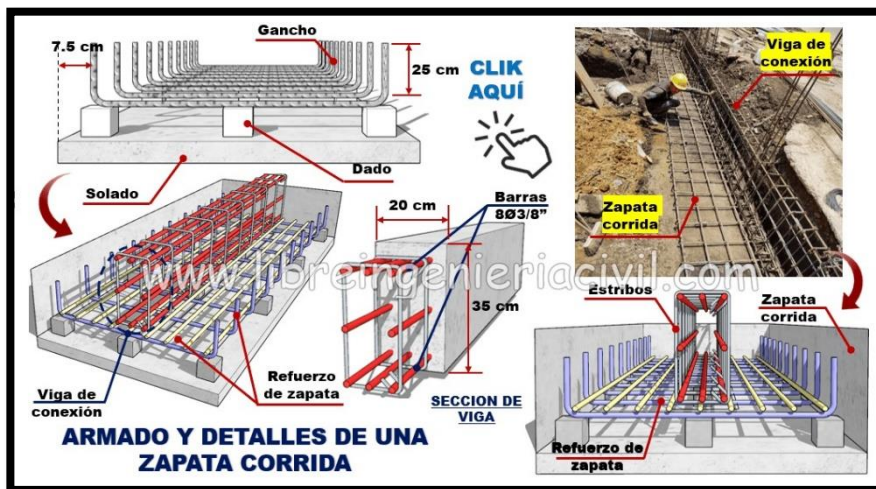


Fuente: Condori, J. (Condori, 2022) Zapatas corridas: Proceso de construcción y armado. Libre Ingeniería Civil.

Relación estructural entre el muro vertical y la zapata corrida. La cimentación distribuye las cargas hacia el terreno, evitando asentamientos diferenciales y garantizando la estabilidad del sistema constructivo.

7.2.14.1. Anexo gráfico complementario. Detalles referenciales de zapata corrida

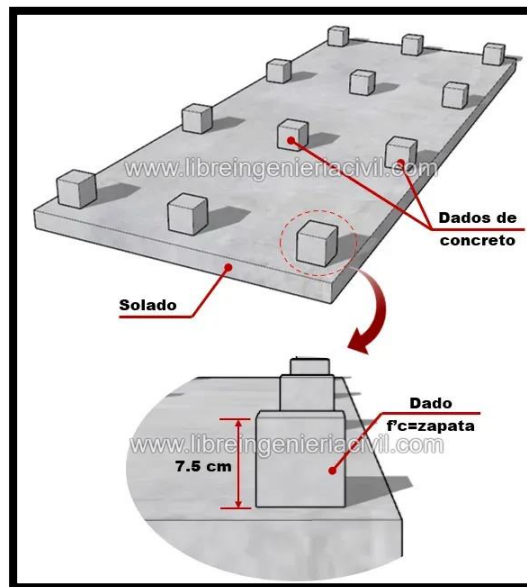
Figura 45. Lámina general referencial de armado y detalles de una zapata corrida.



Fuente: adaptación e incorporación gráfica a partir de Condori (2022), Libre Ingeniería Civil.

Esquema técnico y fotografía que ilustran la colocación de barras longitudinales, estribos y ganchos. Este armado asegura la rigidez de la cimentación y la correcta transmisión de esfuerzos entre los elementos.

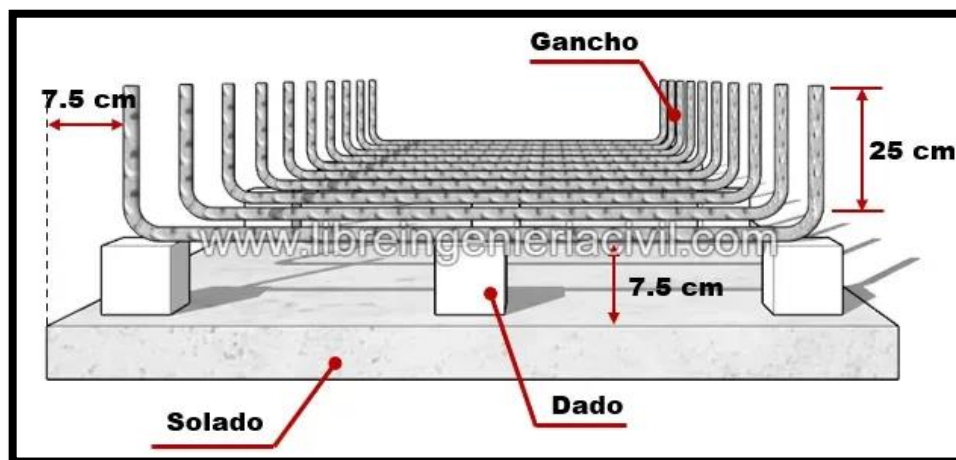
Figura 46. Dados de concreto y recubrimiento inferior del refuerzo.



Fuente: adaptación e incorporación gráfica a partir de Condori (2022), Libre Ingeniería Civil.

Vista detallada de los bloques de apoyo, que permiten elevar y posicionar el refuerzo. Su función es mantener la separación adecuada respecto al solado y garantizar la correcta cobertura de concreto.

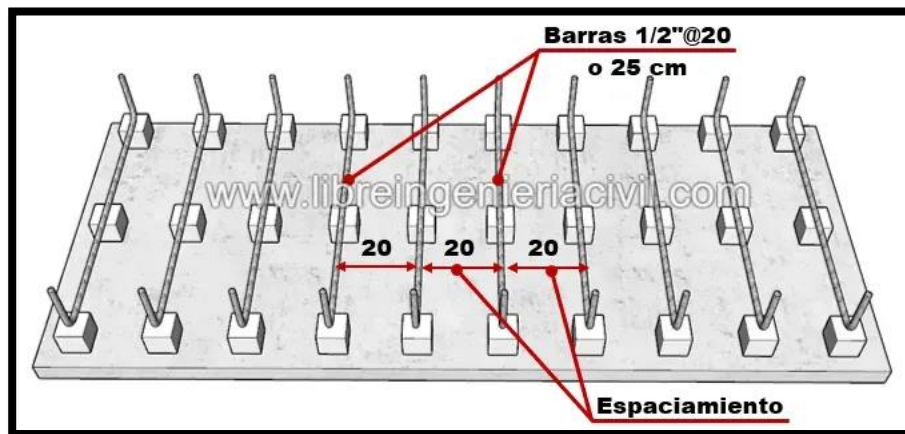
Figura 47. Ganchos extremos del acero principal y apoyo sobre dados



Fuente: adaptación e incorporación gráfica a partir de Condori (2022), Libre Ingeniería Civil.

Configuración del refuerzo con separación de 7.5 cm y altura de gancho de 25 cm . Este diseño asegura la continuidad estructural y la correcta transferencia de cargas en la cimentación.

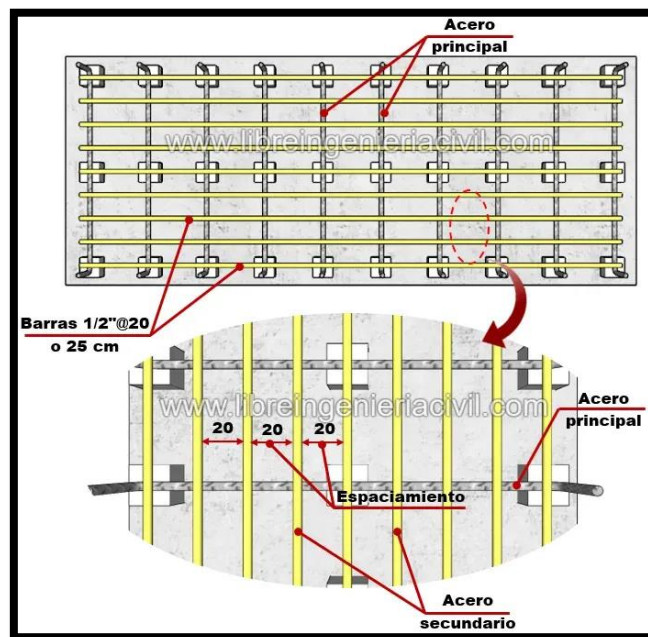
Figura 48. Espaciamiento del acero inferior en la zapata corrida.



Fuente: adaptación e incorporación gráfica a partir de Condori (2022), Libre Ingeniería Civil.

Distribución de varillas de 1/2" con separación de 20 a 25 cm. El espaciado uniforme garantiza la resistencia del elemento y evita concentraciones de esfuerzos que puedan generar fisuras.

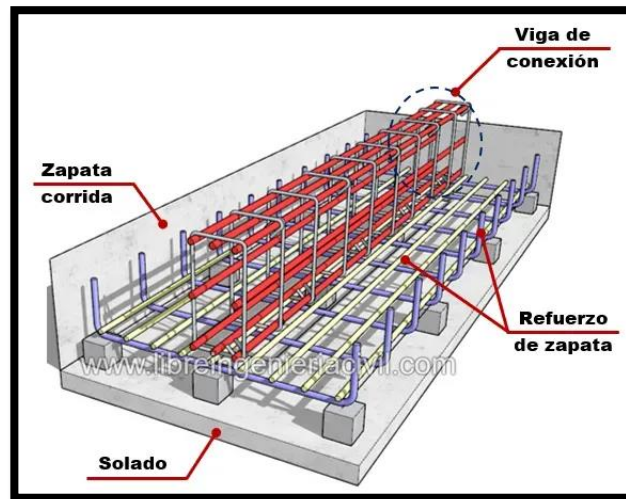
Figura 49. Relación entre acero principal, acero secundario y separación del refuerzo



Fuente: adaptación e incorporación gráfica a partir de Condori (2022), Libre Ingeniería Civil.

Disposición ortogonal de acero estructural, con barras principales y secundarias. Este sistema permite resistir cargas en dos direcciones, aumentando la capacidad portante y la estabilidad de la losa.

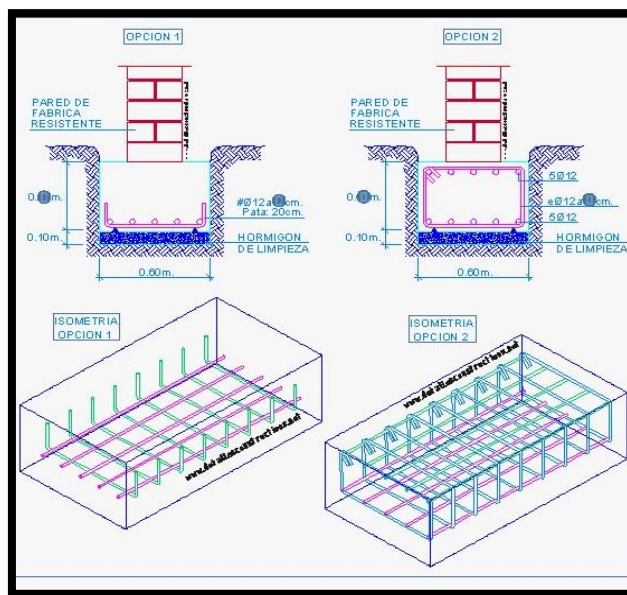
Figura 50. Integración entre zapata corrida, refuerzo inferior y viga de conexión.



Fuente: adaptación e incorporación gráfica a partir de Condori (2022), Libre Ingeniería Civil.

Modelo tridimensional que integra solado, refuerzo y viga de conexión. La combinación de estos elementos asegura la continuidad estructural y la correcta distribución de cargas en cimentaciones extensas.

Figura 51. Detalle de zapata corrida para arranque de pared de fábrica resistente.



Fuente: adaptación e incorporación gráfica a partir de Condori (2022), Libre Ingeniería Civil.

Comparación de dos configuraciones de armado y dimensiones para cimentación de pared de fábrica. Los esquemas muestran variantes en la disposición de acero y hormigón de limpieza, permitiendo seleccionar la opción más adecuada según las condiciones de carga y suelo.

7.2.15. Armado y colado de viga de fundación

a) Finalidad

La viga de fundación constituye el elemento estructural que integra y amarra la cimentación, sirviendo como base firme y alineada para el arranque de los muros. Su ejecución garantiza continuidad, estabilidad y correcta transmisión de cargas hacia la zapata corrida, asegurando la durabilidad y seguridad de la vivienda.

b) Justificación técnica

La viga de fundación se justifica porque:

- Unifica la cimentación en un solo elemento continuo.
- Mejora el amarre entre zapata corrida y muro.
- Facilita el arranque ordenado de la mampostería.

En el prototipo adoptado, se ejecuta con sección de 0.15 m × 0.20 m, longitud total de 38.88 m y volumen de concreto de 1.17 m³. El acero de refuerzo debe colocarse conforme al detalle del proyecto, respetando recubrimiento, continuidad y anclaje. El concreto será estructural de 3000 psi, con dosificación 1:2:3, por tratarse de un elemento principal de cimentación.

c) Alcance técnico

Incluye: revisión de zapata corrida, replanteo de eje, habilitado y colocación de acero longitudinal y estribos, control de recubrimiento, instalación de formaleta, preparación de concreto, colado, compactación, nivelación y curado inicial. No incluye: levantado de muros, armado de viga corona, rellenos posteriores ni elementos verticales ajenos a esta actividad.

d) Materiales, herramientas y equipo

- **Materiales:** cemento Portland ASTM C150, arena limpia ASTM C33, grava triturada ASTM C33, agua limpia ASTM C1602, acero corrugado #3 G40, acero liso #2 G40 para estribos, alambre recocido #16 o #18, formaleta lateral.
- **Herramientas:** cinta métrica, nivel, lienza, plomada, escuadra, tenaza, cizalla, dobladora manual, pala, cubetas, carretilla.
- **Equipo:** mezcladora de concreto, vibrador, equipo menor para habilitado de acero.

e) Procedimiento técnico

- Revisar la zapata corrida: limpia, firme y nivelada.
- Replantear eje de la viga con precisión.
- Habilitar acero longitudinal y estribos según detalle.
- Colocar refuerzo principal con recubrimiento uniforme.
- Amarrar estribos firmemente evitando desplazamientos.
- Verificar continuidad y alineación del armado.
- Instalar formaleta lateral cuando sea necesaria.
- Preparar concreto estructural 3000 psi en mezcladora.
- Colar la viga de fundación de forma continua.
- Compactar y nivelar mediante vibrado.
- Curar y proteger la viga contra secado brusco y golpes.

f) Control de calidad

Se verifica: geometría constante de 0.15×0.20 m, recubrimiento uniforme, concreto 3000 psi, ausencia de vacíos o acero expuesto, cara superior nivelada y apta para arranque de muro.

g) Errores frecuentes

Evitar: base sucia, acero mal alineado, estribos flojos, traslapes improvisados, pérdida de recubrimiento, mezcla distinta a la especificada, compactación insuficiente.

h) Recomendaciones técnicas

Mantener acero limpio, amarres firmes, estribos con separación uniforme, formaleta bien fijada, colado cuidadoso y revisión inmediata del estado final.

i) Apoyo gráfico

Figura 52. Secuencia gráfica principal. Replanteo, habilitado de acero, armado de jaula, control de recubrimiento, formaleta, preparación de concreto, colado y estado final de la viga.



Se observa la marcación precisa del eje sobre la zapata corrida, utilizando cinta métrica, lienza y plomada. Este paso asegura la correcta alineación y continuidad de la viga respecto al muro que se levantará posteriormente.



El acero de refuerzo es cortado y doblado conforme al detalle técnico del proyecto. Se aprecian las varillas longitudinales y los estribos preparados con las dimensiones y ganchos adecuados para garantizar resistencia y estabilidad.



La jaula de acero se dispone sobre la zapata corrida, manteniendo recubrimiento uniforme y posición centrada. Este armado constituye el esqueleto estructural que dará rigidez a la viga de fundación.



Se muestran los amarres firmes realizados con alambre recocado, la separación uniforme de los estribos y el recubrimiento adecuado. Este control evita desplazamientos y asegura la correcta transmisión de esfuerzos.



La formaleta de madera se instala para contener el concreto durante el colado. Su fijación garantiza que la sección de la viga se mantenga constante y evita fugas de pasta o deformaciones.



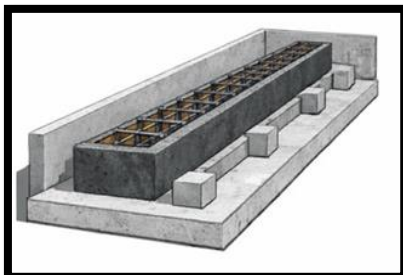
Se prepara la mezcla estructural con relación 1:2:3, utilizando materiales limpios y dosificación uniforme. La mezcladora asegura homogeneidad y trabajabilidad adecuada para el colado.



El concreto se vierte de manera continua en la formaleta y se compacta con vibrador mecánico o varilla metálica. Este proceso elimina vacíos y asegura la adherencia al refuerzo.



Se aprecia la viga terminada, con superficie superior nivelada y recubrimiento uniforme. El elemento queda preparado para recibir la mampostería de arranque.

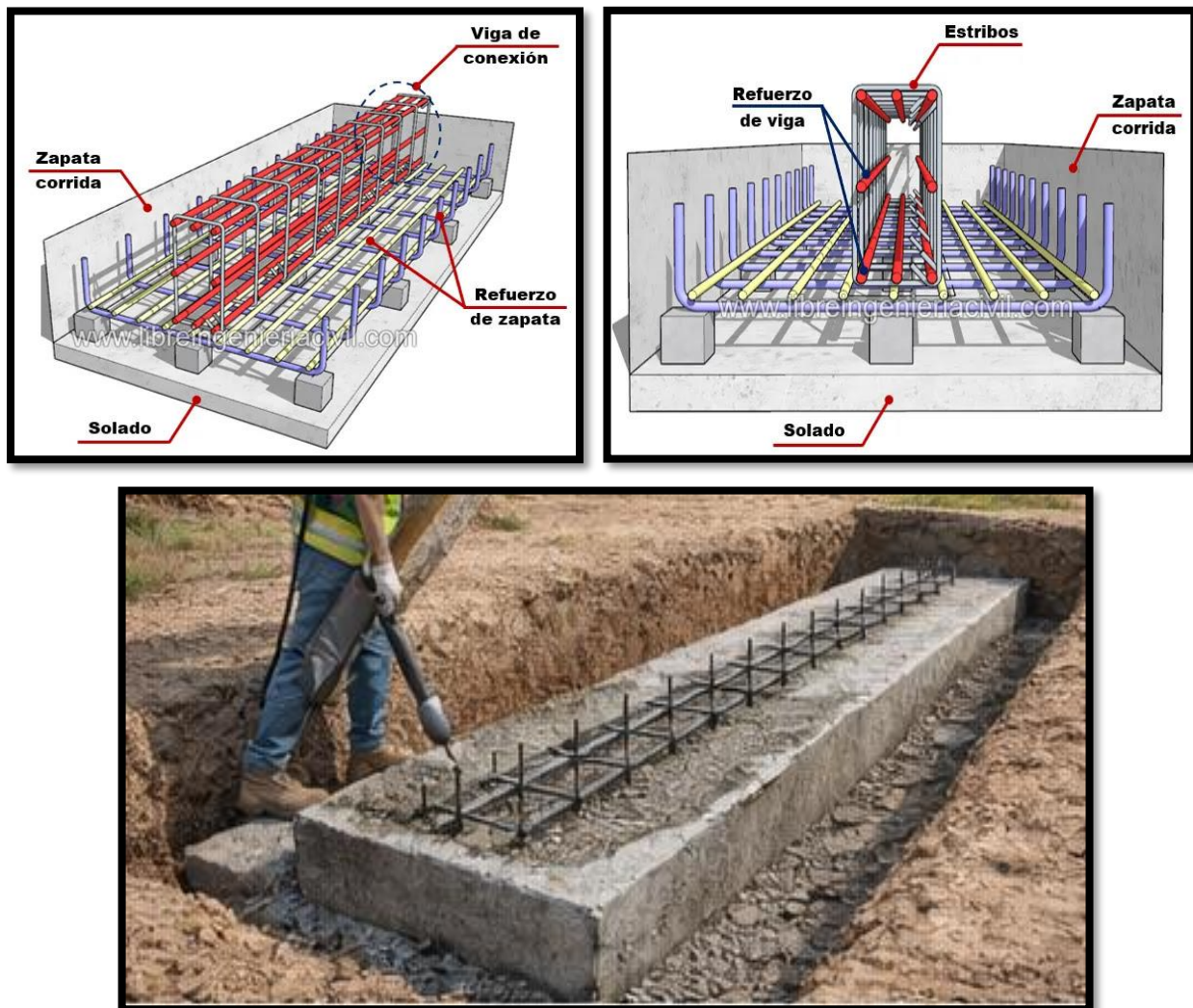


La lámina muestra de manera didáctica las ocho etapas anteriores en un solo esquema visual: replanteo, habilitado de acero, armado de jaula, amarres, formaleta, preparación de concreto, colado y estado final. Este recurso sintetiza la secuencia constructiva y facilita la comprensión integral del proceso.

7.2.15.1. Anexo gráfico complementario

Las imágenes complementarias fortalecen la comprensión del proceso constructivo al mostrar la relación directa entre la viga de fundación, la zapata corrida, la malla de refuerzo y la disposición de los estribos. Se integran como material adicional sin alterar la secuencia principal del apartado, aportando una visión práctica y referencial que conecta el detalle técnico con la ejecución en obra.

Figura 53. . Detalle frontal de la viga de conexión sobre la zapata corrida.



Fuente: Propia

Las tres figuras conforman un conjunto explicativo sobre el armado y ejecución de zapatas corridas con vigas de conexión. En la primera ilustración se observa la disposición general de la cimentación, donde la zapata corrida se complementa con la viga de conexión, el refuerzo de zapata y el solado, mostrando cómo los elementos se integran para distribuir cargas y garantizar estabilidad. La segunda figura detalla el sistema de refuerzo, destacando la presencia de estribos, el refuerzo de la viga y la continuidad con la zapata, lo que permite comprender la función de los amarres y la correcta colocación del acero. Finalmente, la fotografía de obra aporta evidencia práctica: un trabajador junto a la cimentación con el refuerzo dispuesto en sitio, lo que vincula la teoría representada en los diagramas con la realidad constructiva. En conjunto, las tres imágenes

ofrecen una visión completa del proceso, desde el diseño técnico hasta la ejecución en campo, reforzando la importancia de la alineación, el recubrimiento y la continuidad estructural.

Figura 54. Detalle referencial de armado de zapata corrida y viga de conexión. La lámina ayuda a comprender la lectura espacial del conjunto estructural



Fuente: Propia

Las imágenes muestran de manera progresiva el armado y colado de la viga de fundación sobre la zapata corrida. La secuencia inicia con el replanteo del eje, asegurando alineación y continuidad, seguido por el habilitado del acero longitudinal y doblado de estribos. Luego se presenta la colocación de la jaula de refuerzo, con amarres firmes y recubrimiento uniforme. Se documenta la instalación de la formaleta lateral, necesaria para mantener la geometría, y la preparación del concreto estructural de 3000 psi en mezcladora. Posteriormente se realiza el colado y compactación del concreto, garantizando homogeneidad y eliminación de vacíos. Finalmente, se observa la viga terminada, nivelada y lista para el arranque del muro.

Figura 55. Relación entre malla de zapata y armado de viga en imagen de obra



Fuente: Elaboración propia y material de apoyo aportado por el usuario, integrado al orden de secuencia del manual.

La imagen muestra en detalle la malla de refuerzo de la zapata ubicada en la base, desde la cual emergen varillas verticales (*dowels*) diseñadas para conectar y transferir cargas hacia la estructura superior. Sobre esta cimentación se desarrolla el armado de la viga, conformado por barras longitudinales y estribos que definen su geometría, manteniendo todos los elementos del sistema unidos rígidamente mediante alambre de amarre. El conjunto está contenido dentro de un encofrado de madera preparado para el vaciado de concreto, presentándose en un entorno de obra real con la excavación y el suelo natural claramente visibles.

7.2.16. Levantamiento del muro con integración del refuerzo vertical y horizontal

a) Finalidad

Ejecutar el levantamiento del muro de mampostería reforzada integrando en una misma secuencia constructiva el bloque de concreto, el refuerzo vertical, el refuerzo horizontal y sus respectivos amarres, con el objetivo de conformar un sistema estructural monolítico que quede listo para el posterior relleno de celdas con concreto líquido (grout).

Esta actividad constituye el núcleo del sistema de mampostería reforzada, ya que de su correcta ejecución depende la interacción entre los bloques, el acero de refuerzo y el mortero de pega, elementos que en conjunto deben trabajar como un solo cuerpo para resistir las cargas gravitacionales y laterales (como sismos o viento).

b) Justificación técnica

El muro se ejecutará utilizando bloque de concreto de 15 cm de ancho, específicamente diseñado para mampostería reforzada (con celdas alineadas verticalmente que permiten alojar el acero de refuerzo y el grout de relleno). El refuerzo vertical estará compuesto por varilla corrugada #3 (3/8"), fabricada con acero ASTM A615 Grado 40, con una resistencia a la fluencia mínima de 2800 kg/cm² (40,000 psi). Las juntas de mortero tendrán un espesor de 1 cm y el recubrimiento del acero dentro de la celda será de 1 cm medido desde la cara interior del bloque hasta la superficie de la varilla.

En el presente manual se adopta una separación de 40 cm entre barras verticales, distancia que corresponde al módulo longitudinal estándar del bloque de 15 cm (cuando se coloca un bloque macizo o una celda reforzada de por medio) y permite que el acero quede centrado dentro del hueco, facilitando su recubrimiento y asegurando una correcta adherencia con el *grout* de relleno.

El refuerzo horizontal se integrará durante el levantamiento del muro, colocándose embebido dentro de la junta de mortero horizontal. Este refuerzo deberá mantener continuidad en toda la longitud del muro, quedar amarrado al refuerzo vertical en cada punto de cruce, y respetar un espaciamiento máximo de 6 hiladas o 60 cm, el menor de ambos valores. Esta disposición responde a criterios sismorresistentes, ya que el refuerzo horizontal confina el muro, distribuye esfuerzos y evita la formación de grietas verticales excesivas.

El amarre del acero se ejecutará con alambre recocido calibre #18, utilizando preferentemente amarre en "cruz" o "doble anillo", con al menos dos vueltas y apriete manual con tenaza. Este procedimiento debe dejar el refuerzo firme, estable y sin desplazamientos durante el levantamiento del muro y el posterior relleno estructural de celdas, evitando que las varillas se desplacen lateralmente o queden excéntricas dentro de la celda.

c) Alcance técnico de la actividad

La presente actividad comprende:

- Revisión de esperas (aceros de arranque) y modulación del muro.
- Distribución y colocación de bloques, incluyendo medios bloques y piezas especiales.

- Integración del refuerzo vertical dentro de las celdas previstas.
- Colocación del refuerzo horizontal embebido en las juntas de mortero.
- Amarre del refuerzo vertical con el horizontal mediante alambre recocido.
- Ejecución de juntas de mortero horizontales y verticales de 1 cm.
- Control continuo de plomo, nivel y alineación del muro.
- Limpieza sistemática de celdas para garantizar el paso libre del grout.
- Preparación final del muro para el posterior relleno estructural de celdas.

No comprende:

- Relleno estructural de celdas (inyección de grout).
- Colado de viga corona.
- Repellos, afinados o acabados superficiales.
- Instalaciones electromecánicas embebidas.

d) Materiales, herramientas y equipo

Materiales

- Bloque de concreto de 15 cm para mampostería reforzada, con resistencia mínima a compresión de 55 kg/cm² (según lo indicado en apartados anteriores).
- Medio bloque, bloque-viga o bloque especial de esquina, cuando la modulación lo requiera.
- Varilla corrugada #3 (3/8"), acero ASTM A615 Grado 40, para refuerzo vertical.
- Varilla corrugada #2 o #3 (según proyecto) para refuerzo horizontal.
- Alambre recocido calibre #18 para amarre del refuerzo vertical y horizontal.
- Mortero de pega con resistencia mínima a compresión de 120 kg/cm², dosificación típica 1:4 (cemento:arena) con agua suficiente para consistencia plástica.
- Agua limpia para el mortero y para humedecer los bloques (cuando se requiera).
- Separadores o cuñas de control (generalmente de plástico o alambre) para mantener centrado el acero dentro de la celda.

Herramientas

- Cuchara de albañil (badilejo).
- Marco para echar mezcla (bandeja o fratacho).
- Lienza (cordel de referencia).
- Plomada de albañil.

- Nivel de burbuja (manual y, opcionalmente, nivel láser).
- Cinta métrica de 5 m o 8 m.
- Tenaza de amarre.
- Cizalla manual o eléctrica para corte de varilla.
- Dobladora manual de varilla (tipo gato o de banco).
- Cubetas para mortero y agua.
- Carretilla.
- Cepillo metálico o escoba de cerdas duras para limpieza de celdas.
- Flexómetro.

Equipo

- Trompo o mezcladora para mortero (de ½ o 1 bolsa de capacidad).
- Plataforma de trabajo o andamio metálico, cuando la altura del muro supere 1.50 m.

e) Procedimiento técnico de ejecución

- **Revisar las esperas y el eje del muro.** Se comprobará que las barras de arranque (esperas) provenientes de la cimentación o viga de fundación queden firmemente empotradas, limpias (libres de lodo, grasa o corrosión suelta), perfectamente alineadas con el eje del muro y saliendo exactamente dentro de las celdas previstas según la modulación.
- **Modular el tramo a ejecutar.** Se distribuirán los bloques de 15 cm en seco sobre el terreno o sobre la viga de fundación, sin mortero, para verificar la longitud total, la ubicación de encuentros con otros muros, la posición necesaria de medios bloques (piezas de 10 o 15 cm de longitud) y la correcta coincidencia de las celdas con el refuerzo vertical. Se recomienda ajustar la modulación desplazando ligeramente el inicio del muro, si es posible, antes de fijar definitivamente.
- **Preparar el mortero de pega.** El mortero se elaborará en trompo o mezcladora, utilizando cemento, arena limpia y agua en proporción adecuada (aproximadamente 1:4 en volumen). Se buscará una consistencia plástica, uniforme y sin exceso de agua, que permita ejecutar juntas horizontales y verticales de 1 cm sin que el mortero se escurra ni se desmorone. El tiempo de uso no debe superar los 90 minutos desde su mezclado.
- **Colocar el refuerzo vertical.** La varilla #3 se introducirá dentro de la celda correspondiente, haciendo traslape con la espera inferior en una longitud mínima de 40 diámetros (aprox. 30

cm) o según lo indique el plano estructural. Se mantendrá una separación de 40 cm entre barras (centro a centro) y un recubrimiento de 1 cm respecto a la cara interior de la celda. Para garantizar este recubrimiento se pueden usar separadores plásticos o pequeños dados de mortero.

- **Amarrar el refuerzo vertical.** Cada varilla vertical se fijará a la espera inferior en la zona de traslape con alambre recocado calibre #18, ejecutando un amarre manual firme con tenaza (al menos dos vueltas cruzadas). Este amarre debe impedir que la barra se desplace verticalmente o gire durante el levantamiento del muro.
- **Asentar los bloques de la primera hilada.** Los bloques se colocarán alrededor del refuerzo vertical, apoyándolos sobre una cama completa de mortero de aproximadamente 1 cm de espesor. Se ejecutará junta horizontal continua y junta vertical de 1 cm entre bloques adyacentes, cuidando de no golpear ni desplazar la barra vertical. Se verificará la alineación con lienza.
- **Mantener el escaloneo (amarre de piezas).** La hilada superior se colocará desfasada respecto a la inmediata inferior, de modo que las juntas verticales no coincidan en hiladas consecutivas. El escaloneo mínimo recomendado es de 1/4 de la longitud del bloque (aproximadamente 10 cm), asegurando el amortiguamiento entre piezas y evitando grietas verticales continuas.
- **Colocar el refuerzo horizontal.** El refuerzo horizontal (generalmente varilla #2 o #3) se colocará embebido dentro del mortero de la junta horizontal en la hilada definida según proyecto (por ejemplo, cada 2, 4 o 6 hiladas). Se mantendrá continuidad en los encuentros, con traslapes de al menos 30 cm en los extremos y dobleces en esquinas. El espaciamiento vertical máximo no será mayor a 6 hiladas ni a 60 cm.
- **Amarrar el refuerzo horizontal con el vertical.** En cada punto de cruce donde el refuerzo horizontal pasa junto a una varilla vertical, se fijarán ambos con alambre recocado calibre #18, ejecutando un amarre manual firme (cruzado o en "ocho"). Este amarre evitará el movimiento durante el avance del muro y, especialmente, durante el posterior relleno de celdas con grout, que tiende a desplazar las varillas.
- **Resolver extremos e intersecciones.** En extremos de muro, esquinas e intersecciones en "T" o "L", se mantendrá continuidad del sistema de refuerzo. Las varillas verticales adicionales se colocarán según detalle estructural. El refuerzo horizontal deberá doblarse o anclarse

adecuadamente (por ejemplo, con gancho a 90° embebido en la última celda o columna de confinamiento).

- **Controlar plomo, nivel y alineación en cada hilada.** Cada dos o tres hiladas se revisará el muro con lienza (para alineación horizontal y vertical), plomada (para verticalidad) y nivel (para horizontalidad). Cualquier pérdida de eje, desplome superior a 5 mm en 2 m o desnivel deberá corregirse de inmediato, antes de que el mortero fragüe, ajustando los bloques con suaves golpes de cuchara.
- **Limpiar las celdas reforzadas de manera sistemática.** Durante el levantamiento y al finalizar el muro, se retirará el mortero caído, residuos, polvo o cualquier obstrucción dentro de las celdas que recibirán relleno estructural. Para ello se puede usar un cepillo metálico, una varilla delgada o aire comprimido. El objetivo es dejar el paso libre y continuo para que el grout pueda fluir por gravedad y envolver completamente el acero.
- **Verificar el sistema completo previo al relleno.** Una vez finalizado el levantamiento del muro, se inspeccionará que:
 - a) El refuerzo vertical y horizontal esté integrado según el diseño.
 - b) Los amarres sean firmes y estén completos.
 - c) Las juntas de mortero estén llenas y tengan 1 cm de espesor.
 - d) La modulación sea correcta (escaloneo, encuentros).
 - e) Las celdas estén completamente limpias y continuas.
 - f) El muro conserve plomo, nivel y alineación.

Con esta verificación, el muro quedará listo para la actividad de relleno estructural de celdas.

f) Control técnico de calidad

Se verificará que:

- El bloque utilizado sea de 15 cm de ancho y apto para mampostería reforzada (celdas alineadas).
- La junta de mortero tenga un espesor uniforme de 1 cm, tanto horizontal como vertical.
- El refuerzo vertical corresponda a varilla #3 (3/8") ASTM A615 Grado 40.
- Las barras verticales estén colocadas con una separación máxima de 40 cm centro a centro.
- El recubrimiento del acero vertical dentro de la celda sea de 1 cm como mínimo.

- El refuerzo horizontal quede completamente embebido en la junta de mortero y su espaciamiento vertical no exceda 6 hiladas ni 60 cm.
- Los amarres del acero (vertical-vertical en traslapes y vertical-horizontal en cruces) se ejecuten con alambre recocado calibre #18 y queden firmes (sin juego).
- Las hiladas del muro queden escalonadas (juntas verticales no coincidentes).
- El muro conserve en todo momento plomo, nivel y alineación según tolerancias constructivas (≤ 5 mm en 2 m).
- Las celdas reforzadas queden limpias, sin obstrucciones y continuas para el paso del *grout*.

g) Errores frecuentes

Se evitará:

- Colocar el refuerzo vertical fuera de la celda prevista o descentrado.
- Dejar la barra vertical pegada a la pared interior del bloque, reduciendo el recubrimiento a menos de 1 cm.
- Perder la separación de 40 cm entre barras verticales, aumentando o disminuyendo irregularmente la distancia.
- Ejecutar juntas de mortero incompletas o de espesor variable (mayor o menor a 1 cm).
- Perder el escaloneo entre hiladas, generando juntas verticales continuas.
- Colocar el refuerzo horizontal sin continuidad en los encuentros o con espaciamiento excesivo (>6 hiladas o 60 cm).
- Dejar amarres flojos o incompletos entre el refuerzo vertical y horizontal.
- Obstruir las celdas con mortero caído, residuos o herramientas olvidadas.
- Continuar levantando el muro fuera de plomo o fuera de eje sin corregir previamente.

h) Recomendaciones técnicas

Se recomienda:

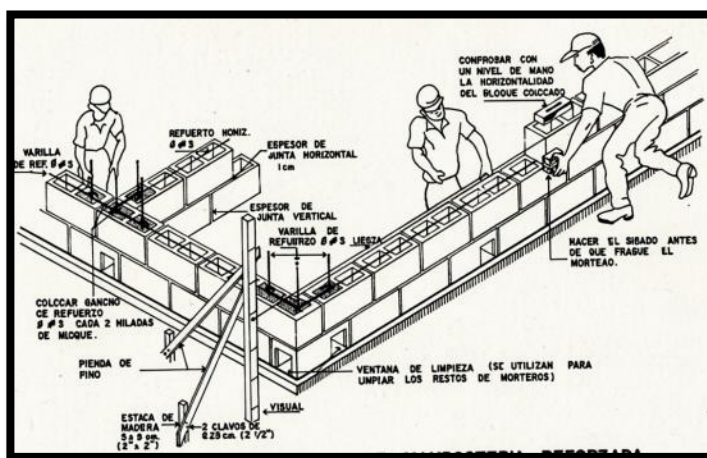
- **Modular primero el muro en seco** (sin mortero) y luego fijar la posición definitiva del acero, ajustando la modulación si es necesario antes de comenzar a pegar.
- **Controlar el eje del refuerzo vertical** en cada hilada, verificando visualmente que la varilla permanezca centrada dentro de la celda.

- **Colocar y amarrar el refuerzo horizontal conforme avanza el muro**, sin dejarlo para una corrección posterior, ya que sería difícil insertarlo después.
- **Limpiar las celdas durante el levantamiento** (por ejemplo, cada 4 hiladas) y no solo al final, para facilitar la remoción de mortero caído.
- **No pasar a la actividad de relleno estructural** mientras existan celdas obstruidas, barras fuera de eje, amarres deficientes o juntas incompletas. El relleno debe realizarse sobre un muro perfectamente preparado.
- **Proteger el acero vertical** de la corrosión si el muro permanece expuesto a la intemperie por más de 7 días antes del relleno.
- **Utilizar mortero con la consistencia adecuada** (ni muy seco ni muy líquido) para asegurar una buena adherencia y evitar que el mortero se caiga dentro de las celdas al asentar los bloques.

i) Apoyo gráfico

A continuación se presentan las figuras que ilustran el proceso de levantamiento del muro con integración de refuerzo vertical y horizontal. Cada figura incluye una descripción técnica detallada para facilitar su comprensión.

Figura 56. Tipos de bloque para mampostería reforzada de 15 cm.



Elaboración propia con apoyo gráfico generado (o adaptado de manuales de bloqueras locales).

La figura presenta una cartilla o tabla con los tipos principales de bloques de concreto de 15 cm de ancho utilizados en sistemas de mampostería reforzada. Se muestran, generalmente en filas, el bloque estándar (con dos o tres celdas alineadas verticalmente), el medio bloque (utilizado para ajustes modulares en extremos y encuentros), el bloque-viga (con canaleta horizontal para alojar

Figura 57. Sistema general de construcción de mampostería reforzada.

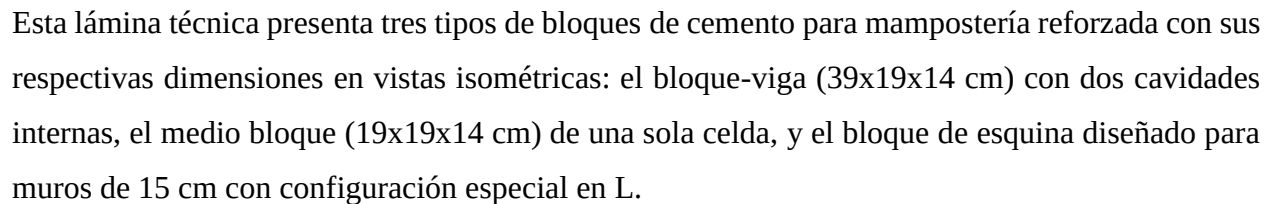
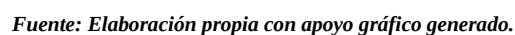


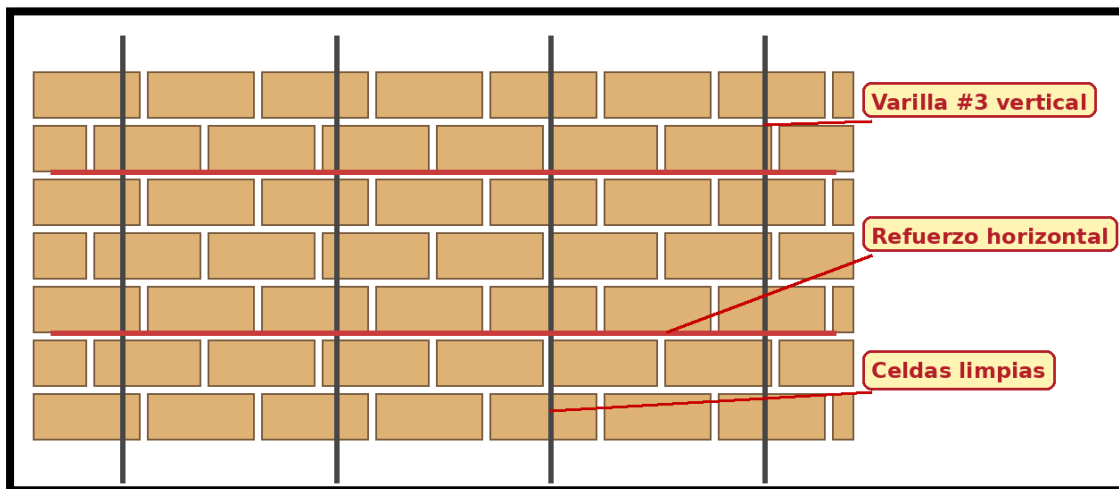
Figura 58. Detalle del muro reforzado con integración del acero.



La figura muestra un detalle en corte transversal y en alzado parcial de un muro de mampostería reforzada, enfatizando la lógica de integración del refuerzo dentro de la unidad de mampostería. En el corte transversal se observa un bloque de 15 cm de ancho, con sus dos celdas verticales.

Dentro de una de las celdas se aprecia la varilla vertical #3, centrada y con un recubrimiento de 1 cm respecto a las paredes interiores del bloque. Sobre la cara superior del bloque se ve la junta de mortero de 1 cm, y dentro de ella (en la vista en alzado) se representa el refuerzo horizontal #2 o #3, colocado longitudinalmente y amarrado a la varilla vertical con alambre recocido. También se indica la separación de 40 cm entre ejes de barras verticales y el espaciamiento máximo de 6 hiladas o 60 cm para el refuerzo horizontal. Este detalle es fundamental para comprender cómo el acero, el bloque y el mortero trabajan en conjunto.

Figura 59. Croquis 2D del levantamiento del muro con refuerzo integrado.

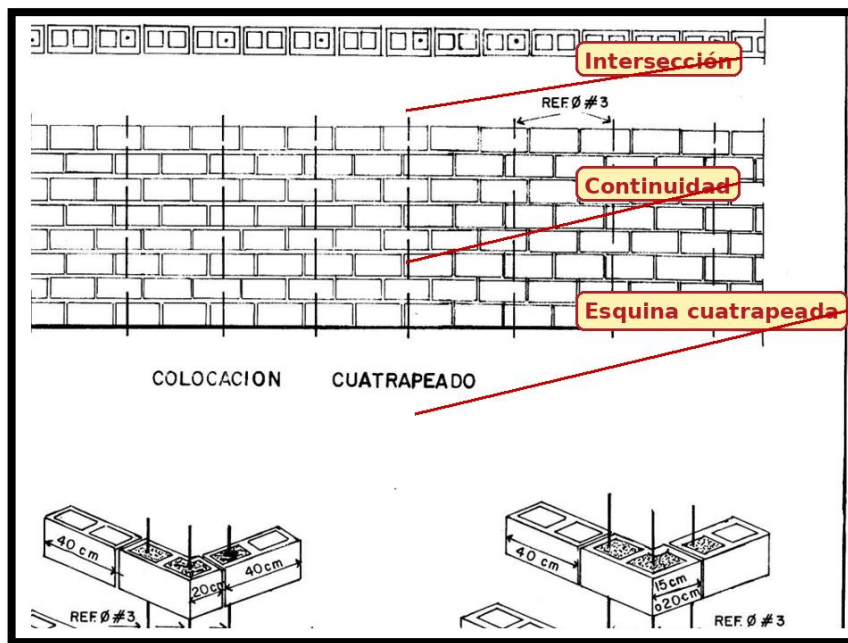


Fuente: Elaboración propia con apoyo gráfico generado.

Este croquis técnico bidimensional (en vista frontal y en planta) resume la posición y disposición del refuerzo vertical y horizontal dentro del muro antes del relleno de celdas. En la vista frontal se dibujan varias hiladas de bloques, indicando con líneas punteadas o puntos la ubicación de las varillas verticales #3 cada 40 cm, y con una línea continua horizontal el refuerzo horizontal embebido en las juntas (por ejemplo, en la hilada 2 y en la hilada 5, respetando un espaciamiento menor a 60 cm).

Se destacan los amarres con alambre recocido en cada cruce. En la vista en planta (generalmente en la parte superior o inferior del croquis) se muestra la disposición de los bloques, las celdas y la posición centrada de las barras. Este croquis sirve como guía de armado para el personal de obra, ya que sintetiza los parámetros clave: separación de barras, recubrimiento, espaciamiento del refuerzo horizontal y puntos de amarre.

Figura 60. Intersección y continuidad del sistema reforzado

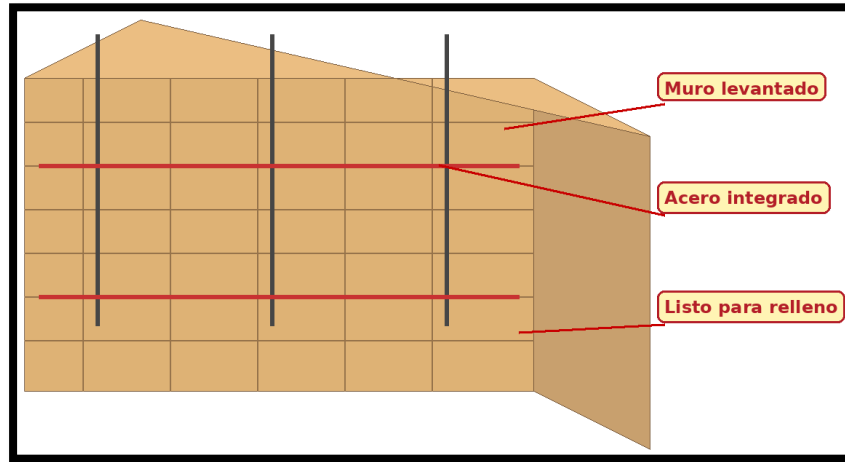


Fuente: Elaboración propia con apoyo gráfico generado.

La lámina está dedicada a resolver encuentros y esquinas en muros de mampostería reforzada, manteniendo la continuidad del amarre estructural. Se presentan varios casos típicos: una esquina en "L" (dos muros perpendiculares), una intersección en "T" (un muro que llega a otro de forma perpendicular) y un encuentro en "cruz" (+) de dos muros.

En cada caso se muestra cómo se colocan las varillas verticales adicionales en las esquinas, cómo se dobla y ancla el refuerzo horizontal (generalmente con gancho a 90° o con traslape dentro de la celda de la esquina), y cómo se mantiene el escaloneo de los bloques para que las juntas verticales no coincidan en las intersecciones. Esta figura es de gran utilidad práctica, ya que los puntos de intersección suelen ser los más débiles si no se refuerzan y amarran correctamente.

Figura 61. Vista final del muro reforzado listo para relleno



Fuente: Elaboración propia con apoyo gráfico generado.

La figura presenta el resultado esperado una vez finalizado el levantamiento del muro con la integración completa del refuerzo vertical y horizontal, antes de proceder al relleno estructural de celdas. Se muestra un paño de muro terminado, con los bloques perfectamente alineados, las juntas de mortero uniformes de 1 cm, el escaloneo correcto entre hiladas, y las varillas verticales #3 visibles en la parte superior (sobresaliendo para su conexión con la viga corona).

En la parte inferior o lateral se incluye una llamada que indica "celdas limpias y libres", haciendo referencia a que el interior de los huecos está despejado de mortero caído o residuos. También se aprecia el refuerzo horizontal en las juntas indicadas y los amarres de alambre recocido en los cruces. Esta imagen sirve como modelo de control de calidad: si el muro real se ve igual a esta figura, está técnicamente apto para recibir el *grout* de relleno y continuar con la viga corona.

7.3. Objetivo 3. Determinar los costos y presupuestos de construcción de la vivienda para ambos sistemas constructivos

7.3.1. Metrado comparativo (takeoff) con procedimiento

Base geométrica del prototipo: dimensiones generales 7.60 m × 6.84 m y altura de muro 2.44 m. La cubierta es de un agua y la cimentación es corrida. El bloque es de 15 cm.

- Cálculo de perímetro (P):

$$P = 2 \times (\text{Largo} + \text{Ancho}) = 2 \times (7.60 + 6.84) = 2 \times 14.44 = 28.88 \text{ m.}$$

- Longitud interior estructural (Lint):

Para cuantificación referencial de obra, se adopta una longitud interior de muros estructurales $L_{int} = 10.00 \text{ m}$ (muros interiores principales visibles en planta). Esta longitud es editable y se ajusta si se dispone de medición exacta en planos estructurales.

- Longitud total de muros/cimentación (L_{total}):

$$L_{total} = P + L_{int} = 28.88 + 10.00 = 38.88 \text{ m.}$$

- Área de muros para bloque (aproximación base)

Tabla 9. Cuadro de metrados consolidados por sistema

Partida	Unidad	Cantidad	Procedimiento / fórmula base
Excavación zanja	m ³	16.33	$0.70 \times 0.60 \times 38.88$
Plantilla (concreto pobre) 5 cm	m ³	0.97	$0.50 \times 0.05 \times 38.88$
Zapata corrida	m ³	4.86	$0.50 \times 0.25 \times 38.88$
Viga de fundación	m ³	1.17	$0.15 \times 0.20 \times 38.88$
Concreto en columnas	m ³	0.878	$16 \text{ col} \times (0.15 \times 0.15 \times 2.44)$
Concreto viga corona perimetral	m ³	0.866	$0.15 \times 0.20 \times 28.88$
Acero #3 total (col+viga corona+viga fundación)	Var 6m	73	$27 + 20 + 26$
Acero #2 total (estribos col + estribos viga corona + estribos viga fundación)	Var 6m	66	$28 + 15 + 23$
Bloque 15 cm	und	1200	$\approx 1,244$ redondeado
Cubierta zinc cal. 26 (1 agua)	m ²	55	Área referencial (incluye traslapes)
Piso de concreto	m ²	51.235	Área total del prototipo
Excavación zanja	m ³	16.33	$0.70 \times 0.60 \times 38.88$ (mismo criterio)
Plantilla (concreto pobre) 5 cm	m ³	0.97	$0.50 \times 0.05 \times 38.88$
Zapata corrida	m ³	4.86	$0.50 \times 0.25 \times 38.88$
Viga de fundación	m ³	1.17	$0.15 \times 0.20 \times 38.88$
Concreto viga corona	m ³	1.17	$0.15 \times 0.20 \times 38.88$
Acero #3 (refuerzo vertical + viga corona)	var 6m	63	$37 + 26$
Acero #2 (refuerzo horizontal + estribos viga corona)	var 6m	114	$91 + 23$
Mortero estructural fluido (relleno de celdas)	m ³	2.44	$2.14 \text{ (celdas)} + 0.30 \text{ (vanos)}$
Bloque 15 cm	und	1200	$\approx 1,244$ redondeado
Cubierta zinc cal. 26 (1 agua)	m ²	55	Área referencial (incluye traslapes)
Piso de concreto	m ²	51.235	Área total del prototipo

Fuente: Propia

7.3.2. Procedimientos clave – refuerzo en muros (método 2)

Refuerzo vertical (RV): se adopta separación referencial $s = 0.60$ m sobre $L_{total} = 38.88$ m. Número base: $\text{ceil}(38.88/0.60) = 65$. Se añade reserva por esquinas/intersecciones/vanos: +8. Total RV = 73 barras. Longitud por barra: $2.44 \text{ m} + 0.60 \text{ m}$ (anclajes) = 3.04 m. Longitud total RV = $73 \times 3.04 = 221.92$ m. En varillas de 6 m: $221.92/6 = 36.99 \rightarrow 37$ varillas #3.

Refuerzo horizontal (RH): capas en altura con separación 0.40 m. Número de capas: $\text{ceil}(2.44/0.40) = 7$. Longitud por capa: 38.88 m. Se consideran 2 líneas por capa: $L_{total} = 7 \times 38.88 \times 2 = 544.32$ m. En varillas de 6 m: $544.32/6 = 90.72 \rightarrow 91$ varillas #2.

Tabla 10. Análisis de precios unitarios (PU) con descomposición

Insumo / actividad	Unidad	PU (C\$)
Varilla #3 (3/8") – 6 m	var	420
Varilla #2 (1/4") – 6 m	var	260
Concreto estructural	m ³	4800
Concreto pobre (plantilla)	m ³	3800
Mortero estructural fluido	m ³	4200
Bloque 15 cm	und	22
Zinc cal. 26	m ²	360
Excavación manual	m ³	450

Fuente: Propia

Los precios unitarios (PU) se expresan en córdobas (C\$) y se aplican mediante la relación: Costo parcial = Cantidad $\times$ PU. Se muestran ejemplos y se utiliza el mismo procedimiento para cada partida.

7.3.3. Ejemplos de descomposición (procedimiento)

- Ejemplo 1 – Concreto en zapata corrida (Método 1): Cantidad = 4.86 m^3 ; PU = C\$ 4,800/m³. Costo = $4.86 \times 4,800 = \text{C\$ } 23,328$.
- Ejemplo 2 – Acero #3 total (Método 1): Cantidad = 73 varillas; PU = C\$ 420/varilla. Costo = $73 \times 420 = \text{C\$ } 30,660$.
- Ejemplo 3 – Mortero estructural fluido (Método 2): Cantidad = 2.44 m^3 ; PU = C\$ 4,200/m³. Costo = $2.44 \times 4,200 = \text{C\$ } 10,248$.

Tabla 11. Presupuesto total por sistema (cálculo detallado)

Partida	Unidad	Cantidad	PU (C\$)	Costo (C\$)
Excavación zanja	m ³	16.33	450,00	7.348,50
Plantilla (concreto pobre)	m ³	0.97	3.800,00	3.686,00
Concreto zapata corrida	m ³	4.86	4.800,00	23.328,00
Concreto viga de fundación	m ³	1.17	4.800,00	5.616,00
Concreto columnas	m ³	0.878	4.800,00	4.214,40

Concreto viga corona perimetral	m ³	0.866	4.800,00	4.156,80
Acero #3 total	var	73	420,00	30.660,00
Acero #2 total	var	66	260,00	17.160,00
Bloque 15 cm	und	1200	22,00	26.400,00
Cubierta zinc cal. 26	m ²	55	360,00	19.800,00

Fuente: Propia

Tabla 12.Total, Método 1 (Mampostería confinada) = C\$ 142.369,70

Partida	Unidad	Cantidad	PU (C\$)	Costo (C\$)
Excavación zanja	m ³	16.33	450,00	7.348,50
Plantilla (concreto pobre)	m ³	0.97	3.800,00	3.686,00
Concreta zapata corrida	m ³	4.86	4.800,00	23.328,00
Concreta viga de fundación	m ³	1.17	4.800,00	5.616,00
Concreto viga corona	m ³	1.17	4.800,00	5.616,00
Mortero estructural fluido (relleno)	m ³	2.44	4.200,00	10.248,00
Acero #3	var	63	420,00	26.460,00
Acero #2	var	114	260,00	29.640,00
Bloque 15 cm	und	1200	22,00	26.400,00
Cubierta zinc cal. 26	m ²	55	360,00	19.800,00

Fuente: Propia

Total, Método 2 (Mampostería reforzada) = C\$ 158.142,50

7.3.4. Comparación económica final (diferencia porcentual + interpretación)

- Procedimiento: Diferencia absoluta = Total Método 2 – Total Método 1 = 158.142,50 – 142.369,70 = C\$ 15.772,80.
- Procedimiento: Diferencia porcentual = (Diferencia / Total Método 1) × 100 = (15772.80 / 142369.70) × 100 = 11.08 %.

Tabla 13.Comparación económica final

Sistema	Costo total (C\$)
Mampostería confinada	C\$ 142.369,70
Mampostería reforzada	C\$ 158.142,50

Fuente: Propia

Para el prototipo analizado, la mampostería reforzada resulta más costosa. El incremento se concentra en el aumento de acero horizontal y en el mortero estructural fluido utilizado para el relleno de celdas, mientras que la mampostería confinada concentra más costo en columnas y vigas de confinamiento.

Tabla 14.Incidencia de costo por partidas (identificación de los rubros que más pesan)

Top rubros Método 1	% del total
Acero #3 total	21.5%
Bloque 15 cm	18.5%

Concreto zapata corrida	16.4%
Cubierta zinc cal. 26	13.9%
Acero #2 total	12.1%
Excavación zanja	5.2%

Top rubros Método 2	% del total
Acero #2	18.7%
Acero #3	16.7%
Bloque 15 cm	16.7%
Concreto zapata corrida	14.8%
Cubierta zinc cal. 26	12.5%
Mortero estructural fluido (relleno)	6.5%

Fuente: Propia

En ambos sistemas, el acero y el concreto representan el peso principal del presupuesto. En el método reforzado, el mortero estructural fluido se incorpora como rubro adicional relevante.

7.3.5. Análisis de sensibilidad (escenario de variación de precio del acero)

Para fortalecer la defensa, se evalúa un escenario simple: incremento del 10% en el precio del acero (#3 y #2) manteniendo constantes el resto de insumos.

Tabla 15. Análisis de sensibilidad

Escenario	Total Método 1 (C\$)	Total Método 2 (C\$)	Diferencia (C\$)	Diferencia (%)
Base (sin cambio)	142.369,70	158.142,50	15.772,80	11.08%
Acero +10%	147.151,70	163.752,50	16.600,80	11.28%

Fuente: Propia

Si el acero incrementa, ambos sistemas suben; sin embargo, el método reforzado tiende a aumentar más porque depende de un mayor consumo de acero distribuido en muros.

En complemento a los resultados obtenidos en el metrado, análisis de precios unitarios y presupuesto total, el análisis económico desarrollado permite interpretar de manera integral el comportamiento de los sistemas constructivos evaluados, estableciendo no solo diferencias cuantitativas, sino también sus implicaciones técnicas en el contexto de vivienda de interés social.

Desde un enfoque ingenieril, la estimación de costos realizada se fundamenta en la relación directa entre cantidades de obra (metrados), precios unitarios y condiciones reales de ejecución. La consistencia entre estos tres componentes garantiza la confiabilidad de los resultados obtenidos,

permitiendo que el presupuesto refleje de manera aproximada el comportamiento económico del proyecto en un escenario real de construcción.

La comparación entre mampostería confinada y mampostería reforzada evidencia que las variaciones en el costo total no son arbitrarias, sino que responden directamente a diferencias en la configuración estructural y en la distribución de materiales. En particular, el sistema de mampostería reforzada presenta un incremento en el consumo de acero, tanto vertical como horizontal, así como la incorporación del mortero estructural fluido para el relleno de celdas, lo cual constituye un factor determinante en el aumento del costo total.

Por su parte, la mampostería confinada concentra el uso de acero y concreto en elementos estructurales específicos, como columnas y vigas de amarre, lo que permite un mayor control del consumo de estos materiales. Esta característica se traduce en una menor incidencia económica en comparación con el sistema reforzado, manteniendo al mismo tiempo condiciones estructurales adecuadas para el tipo de vivienda analizada.

El análisis de incidencia de costos por partidas confirma que los rubros asociados al acero, concreto y mampostería representan el mayor peso dentro del presupuesto total en ambos sistemas. Sin embargo, la distribución de estos costos varía significativamente: mientras que en la mampostería confinada el peso económico se concentra en elementos estructurales definidos, en la mampostería reforzada el costo se distribuye a lo largo de los muros, incrementando el consumo total de materiales.

Adicionalmente, el análisis de sensibilidad aplicado al precio del acero permite validar la robustez de los resultados obtenidos. Ante un incremento del 10% en este insumo, ambos sistemas experimentan un aumento en su costo total; no obstante, el sistema de mampostería reforzada presenta una mayor variación relativa, debido a su mayor dependencia del acero como componente estructural principal. Este comportamiento refuerza la conclusión de que dicho sistema es más vulnerable a fluctuaciones del mercado de materiales.

Desde la perspectiva de viabilidad económica, los resultados indican que la mampostería confinada constituye una alternativa más accesible para proyectos de vivienda de interés social, especialmente en contextos donde el presupuesto es una limitante crítica. La diferencia porcentual identificada, aunque puede parecer moderada en términos relativos, representa un impacto significativo en términos absolutos para familias de ingresos bajos y medios bajos.

Es importante destacar que la validez del análisis comparativo se sustenta en la estandarización del prototipo de vivienda, lo que garantiza que las diferencias de costo responden exclusivamente al sistema constructivo evaluado. Este enfoque metodológico elimina sesgos asociados al diseño y permite una comparación objetiva entre alternativas.

Asimismo, los resultados económicos obtenidos se vinculan directamente con la programación de obra desarrollada en el Objetivo 4, ya que el incremento en cantidades de materiales y complejidad constructiva en el sistema reforzado también se traduce en mayores tiempos de ejecución, lo cual puede generar costos indirectos adicionales no considerados en el presupuesto base.

De manera integral, el análisis de costos permite concluir que, para el prototipo de vivienda estudiado, la mampostería confinada ofrece una mejor relación costo–beneficio, al combinar un menor costo total con una ejecución más sencilla y adaptable al contexto local. Por su parte, la mampostería reforzada, aunque técnicamente viable, implica mayores exigencias económicas y operativas que deben ser evaluadas cuidadosamente antes de su implementación en proyectos de vivienda de interés social.

7.4. Objetivo 4. Programar la ejecución de obra mediante Microsoft Project para optimizar la planificación y control del tiempo

El cronograma en Microsoft Project se alimenta con actividades basadas en partidas del takeoff: excavación, cimentación, levantado de muros, acero, colados, cubierta, etc. La diferencia entre sistemas se asocia a la secuencia de ejecución y al control requerido.

Tabla 16. Impacto en tiempo (conexión con Microsoft Project)

Actividad crítica	Confinada (referencial)	Reforzada (referencial)	Justificación técnica
Estructura vertical	Columnas y viga corona; colados por etapas	Refuerzo en muros (RV/RH) + relleno; control continuo	La reforzada demanda más colocación de acero y relleno estructural
Ritmo de obra	Interrupciones por formaleta y colado	Más continuo, pero más control de calidad	El control de mortero estructural fluido añade tiempo de supervisión

Fuente: Propia

Estimación referencial de duración (para integrar a Project): Confinada 60 días; Reforzada 68 días. La diferencia se asocia principalmente al armado/colocación del refuerzo horizontal y al proceso de relleno estructural en muros.

Tabla 17. Matriz final de decisión técnica (costo + tiempo + facilidad constructiva)

Criterio	Mampostería confinada	Mampostería reforzada
Costo total (C\$)	C\$ 142.369,70	C\$ 158.142,50
Tiempo referencial	Menor (≈60 días)	Mayor (≈68 días)
Facilidad constructiva	Alta para cuadrillas tradicionales	Media; requiere más control en rellenos y acero
Riesgo por mala ejecución	Medio	Más alto (por rellenos y alineación de refuerzo)
Adecuación a vivienda social	Alta por costo y simplicidad	Alta si se garantiza control técnico

Fuente: Propia

En un contexto de vivienda de interés social, donde el control de presupuesto y el tiempo de ejecución son variables críticas, la mampostería confinada presenta ventaja económica en el prototipo analizado. La mampostería reforzada puede aportar un desempeño estructural más uniforme, pero incrementa el costo y demanda mayor control de ejecución, especialmente en el relleno con mortero estructural fluido.

7.4.1. Planificación y Programación de Obra (Anexo Técnico – Microsoft Project)

Este anexo presenta, por pasos, la estructuración del cronograma (lista de actividades), la asignación de duraciones, la definición de predecesoras y la identificación de la ruta crítica para ambos sistemas: mampostería confinada y mampostería reforzada. Se asume una cuadrilla típica de Nicaragua: 1 maestro de obra y 2 ayudantes, trabajando de lunes a sábado.

Método 1: Mampostería Confinada

Tabla 18.Paso 1: Listado de actividades (Confinada)

ID	Actividad
C1	Limpieza y desbroce del terreno
C2	Replanteo, trazo y nivelación
C3	Instalación provisional (agua/energía) y zona de mezcla
C4	Excavación de zanjas (cimentación corrida)
C5	Nivelación y compactación del fondo de zanja
C6	Plantilla de concreto pobre (≈ 5 cm)
C7	Armado de acero en zapata corrida
C8	Colado de zapata corrida
C9	Curado/espera mínima de zapata
C10	Armado y colado de viga de fundación
C11	Curado/espera mínima viga de fundación
C12	Levantado parcial de muros + alineación
C13	Armado, formaleta y colado de columnas (confinamiento)
C14	Curado/espera mínima de columnas
C15	Levantado final de muros
C16	Armado, formaleta y colado de viga corona
C17	Curado/espera mínima viga corona
C18	Estructura de cubierta (correas)
C19	Instalación de lámina zinc (cubierta 1 agua)
C20	Relleno interior y compactación
C21	Fundición de piso
C22	Curado/espera mínima de piso
C23	Limpieza final y entrega técnica (obra gris)

Fuente: Propia

Tabla 19.Paso 2: Duraciones (Confinada)

ID	Duración (días)
C1	1
C2	1
C3	1
C4	3
C5	1
C6	1
C7	2
C8	1
C9	2
C10	2
C11	2
C12	4
C13	2
C14	2
C15	6
C16	2

C17	2
C18	2
C19	2
C20	2
C21	1
C22	3
C23	1

Fuente: Propia

Duración laboral total estimada (Confinada): 46 días. Duración calendario aproximada: ≈60 días (incluye logística y tiempos muertos habituales).

Tabla 20. Paso 3: Predecesoras (Confinada)

ID	Predecesora
C1	-
C2	C1
C3	C2
C4	C3
C5	C4
C6	C5
C7	C6
C8	C7
C9	C8
C10	C9
C11	C10
C12	C11
C13	C12
C14	C13
C15	C14
C16	C15
C17	C16
C18	C17
C19	C18
C20	C19
C21	C20
C22	C21
C23	C22

Fuente: Propia

Paso 4: Ruta crítica (Confinada)

Con una sola cuadrilla (1 maestro + 2 ayudantes) y sin actividades paralelas relevantes, la ruta crítica se comporta como una cadena secuencial continua. Por tanto, la ruta crítica incluye todas las actividades desde C1 hasta C23.

Ruta crítica (Confinada): C1 → C2 → ... → C23. Duración de ruta crítica: 46 días laborales (≈60 días calendario).

Método 2: Mampostería Reforzada

Tabla 21. Paso 1: Listado de actividades (Reforzada)

ID	Actividad
R1	Limpieza y desbroce del terreno
R2	Replanteo, trazo y nivelación
R3	Instalación provisional (agua/energía) y zona de mezcla
R4	Excavación de zanjas (cimentación corrida)
R5	Nivelación y compactación del fondo de zanja
R6	Plantilla de concreto pobre (≈ 5 cm)
R7	Armado de acero en zapata corrida
R8	Colado de zapata corrida
R9	Curado/espera mínima de zapata
R10	Armado y colado de viga de fundación
R11	Curado/espera mínima viga de fundación
R12	Colocación/anclaje de acero vertical (RV) en muros
R13	Levantado de muros con control de RV (plomo/nivel)
R14	Colocación de acero horizontal (RH) por niveles
R15	Preparación y vaciado de mortero estructural (relleno de celdas)
R16	Compactación/verificación del relleno (varillado)
R17	Armado, formaleta y colado de viga corona
R18	Curado/espera mínima viga corona
R19	Estructura de cubierta (correas)
R20	Instalación de lámina zinc (cubierta 1 agua)
R21	Relleno interior y compactación
R22	Fundición de piso
R23	Curado/espera mínima de piso
R24	Limpieza final y entrega técnica (obra gris)

Fuente: Propia

Tabla 22. Paso 2: Duraciones (Reforzada)

ID	Duración (días)
R1	1
R2	1
R3	1
R4	3
R5	1
R6	1
R7	2
R8	1
R9	2
R10	2
R11	2
R12	2
R13	7
R14	4
R15	3
R16	1
R17	2

R18	2
R19	2
R20	2
R21	2
R22	1
R23	3
R24	1

Fuente: Propia

Duración laboral total estimada (Reforzada): 49 días. Duración calendario aproximada: ≈68 días (mayor control de acero horizontal y relleno estructural).

Tabla 23. Paso 3: Predecesoras (Reforzada)

ID	Predecesora
R1	-
R2	R1
R3	R2
R4	R3
R5	R4
R6	R5
R7	R6
R8	R7
R9	R8
R10	R9
R11	R10
R12	R11
R13	R12
R14	R13
R15	R14
R16	R15
R17	R16
R18	R17
R19	R18
R20	R19
R21	R20
R22	R21
R23	R22
R24	R23

Fuente: Propia

Paso 4: Ruta crítica (Reforzada)

En mampostería reforzada, la secuencia técnica exige dependencia directa entre colocación de RV, levantado de muro, colocación de RH y relleno estructural. Con una sola cuadrilla, estas actividades mantienen una cadena continua, por lo que la ruta crítica también es secuencial.

Ruta crítica (Reforzada): R1 → R2 → ... → R24. Duración de ruta crítica: 49 días laborales (≈68 días calendario).

Tabla 24.Comparación final (duración total)

Sistema	Duración laboral (días)	Duración calendario (aprox.)	Diferencia
Mampostería confinada	46	≈60	—
Mampostería reforzada	49	≈68	+8 días calendario

Fuente: Propia

Para el prototipo analizado y la cuadrilla definida, la mampostería confinada presenta menor duración total. La mampostería reforzada incrementa el plazo por actividades adicionales asociadas al refuerzo horizontal y al relleno estructural.

En complemento a la programación de obra desarrollada mediante Microsoft Project, el análisis del tiempo de ejecución permite interpretar de manera técnica las diferencias operativas entre los sistemas constructivos evaluados, estableciendo su impacto en la eficiencia del proyecto.

Desde la perspectiva de la ingeniería de proyectos, la duración total de la obra no depende únicamente del número de actividades, sino de la secuencia lógica de ejecución y de las restricciones operativas asociadas a los recursos disponibles. En el presente estudio, se consideró una única cuadrilla de trabajo, lo que condiciona el desarrollo de las actividades en una secuencia predominantemente lineal, sin posibilidad de ejecución en paralelo. Esta condición explica que, en ambos sistemas, la ruta crítica esté conformada por la totalidad de las actividades, sin holguras significativas.

Sin embargo, a pesar de esta similitud en la estructura del cronograma, se identifican diferencias importantes en la duración total de ejecución. La mampostería reforzada presenta un incremento en el tiempo de obra, el cual se explica principalmente por la incorporación de actividades adicionales relacionadas con la colocación de refuerzo horizontal, el control del refuerzo vertical y el proceso de relleno estructural de celdas con mortero fluido. Estas actividades no solo incrementan la duración, sino que requieren mayor precisión técnica, lo que reduce la velocidad de ejecución.

En contraste, la mampostería confinada, aunque presenta interrupciones asociadas a procesos de colado y uso de formaletas, mantiene una secuencia constructiva más sencilla y familiar para la mano de obra local, lo que favorece un ritmo de trabajo más estable. Esta característica permite una menor duración total del proyecto bajo las condiciones analizadas.

Desde el punto de vista de optimización, es importante señalar que la ausencia de paralelismo en las actividades responde a la limitación de recursos humanos definida en el estudio. En escenarios donde se disponga de múltiples cuadrillas o mayor capacidad operativa, sería posible reducir la duración total mediante la ejecución simultánea de ciertas actividades, particularmente en etapas de cimentación, levantado de muros y acabados. No obstante, para el contexto de vivienda de interés social y autoconstrucción, la secuencia lineal adoptada representa una condición realista de ejecución.

El uso de Microsoft Project como herramienta de programación permite estructurar de manera sistemática las actividades del proyecto, identificar dependencias, visualizar la ruta crítica y estimar tiempos de ejecución de forma ordenada. Su aplicación en el presente estudio fortalece la confiabilidad del análisis temporal y facilita la integración entre planificación, costos y procesos constructivos.

Adicionalmente, la diferencia en duración entre ambos sistemas tiene implicaciones directas en el comportamiento económico del proyecto. Un mayor tiempo de ejecución puede traducirse en incrementos en costos indirectos, tales como mano de obra prolongada, gastos operativos y posibles retrasos en la disponibilidad de la vivienda. En este sentido, la mampostería confinada no solo presenta ventajas en términos de costo directo, sino también en eficiencia temporal, lo que refuerza su conveniencia en proyectos de vivienda de interés social.

De manera integral, el análisis de la programación de obra permite concluir que, bajo las condiciones establecidas, la mampostería confinada ofrece una ejecución más eficiente en términos de tiempo, mientras que la mampostería reforzada, aunque técnicamente viable, implica una mayor duración asociada a su complejidad constructiva. Esta diferencia, en conjunto con los

resultados económicos obtenidos, constituye un criterio determinante para la toma de decisiones en proyectos habitacionales de bajo presupuesto.

8. CONCLUSIONES

Las conclusiones sintetizan los principales hallazgos obtenidos en el desarrollo del proyecto, organizados en función de los objetivos planteados. Cada conclusión refleja cómo el análisis comparativo, el diseño del prototipo, la definición de procesos constructivos, la estimación de costos y la programación de obra aportan respuestas concretas a la problemática de la vivienda de interés social en Sabana Grande.

Objetivo 1. Diseño del prototipo funcional de vivienda de interés social El prototipo diseñado responde a las condiciones socioeconómicas y urbanas de Sabana Grande, garantizando funcionalidad, eficiencia espacial y cumplimiento de normas técnicas nacionales. Se logró definir un modelo representativo que sirve como base para el análisis comparativo de sistemas constructivos.

Objetivo 2. Procesos constructivos de mampostería confinada y reforzada Se establecieron secuencias constructivas claras para ambos sistemas, evidenciando que la mampostería confinada ofrece mayor simplicidad y menor consumo de acero, mientras que la reforzada brinda mayor capacidad resistente pero requiere mayor especialización técnica. El manual técnico elaborado permite replicar procesos con orden y control de calidad.

Objetivo 3. Costos y presupuestos de construcción El análisis comparativo mostró diferencias significativas en costos: la mampostería confinada resultó más económica en materiales y mano de obra, mientras que la reforzada implicó mayor inversión inicial. Sin embargo, la reforzada ofrece ventajas en durabilidad y seguridad estructural. La comparación económica final y el análisis de sensibilidad confirman que la elección depende del balance entre costo y desempeño estructural.

Objetivo 4. Programación de obra con Microsoft Project La programación permitió visualizar tiempos de ejecución, identificar actividades críticas y optimizar recursos. El cronograma evidenció que la mampostería confinada reduce tiempos de obra, mientras que la reforzada demanda mayor duración por la colocación de acero adicional. La matriz de decisión técnica integró costo, tiempo y facilidad constructiva, ofreciendo un criterio sólido para la selección del sistema más adecuado.

9. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones derivan directamente de las conclusiones y buscan orientar la aplicación práctica de los resultados. Se presentan de manera vinculada a cada objetivo, con el propósito de ofrecer lineamientos técnicos y estratégicos que fortalezcan la planificación, ejecución y sostenibilidad de futuros proyectos de vivienda social.

Objetivo 1. Diseño del prototipo

- Mantener el prototipo como referencia estándar para proyectos similares en Sabana Grande.
- Validar periódicamente las especificaciones constructivas con normativas actualizadas.

Objetivo 2. Procesos constructivos

- Capacitar a maestros de obra en la correcta ejecución de ambos sistemas, priorizando el control de recubrimiento y alineación.
- Promover el uso del manual técnico como guía práctica en proyectos de vivienda social.

Objetivo 3. Costos y presupuestos

- Utilizar el metrado comparativo como herramienta de planificación en futuros proyectos.
- Considerar escenarios de variación de precios de acero y cemento para anticipar impactos económicos.
- Recomendar la mampostería confinada en proyectos con recursos limitados, y la reforzada en proyectos que prioricen seguridad estructural.

Objetivo 4. Programación de obra

- Implementar Microsoft Project como herramienta estándar de planificación en proyectos de vivienda social.
- Revisar y ajustar cronogramas según rendimientos reales en obra.
- Integrar la programación con el presupuesto para mejorar el control de costos y tiempos.

10. REFERENCIAS

- Alcaldía de Managua. (2020). *Normativa técnica municipal para construcción de vivienda*. Managua: Alcaldía de Managua.
- Asamblea Nacional de Nicaragua. (s. f.). *Reglamento Nacional de Construcción (RNC-07)*. Managua: Asamblea Nacional.
- Asamblea Nacional de Nicaragua. (2021). *Ley de vivienda de interés social*. Managua: Asamblea Nacional.
- Banco Central de Nicaragua (BCN). (2024). *Informe anual 2024*. Managua: BCN. Recuperado de <http://www.bcn.gob.ni>
- Banco Central de Nicaragua (BCN). (2025). *Plan Nacional de Producción, Consumo y Comercio 2025–2026*. Managua: BCN.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (1993). *Metodologías de evaluación de proyectos de vivienda social*. Santiago de Chile: CEPAL.
- Gobierno de Nicaragua. (2021). *Plan Nacional de Lucha contra la Pobreza y para el Desarrollo Humano 2022–2026*. Managua: Presidencia de la República.
- Hábitat para la Humanidad Nicaragua. (2020). *Memoria anual 2020*. Managua: Hábitat para la Humanidad. Recuperado de <https://www.habitat.org>
- Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE). (2023). *Encuesta continua de hogares: vivienda*. Managua: INIDE.
- Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE). (2024). *Encuesta de empleo mensual*. Managua: INIDE.
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER). (2007). *Reglamento Nacional de Construcción RNC-07*. Managua: INETER.
- Instituto Nicaragüense de Normas Técnicas (INN). (2011). *Normas técnicas mínimas para vivienda de interés social*. Managua: INN.
- Kerzner, H. (2017). *Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling* (12th ed.). Hoboken, NJ: Wiley.
- Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI). (2007). *Normas técnicas obligatorias para construcción*. Managua: MTI.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). (2019). *Metodologías de metrado y presupuestación en vivienda social*. Managua: UNI.

Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). (2023). *Estudios sobre vivienda social y planificación urbana*. Barcelona: UPC.

Urbanismo Managua. (s. f.). *Procedimientos técnicos para permisos de construcción*. Managua: Alcaldía de Managua.

World Bank. (2017). *Urban expansion and affordable housing in Central America*. Washington, DC: World Bank.

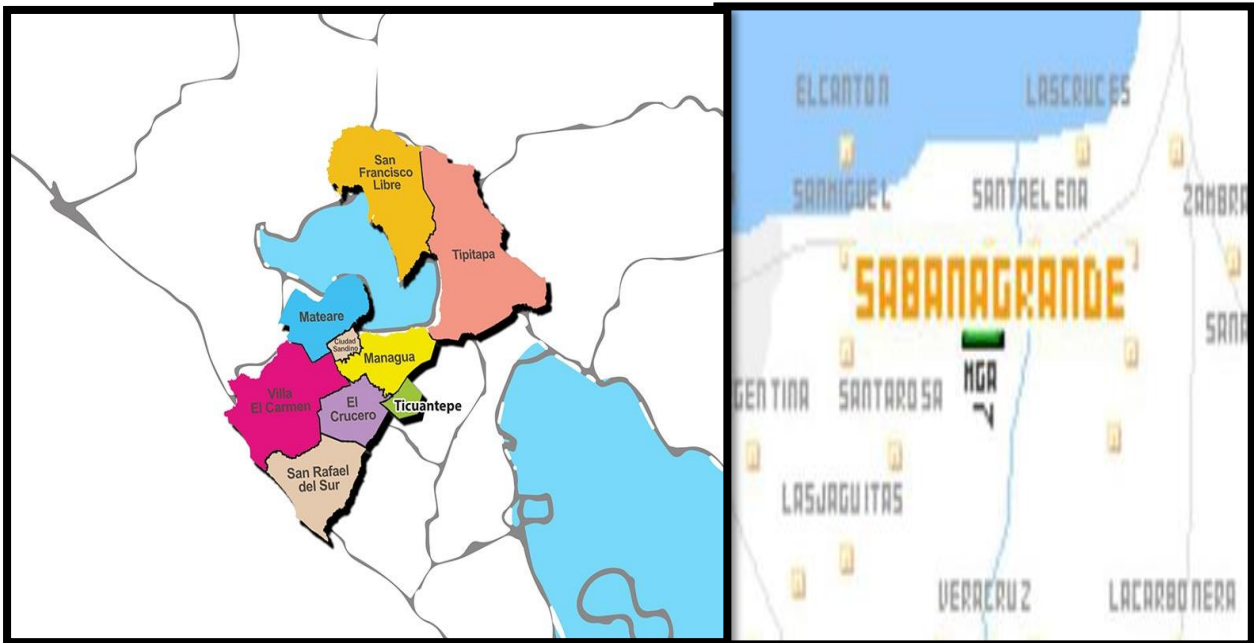
11. ANEXOS

Anexos 1.Macro localización



Fuente: Google

Anexos 2. Micro localización



Fuente: Google

Anexos 3.Vivienda modelo – Diseño de Plano



Anexos 4.Plano Arquitectónico

