

SUPERVISION TECNICA EN LA CONSTRUCCION DEL “CONJUNTO RESIDENCIAL TERRAZAS DEL CAMPESTRE” EN LA CIUDAD DE POPAYAN-CAUCA, EN LA FASE DE CONSTRUCCION DE MUROS, LOSAS DE ENTREPISO E INSTALACION DE REDES HIDROSANITARIAS



**INFORME FINAL DE PRACTICA PROFESIONAL (PASANTIA)
PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO CIVIL**

WILLIAMS EDUARDO ILES ORTIZ

Cod: 04001075

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCION
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
POPAYÁN**

2008

**SUPERVISION TECNICA EN LA CONSTRUCCION DEL “CONJUNTO
RESIDENCIAL TERRAZAS DEL CAMPESTRE” EN LA CIUDAD DE POPAYAN-
CAUCA EN LA FASE DE CONSTRUCCION DE MUROS, LOSAS DE
ENTREPISO E INSTALACION DE REDES HIDROSANITARIAS**



WILLIAMS EDUARDO ILES ORTIZ

Cod: 04001075

**Director de Departamento:
Arquitecto. GUSTAVO ANGEL**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCION
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
POPAYAN**

2008

TABLA DE CONTENIDO

1. TITULO DE LA PASANTIA.
2. INTRODUCCION
- 3 Información del proyecto.
- 4 OBJETIVOS.
 - 4.1 Objetivo general.
 - 4.2 Objetivos específicos.
5. CONSTRUCCION DE MUROS EN MAMPOSTERÍA REFORZADA
 - 5.1. Actividades desarrolladas
 - 5.2 Introducción al sistema.
 - 5.2.1 Tipo de construcción.
 - 5.3 Elementos del sistema.
 - 5.3.1 Unidades de mampostería.
 - 5.3.2 Mortero de pega.
 - 5.3.3 Mortero de inyección o relleno (grouting).
 - 5.3.3.1 Preparación de la mezcla.
 - 5.3.4 Refuerzo.
 - 5.3.4.1 Refuerzo vertical.
 - 5.3.4.2 Refuerzo horizontal.
 - 5.3.4.3 Conectores.
 - 5.3.4.4 Viga de amarre intermedia.
 - 5.4 Consideraciones estructurales.
 - 5.5 Proceso constructivo.
 - 5.5.1 Equipo.
 - 5.5.2 Modulación.
 - 5.5.2.1 Construcción del muro.
 - 5.5.2.2 Acabado del muro.
 - 5.5.2.3. Colocación de ductos.
 - 5.5.3. Colocación del refuerzo.
 - 5.5.3.1 Colocación del mortero de inyección.
 - 5.5.3.2. Localización de ventanas de inspección.

5.5.4. Construcción de las vigas de amarre

5.5.5 Mano de obra.

5.5.6. Rendimiento.

6. INSTALACIÓN DE REDES HIDROSANITARIAS

6.1 Actividades desarrolladas

6.2. Protección de bocas hidráulicas y sanitarias.

6.3 Especificaciones generales para la instalación de materiales.

6.4. Puntos hidráulicos

6.5 Puntos sanitarios.

7. CONSTRUCCIÓN DE LAS LOSAS DE ENTREPISO.

7.1 Actividades desarrolladas.

7.2 Proceso constructivo.

7.2.1 Interpretación de los planos estructurales.

7.2.2 Consideraciones generales

7.2.3 Encofrado.

7.2.4 Colocación del acero de refuerzo.

7.2.4.1 Disposición de vigas de amarre.

7.2.4.2 Colocación de la parrilla de refuerzo.

7.3. Instalación de ductos eléctricos.

7.4 Fundición de losas de entrepiso.

7.5 transporte y colocación del concreto.

7.6. Vibrado del concreto

7.7. Curado del concreto.

7.8. Corte de la losa

8. OBSERVACIONES

9. CONCLUSIONES

10. RECOMENDACIONES

1 TITULO DE LA PASANTIA

SUPERVISION TECNICA EN LA CONSTRUCCION DEL "CONJUNTO RESIDENCIAL TERRAZAS DEL CAMPESTRE" EN LA CIUDAD DE POPAYAN-CAUCA, EN LA FASE DE CONSTRUCCION DE MUROS, LOSAS DE ENTREPISO E INSTALACION DE REDES HIDROSANITARIAS

2 INTRODUCCION

El presente informe se realiza con el ánimo de someter a consideración de la comunidad académica, las actividades desarrolladas durante la pasantía en la obra “Conjunto residencial Terrazas del Campestre”, en donde se aplicaron los conocimientos adquiridos durante la formación como ingeniero civil.

Para optar al título de Ingeniero Civil, como lo estipula el reglamento de la Universidad del Cauca, el Concejo Superior Universitario con el Acuerdo N° 051 de 2001 y el Consejo de Facultad de Ingeniería Civil con la resolución N° 281 del 10 de junio de 2005, da la posibilidad al estudiante a ser parte de una entidad constructora y realizar la práctica profesional como pasante, haciendo énfasis y aportes con los conocimientos que se han adquirido durante la carrera.

La pasantía se realizó con la empresa Constructora Terrazas del Campestre quien desarrolla un proyecto importante para la ciudad por la innovación y creatividad en el diseño de los apartamentos.

3 INFORMACIÓN DEL PROYECTO

El conjunto residencial TERRAZAS DEL CAMPESTRE se construye en un lote ubicado en la carrera 6 N° 40N-179, de aproximadamente 6680 m².

El proyecto consta de tres torres de apartamentos de 6 pisos con parqueadero subterráneo; son dos tipos de apartamentos, el tipo 1 con un área construida de 125 m² y el tipo 2 con un área construida de 218m². El conjunto contará con amplias zonas verdes, cancha de squash, juegos infantiles, sede social, parqueadero de visitantes, ascensores, iluminación natural y piscina climatizada.

a. Estudio de suelos

El estudio de suelos fue realizado por la empresa ESTUDIO DE SUELOS LTDA. Las perforaciones se hicieron con equipo de rotación-percusión 60 metros de perforación, representados en 6 sondeos hasta una profundidad máxima de 10.50 metros, de los cuales 4 se hicieron hasta 10.50 metros y 2 hasta 8.0 metros, en los cuales no hubo presencia de nivel freático. Se tomaron muestra a diversas profundidades con tubo Shelby y con cuchara Split Spoon.

Los ensayos realizados a las muestras tomadas nos indican que el suelo en estudio es de origen sedimentario, transportado en ambiente fluvial, cuya estratigrafía es la siguiente:

- Capa vegetal y suelo de color café oscuro, de consistencia media y con un espesor promedio de 0.45 metros.
- Estrato limo arcilloso amarillo de consistencia entre media y firme, clasificado como MH inmediatamente debajo de la capa vegetal hasta una profundidad variable entre 3.00 y 3.20 metros.

- Estrato limo arcilloso, de color habano o amarillo, con vetas cafés o grises, de consistencia media, con gran cantidad de pequeñas piedras meteorizadas, clasificado como MH, subyacente al limo arcilloso amarillo, hasta una profundidad promedio de 8.0 metros, a partir de la cual se registra mayor cantidad de fragmentos granulares de mayor tamaño y sigue así hasta la profundidad alcanzada en cada sondeo.

Se recomendó por parte de la empresa consultora utilizar para cada uno de los edificios zapatas corridas a lo largo de las filas de columnas o una losa de cimentación.

b. Análisis estructural

El cálculo y diseño estructural fue realizado por el Ingeniero Juan Manuel Mosquera y el Ingeniero Carlos Ariel Hurtado quienes recomendaron:

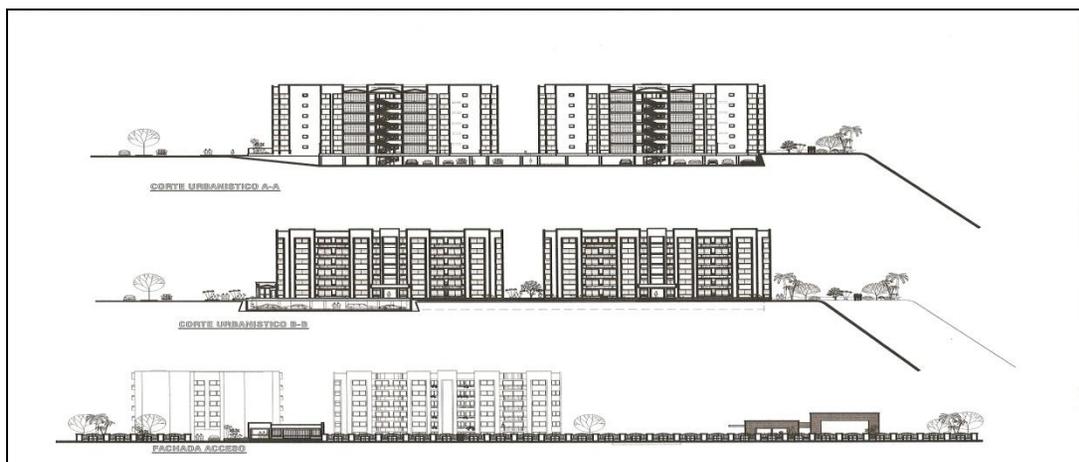
- El sistema estructural de mampostería reforzada con todas las celdas rellenas.
- Materiales:
 - ✓ Acero: $f_y = 420$ MPa
 - ✓ Concreto: $f'_c = 21$ MPa
 - ✓ Mampostería: $f'_m = 10.3$ MPa
 - ✓ Mortero de pega: $f'_{cp} = 17.5$ MPa (tipo M)
 - ✓ Unidad de mampostería: $f'_{cu} = 22.0$ MPa
 - ✓ Mortero de relleno: $f'_{cr} = 15.5$ MPa
- Las losas de entrepiso serán macizas con un espesor de 150 milímetros

- Se utilizará ladrillo tipo Meléndez
- La cubierta se construirá en perlines con teja de asbesto cemento y teja de barro y en la parte del ascensor será en policarbonato traslucido.

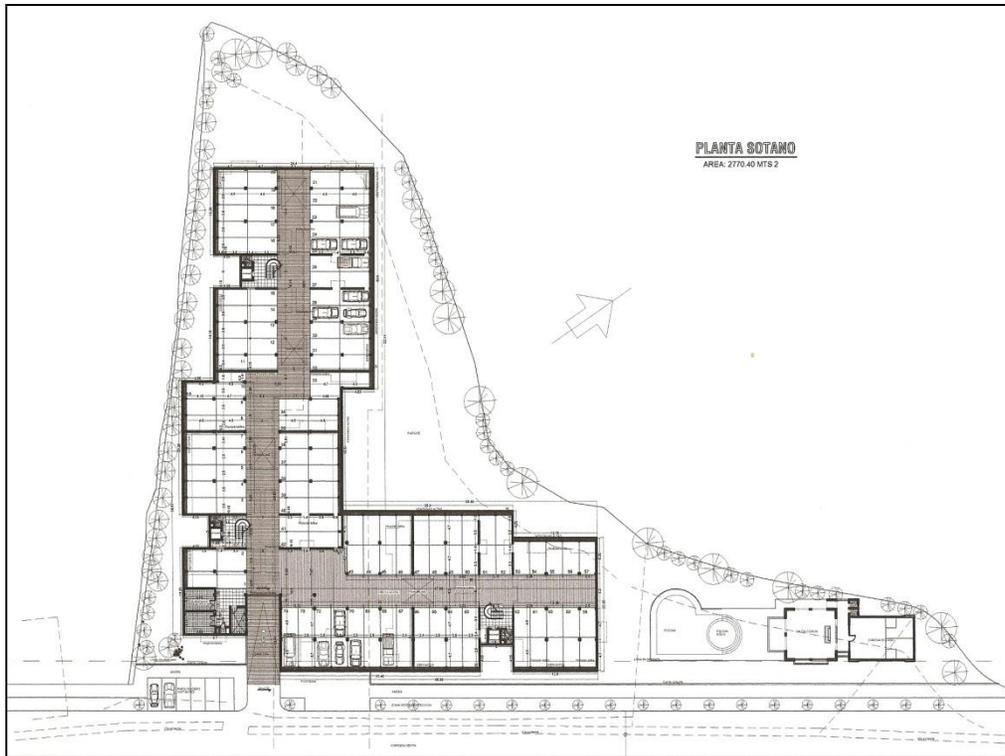
c. Diseño arquitectónico

Realizados por la arquitecta Esperanza Jiménez

Fachadas de las Torres Terraza del Campestre



Planta de sótano Terrazas del Campestre



d. Levantamiento topográfico

Se realizó por parte del topógrafo Carlos Esguerra, la planimetría y altimetría del lote a construir, dejando ubicados los vértices de construcción con estaca y puntilla y debidamente referenciados con mojones, también se ubicaron 4 BM para chequear posteriormente los niveles.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Participar en la supervisión técnica de la obra en la fase de construcción de muros, losas de entrepiso e instalación de redes Hidrosanitarias

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Velar por el buen manejo de todos los recursos y elementos necesarios para el sistema de mampostería reforzada.
- Vigilar que los materiales necesarios para el desarrollo de las actividades constructivas sean de buena calidad.
- Asegurar que el ensamble de las unidades de mampostería con los demás componentes permita la conformación de una estructura monolítica que responda estructuralmente ante requerimientos sísmicos.
- Verificar que lo planteado en los planos estructurales y arquitectónicos se lleve a cabo con la mayor precisión en la obra.
- Comprobar que todo trabajo previo a la fundición de las losas de entrepiso tales como entablerados, disposición de vigas, columnas, instalaciones Hidrosanitarias y fundición de la losa como tal, se ejecuten en una forma adecuada.
- Asegurar que la disposición de las redes Hidrosanitarias sean adecuadas en cuanto a diámetros y ubicación.

- Obtener experiencia técnica y específica sobre el proceso constructivo de las losas de entrepiso.

5 CONSTRUCCION DE MUROS EN MAMPOSTERIA REFORZADA

5.1 ACTIVIDADES DESARROLLADAS

- Recepción de documentos.
- Recolección de información del proyecto
- Revisión de planos estructurales, arquitectónicos y de mampostería.
- Realización del plan de trabajo para el seguimiento de la construcción de muros
- Supervisión de lineamientos, modulación, anclaje de varillas, levantamiento de muros y vaciado de concreto en celdas y dovelas.

En la primera etapa como pasante se recibió toda la información pertinente a la obra la cual se tomó como base para elaborar un plan de trabajo que permitiese una supervisión detallada de las actividades que hacen parte del proceso constructivo de muros en mampostería reforzada ajustada a la norma sismo resistente NSR 98. Una vez conocido el proceso constructivo, el plan consistió en confrontar lo que dice la norma con lo que se hace en el campo y consignar esta información, de manera organizada para discutirla con el director de obra y hacer las correcciones que fuesen necesarias para garantizar un adecuado proceso.

5.2. INTRODUCCIÓN AL SISTEMA

El desarrollo de la mampostería reforzada aprovecha el comportamiento del concreto reforzado situado en las celdas de las unidades y la resistencia a esfuerzos cortantes de la mampostería dispuesta en el muro. La mampostería reforzada consiste en un sistema en el cual el ensamble de las unidades con los demás componentes, permite la conformación de una estructura monolítica que

responde estructuralmente ante requerimientos sísmicos. Este sistema constructivo cumple funciones estructurales y arquitectónicas.¹

5.2.1 Tipo de construcción. El sistema de mampostería reforzada se fundamenta en la construcción de muros con piezas de mampostería de perforación vertical, unidas por medio de mortero, reforzadas internamente con barras y alambres de acero, cumpliendo los requisitos de análisis, diseño y construcción apropiados, como los establecidos en el capítulo D.7 del NSR-98.

Este sistema permite la inyección de todas sus celdas con mortero de relleno, o inyectar solo las celdas verticales que llevan refuerzo, dependiendo de la capacidad de disipación de energía en el rango inelástico definida para el diseño sismo resistente de la edificación. La construcción se realiza por medio de procedimientos y actividades tradicionales de mampostería, aunque los muros pueden prefabricarse formando paneles.²

5.3 ELEMENTOS DEL SISTEMA

Los materiales utilizados para las construcciones de mampostería estructural deben cumplir con los requisitos de calidad especificados en el Título D.3 de la Norma Sismo Resistente, NSR-98, con las normas de la Norma Técnica Colombiana, (NTC), respectivas, o con las normas de la Sociedad Americana para Ensayos y Materiales, ASTM, correspondientes, mencionadas en la NSR-98, cuando no haya norma reglamentada en Colombia.

La siguiente tabla muestra los diferentes materiales para la construcción de muros en mampostería reforzada.

¹ Manual de Construcción de Mampostería en Concreto. Instituto Colombiano de Cemento; Herrera V., Angélica María, Madrid M. Germán Guillermo, Medellín, 1999. 89p.

² Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. NSR-98. Norma Sismo-Resistente. Ley 400 de 1997, Decreto 33de 1998. Santa Fe de Bogotá. 1997-1998.

MURO DE MAMPOSTERIA	UNIDADES DE PERFORACION VERTICAL	Unidades de Arcilla
	MORTERO DE PEGA	Convencional
REFUERZO DEL MURO	MORTERO DE INYECCION	Mezclado mecánico en obra
	ACERO	Vertical (celdas) Horizontal (juntas) Conectores(intersecciones)

Tabla 5.1. Materiales para mampostería reforzada

5.3.1 Unidades de mampostería. Las unidades de mampostería son el elemento esencial del sistema de construcción de muros de mampostería reforzada, pues de estas dependen en gran parte sus características estructurales y de sismo-resistencia.

De acuerdo con el Título D.3.6 de la NSR-98 las unidades de mampostería de perforación vertical que se utilicen en las construcciones de mampostería estructural pueden ser de concreto, cerámica (arcilla cocida) o sílico-calcareas, las cuales deben cumplir los requisitos establecidos en el numeral D.3.6.4 de la NSR-98, como son: dimensiones de las celdas y las paredes, y perforaciones secundarias. Además deben cumplir los requisitos de producción y calidad definidos para cada material.

Las unidades de mampostería tipo Meléndez utilizadas en la obra presentan las siguientes características:

Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Peso (kg/und)	Rendimiento Und/m²
29.0	14.0	10.0	4.5	30

A estas unidades no se les realizó ningún ensayo de laboratorio por parte de la constructora, sin embargo la ladrillera que los produce asegura que todas las arcillas que se utilizan para la fabricación de dichas unidades son sometidas a una selección técnica antes de entrar a los procesos de trituración, homogenización, amasado, laminado y extrusión para ofrecer y garantizar productos de arcilla con resistencias mecánicas y absorción que cumplen con las normas de calidad colombianas, además su producto es enviado a laboratorios nacionales y extranjeros para hacerles los respectivos ensayos que las normas exigen.



Fig. 5.1. Unidades de mampostería tipo Meléndez.

5.3.2 Mortero de pega. El mortero de pega esta constituido generalmente por cemento, cal, arena, agua y aditivos; es el elemento que une las unidades de mampostería a través de juntas verticales y horizontales. Se debe desarrollar una resistencia entre el mortero y la unidad de mampostería, mediante la correcta hidratación del cemento en el mortero (acción cementante). Además una buena plasticidad y consistencia de la mezcla garantiza su adecuada colocación. Los morteros de pega utilizados en construcciones de mampostería deben cumplir con la norma técnica Colombiana NTC 3329 (ASTM C270), "Especificaciones del mortero para unidades de mampostería". El mortero premezclado para unidades de mampostería debe cumplir con la norma NTC 3356 (ASTM C1142). La norma NSR-98 clasifica los morteros de pega, para mampostería estructural reforzada, como M y S, (no permite el uso de morteros tipo N), de acuerdo con su dosificación, resistencia a la compresión, flujo y retención de agua.



Fig.5.2. mortero de pega tipo S

La dosificación de los componentes del mortero de pega debe basarse en ensayos previos de laboratorio o en experiencia de campo de obras similares. La dosificación mínima de sus componentes según la Tabla D.3.1 de la norma NSR-98 debe ser:

MORTERO TIPO	CEMENTO PORTLAND	CAL HIDRATADA	CEMENTO PARA MAMPOSTERIA	ARENA	
				Min	Máx.
M	1	0.25	No aplica	2.25	3.0
	1	No aplica	1	2.25	2.5
S	1	0.25 a 0.50	No aplica	2.50	3.5
	0.5	No aplica	1	2.50	3.0

Tabla 5.2. Dosificación por partes de volumen para morteros de pega de mampostería estructural.

Para la obra Terrazas del Campestre se utilizó un mortero tipo S en proporción **1: 0.5: 3.0** (un saco de cemento, medio saco de cal y tres volúmenes de arena de pega) basando su dosificación en experiencia de campo de obras similares y ajustándose a las proporciones de la norma anteriormente descrita.

La dosificación se hizo en forma manual con la ayuda de cajones con dimensiones de 33cm de alto, 33cm de ancho y 33cm de profundidad lo que garantizó unas proporciones homogéneas a lo largo de la dosificación.



Fig.5.3 Cajones estándar para dosificar mezclas.

Antes de utilizar la arena de pega Proveniente de Puerto Tejada para esta labor, fue necesario tamizarla por el tamiz No 4 para eliminar los sobretamaños, material orgánico como hojas secas y trozos de madera que contaminaban este elemento ganando un poco mas de calidad en el material y la mezcla.

Se prestó atención a las condiciones en que se realizó la mezcla en cuanto a la limpieza del sitio en el cual se vertían los materiales dosificados así como la calidad y cantidad de agua que se uso para cada cochada de mezcla. En cuanto a la cantidad de agua requerida para la mezcla se recurrió a la experiencia del personal encargado de la pega de las unidades de mampostería pues ellos a partir de la práctica diaria de su oficio conocen la manejabilidad y consistencia que la mezcla requiere para que la actividad que realizan sea optima, además siempre se recurrió al uso de agua potable para la elaboración de todas las mezclas.

5.3.3 Mortero de inyección o relleno (grouting)



Fig.5.4 Triturado de 3/8" del Dpto. del Valle para grouting

El grouting consiste en una mezcla fluida de agregados y material cementante, capaz de penetrar todas las cavidades del muro sin sufrir segregación. Esta mezcla se adhiere a las unidades de mampostería y a las barras de refuerzo para favorecer el funcionamiento estructural del muro. El mortero de relleno aumenta la resistencia del muro y ayuda a la transmisión de esfuerzos al acero. Además

mejora algunas de sus propiedades, como el aislamiento acústico y térmico y la resistencia al fuego del muro.³ Según la norma NSR-98 los morteros de relleno utilizados en construcciones de mampostería deben cumplir la norma técnica Colombiana NTC 4048, "Lechadas (Grouts) para mampostería".

5.3.3.1 Preparación de la mezcla. La dosificación del mortero depende de la resistencia final que se desee, de acuerdo con los aspectos estructurales y de funcionamiento requeridos en el diseño estructural. La dosificación mínima de sus componentes se define según el tipo de mortero a utilizar, como lo define la tabla D.3.2 de la NSR-98:

Tipo de mortero	Cemento Portland	Agregados/Cemento			
		Fino		Grueso (tamaño < 10mm.)	
		Min	Max	Min	Max
Fino	1	2.25	3.5	-	-
Grueso	1	2.25	3.0	1.0	2.0

Tabla 5.3. Clasificación y dosificación por volumen de los morteros de relleno.

El mortero de inyección utilizado en la obra se dosificó basado en ensayos previos de laboratorio obteniendo una proporción **1:3:3** (un saco de cemento, tres volúmenes de arena y tres volúmenes de triturado) trabajando con un agregado grueso de 3/8" (9.5mm) traído del Valle del Cauca y arena de Puerto tejada obteniendo así una resistencia f'_{cr} a los 28 días de 15.5 Mpa cuyo valor es exigido por el calculista en su diseño.

Esta resistencia según el título D.3.5.1 de la norma sismo resistente NSR-98, debe ser compatible con la resistencia de las unidades de mampostería, por lo cual

³ Manual de Construcción de Mampostería en Concreto. Instituto Colombiano de Cemento; Herrera V., Angélica María, Madrid M. Germán Guillermo, Medellín, 1999.

debe tener un valor máximo de 1.5 veces $f'm$ y un valor mínimo de 1.2 $f'm$, pero en ningún caso ser inferior a 10 Mpa. Estos valores de $f'm$ estipulados en la norma no se verificaron por parte de la constructora Terrazas del Campestre sin embargo la ladrillera productora de las unidades de mampostería los garantizó.

A pesar de que no se realizaron ensayos individuales a los materiales, los valores obtenidos por los ensayos a las mezclas fueron satisfactorios, cumplieron con los valores exigidos en el diseño, se ajustaron a los valores de la norma, generando confianza en cuanto a la calidad de los materiales utilizados en dicha labor. A los materiales solo se les hizo una inspección visual por parte del director de la obra quien con su experiencia les dio el visto bueno.

Por medio de la supervisión constante se garantizó el cumplimiento de las proporciones indicadas por los ensayos de laboratorio mediante el uso de los cajones estandarizados para la dosificación, se le dio la fluidez suficiente a la mezcla para que adquiriera las características de una emulsión y así facilitar la penetración en todas las cavidades del muro, una adherencia que permitiera la unión mecánica entre el relleno y las unidades de mampostería, la cual crece con la transferencia de agua al reducirse la relación agua/cemento de la mezcla.

La relación agua/cemento fue un tema de mucho dialogo por parte de la supervisión técnica de la obra y el contratista pues este ultimo en busca de un rendimiento mas alto y facilidad en el proceso constructivo, fluidificaba la mezcla desconociendo el riesgo que existe al exagerar la relación agua/cemento pues de esta depende en gran parte la resistencia que tendrá a futuro el mortero de relleno.

En algunos casos fue necesario desechar la mezcla pues las condiciones climáticas como fue la lluvia prolongada y la falta de previsión por parte del personal encargado de la elaboración de la misma, dejaban la mezcla al

descubierto saturándose de agua lluvia lo que la convertía en un elemento no apto para la fundición.

Siempre se vigiló que la mezcla se desarrollara en las mejores condiciones de aseo posible, tratando de mantener la superficie en la que se elaboraba libre de partículas y material orgánico que resultara perjudicial para su fabricación.

5.3.4 Refuerzo. El acero de refuerzo utilizado en las construcciones de mampostería reforzada debe cumplir con los requisitos establecidos para las cuantías mínimas, el refuerzo vertical y el refuerzo horizontal mínimo, según el numeral D.7.3, "Refuerzo de muros", de la norma NSR-98. El refuerzo forma parte de la mampostería, por lo cual es definido por el diseñador tanto en tipo como en cantidad. Los distintos tipos de refuerzo deben estar embebidos en el mortero, para que este pueda transmitir los esfuerzos entre las unidades de mampostería y el refuerzo, y recíprocamente.

La supervisión técnica de este elemento se basó en el cumplimiento de los planos estructurales en cuanto a la cantidad, diámetros y longitudes establecidos en los valores entregados por el calculista.

5.3.4.1 Refuerzo vertical



Fig. 5.5 Refuerzo vertical

Este refuerzo comienza con las dovelas de empalme, que fueron las primeras barras ancladas a la losa que se fijaron mediante la perforación a una profundidad que dependió del diámetro de la varilla que se deseaba anclar. Estas varillas se fijaron a la losa mediante epóxico marca Hilti tipo HIT-HY 150 el cual especifica el diámetro de la perforación que se debe hacer de acuerdo al diámetro de la varilla para así garantizar que esta soportará los esfuerzos que el epóxico especifica. Los valores descritos a continuación fueron los utilizados en la obra:

Numero varilla	3	4	5	6
Ø Perforación (pulgadas)	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"
Profundidad (cm)	10	15	20	20

Tabla.5.4 Diámetros y profundidades según el epóxico

Las siguientes figuras ilustran el proceso que se siguió en la etapa de perforación para los anclajes de las varillas de arranque:

- El cartucho que contiene el epóxico se mantiene sumergido en un balde con agua para mantenerlo fresco antes de su uso.
- Se perforó la losa de acuerdo a las dimensiones y profundidades del catalogo del producto como se muestra en la fig. 1.
- Se limpiaron las perforaciones con compresor neumático como lo indica la fig. 3.
- Se desecha la primera porción de epóxico después de abierto el cartucho como lo indican las instrucciones del producto en la fig. 7.

- La punta de la pistola se introduce hasta el fondo de la perforación y se va retirando a medida que se inyecta epóxico para evitar que se formen burbujas de aire como lo ilustra la fig. 8.
- Se procede inmediatamente a anclar la varilla en la perforación, dada la rápida acción del epóxico pues este requiere de unos pocos minutos para su endurecimiento.

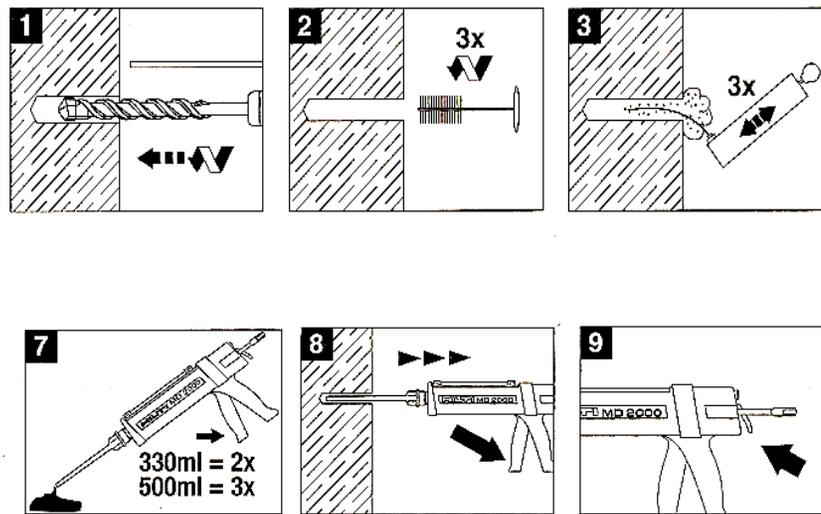


Fig.5.6. Anclaje de varillas según planos estructurales

Una vez ancladas las varillas de arranque se les manipuló lo menos posible para que la adherencia mejore con el tiempo. Hasta la fecha no se han realizado ensayos de ningún tipo a estos anclajes por parte de la constructora que permitan constatar los esfuerzos que dichos elementos pueden soportar.

Para evitar desperdicios en el epóxico se recomendó hacer la mayor cantidad de perforaciones para agotar el cartucho completo ya que este no se puede conservar mucho tiempo una vez abierto.

De aquí en adelante se supervisó la continuidad del refuerzo cuidando de la longitud de empalme.

En este proceso se verificó el cumplimiento de la longitud de empalme especificada por el diseñador estructural las cuales se muestran a continuación:

Varilla No	3	4	5	6
Long Empalme (cm)	40	60	80	80

Tabla.5.5. Longitudes de empalme para refuerzo vertical

Constantemente se supervisó la nivelación del refuerzo dentro de las celdas de las unidades, es decir, que este refuerzo coincidiera con los centros de las perforaciones de unidades de mampostería, para lo cual se recomendó y verificó que a medida que se inyectara grouting a las dovelas, el acero de refuerzo vertical se mantuviera centrado con la colaboración de un ayudante de construcción mientras otro inyectaba el mortero de relleno.

5.3.4.2 Refuerzo horizontal



Fig. 5.5 Grafil de 4mm. (Escalerilla) para refuerzo horizontal.

El refuerzo horizontal empleado en la mampostería reforzada controla las fisuras por contracción del muro. Este se coloca a medida que se van levantando los muros y de acuerdo con las indicaciones del diseñador estructural (para el caso de Terrazas del Campestre este se colocó cada tres hiladas). El tipo más recomendado para ser empleado en mampostería reforzada es la celosía (Grafil o escalerilla como se denominó en la obra), pues el refuerzo horizontal no debe taponar las celdas que lleven refuerzo vertical y mortero de inyección. En la obra este proceso se controló con la colaboración de los ayudantes de construcción quienes se encargaron de mantener un aprovisionamiento constante de escalerillas en la medida en que la cuadrilla de pegadores lo requería para continuar levantando el muro. También se verificó que la colocación de este refuerzo no obstruyera las celdas de las unidades de mampostería pues estas alojan el mortero de inyección una vez el muro esté levantado.

En la figura 5.6 se observa la colocación de la escalerilla cuyos tramos verticales quedan ubicados entre las juntas verticales de las unidades de mampostería dejando despejada las celdas de las unidades para evitar la obstrucción al

momento de inyectar el grouting. Gracias a la práctica y la experiencia de las cuadrillas de mampostería, esta etapa se logró satisfactoriamente sin mayores contratiempos en el proceso.



Fig. 5.6. Refuerzo horizontal embebido en el mortero de la junta.

5.3.4.3 Conectores



Fig. 5.6. Conectores espaciados a 4 hiladas para muros sin traba.

Los conectores se deben colocar en la intersección de los muros que no van trabados, a medida que se levanta el muro, de manera que queden embebidos en el mortero de la junta. El mas recomendado según el Instituto Colombiano de

Productores de Cemento ICPC es el tipo alambrión. Al momento de la colocación el refuerzo debe tener su superficie limpia, sin corrosión y figurado según los planos. (Se permite la presencia de oxidación superficial, con el visto bueno de la interventoría).

Dado el diámetro del alambre o alambrión (5mm de diámetro) fue muy fácil su manipulación en obra de modo que este tipo de conectores se pudieron moldear a mano cortándolo en longitudes de 80 cm aproximadamente y dándole la forma adecuada para ajustarse al espesor de las unidades de mampostería tal como se pueden observar arriba en la figura 5.6. Este refuerzo se colocó cada cuatro hiladas en los muros identificados en los planos como no trabados.

5.3.4.4 Viga de amarre intermedia. A la luz del NSR-98, en algunos muros de algunos proyectos como es el caso de Terrazas del Campestre, se requiere el uso de una viga a nivel intermedio de la altura del muro; para ello se usaron elementos especiales de mampostería denominados bloques viga que permitieron mantener la apariencia del muro pero al mismo tiempo colocar el refuerzo y el concreto de la viga, y que el refuerzo vertical continúe.

La viga de amarre intermedia en el muro proporciona un confinamiento adecuado y mejora su capacidad estructural. Este refuerzo consiste para el caso de Terrazas del campestre en dos varillas numero 4 a la altura de la hilada numero 11 (la altura total del muro son 20 hiladas).

La colocación de este refuerzo se hizo con el trabajo de un ayudante de construcción quien mide las longitudes del muro, corta las varillas de acuerdo a las dimensiones tomadas y las dobla según los sentidos que lleven los muros espaciándolas entre si de manera que al verter el mortero de inyección sobre ellas se mantenga un adecuado recubrimiento. La colocación de las varillas de la viga

de amarre intermedia permite el paso de los ductos eléctricos e hidrosanitarios en el sentido vertical tal como se muestra en la figura 5.7.

Se tuvo especial cuidado con las longitudes de traslapo cuando por algún motivo las varillas de la viga intermedia no llegaban a cubrir la longitud total del muro, es decir se dejaron entre 50 y 60 cm de longitud de traslapo para este refuerzo.



Fig. 5.7. Viga de amarre en doble varilla N° 4

5.4 CONSIDERACIONES ESTRUCTURALES

El sistema estructural de muros de mampostería reforzada se clasifica como de capacidad especial de disipación de energía en el rango inelástico (DES) cuando todas las celdas verticales, inclusive las que no llevan refuerzo, se inyectan con mortero de relleno; o de capacidad moderada de disipación de energía (DMO) cuando solo se inyectan con mortero las celdas verticales que llevan refuerzo. Para que un muro de mampostería reforzada se considere como estructural debe

ser continuo desde la cimentación hasta su nivel superior y no puede tener ningún tipo de abertura.⁴

5.5 PROCESO CONSTRUCTIVO

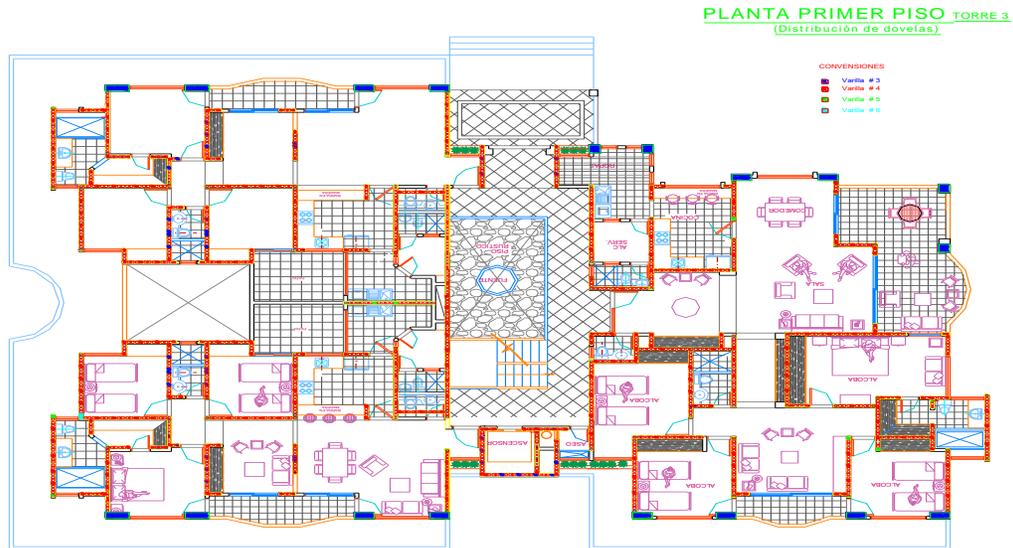


Fig.5.8. Plano arquitectónico Terrazas del Campestre

Los comentarios que se presentan a continuación se refieren a los aspectos que fueron tenidos en cuenta específicamente para la mampostería reforzada.

5.5.1 Corte de las unidades de mampostería. Cuando no se tiene suministro de unidades especiales, es necesario cortar los bloques en la obra para generar unidades con dimensiones específicas. Esto se logró en la obra por medio de una cortadora de bloque (sierra de disco) que corta las unidades de acuerdo a las dimensiones que se requieran para muros que por su longitud no pueden alojar unidades completas de mampostería y se requieren dimensiones más pequeñas para cumplir con las longitudes que se muestran en los planos arquitectónicos. El

⁴ Normas Colombianas de diseño y construcción sismo resistente NSR-98 ley 400 de 1997, Decreto 33 de 1998.

corte de estas unidades por medio de la sierra garantiza un trabajo preciso y un aprovechamiento máximo de las unidades.



Fig.5.9. Unidades especiales cortadas en obra

La ubicación de la cortadora de bloque dentro de la obra fue prevista con anterioridad para facilitar el trabajo y el rendimiento del equipo. Esta se ubicó en una zona amplia que permitiera la entrada de los vehículos de carga o planchones que transportan las unidades de mampostería facilitando el descargue a una distancia cercana a la maquina para que el operador pueda llegar a las unidades evitando largos recorridos para tomarlas y llevarlas a la sierra. De este modo se garantizó una provisión permanente de las unidades especiales sin ningún retraso. El corredor que lleva hasta la maquina facilitó el flujo de entrada y salida de vehículos de carga y el transito del personal encargado de llevar estas unidades por medio de carretas hasta el sitio de la obra donde las requieran. El transporte de las unidades especiales desde la sierra hasta el sitio mas alejado de la obra toma menos de 5 minutos, lo que hace eficiente este proceso.

La sierra utiliza un flujo de agua permanente para lubricar el disco a medida que corta los bloques, por lo cual fue necesario encausar toda esta agua por medio de

tubería de PVC de uso sanitario hacia el ducto que lleva las aguas servidas hasta el alcantarillado.

5.5.2 Primera hilada en primer nivel Fue muy importante chequear la colocación de la primera hilada pues de esta depende que el trabajo transcurra sin mayores contratiempos. Los puntos que se describen a continuación corresponden al trabajo realizado en esta fase:

- Se trazaron y cimbraron todos los muros de acuerdo con la distribución general representada en los planos arquitectónicos. El cimbrado corresponde a los lineamientos guía por donde se deben construir los muros como se muestra en la figura 5.10.
- Con la ayuda de los planos estructurales se le indicó al contratista y a sus cuadrillas de pegadores cuales muros debían ir trabados y cuales debían ir con conectores lo que ayudó a disminuir los errores en la obra (ver fig. 5.6 arriba)
- La primera hilada en todos los muros siempre se formó en seco, es decir, sin mortero de pega para poder observar si era necesario o no el uso de unidades especiales para la modulación del muro, las celdas por donde deben ir los ductos y los bloques o unidades que vayan a llevar ventana de registro (ratoneras) tal como se aprecia en la figura 5.11.
- Se verificó la localización de dovelas y tuberías cuidando de que estas no coincidan dentro de una misma celda (ver figuras 5.11 y 5.12).
- Se definieron las localizaciones de los ladrillos medios para trabar los muros y unidades especiales así como las ratoneras o ventanas de limpieza de las celdas.

- Una vez verificados los puntos anteriores se perforó la losa para el anclaje de las dovelas de arranque cuyo procedimiento se describió en el numeral 5.3.4.1 del presente informe. En esta etapa se verifico la verticalidad del refuerzo y las profundidades de perforación así como el diámetro de la misma para la colocación de este refuerzo.
- Luego de los pasos anteriores se procedió a retirar la formación en seco de las unidades, acto seguido se vertió mortero de pega para poner la primera hilada verificando la exactitud de su nivel superior (ver fig.5.11).



Fig.5.10. Cimbrado.



Fig.5.11. Colocación de la primera hilada.



Fig.5.12 Modulaci3n de apartamentos seg3n planos arquitect3nicos

Fue de mucha importancia la coordinaci3n de todos los planos del proyecto (arquitect3nico y estructural), pues con ellos se identificaron los vanos de puertas y ventanas, las celdas por donde deben ir los ductos, los bloques que lleven ventana de registro (ratoneras) y las unidades especiales (cortes), si se requerían para la modulaci3n del muro. Tambi3n result3 muy productiva la comunicaci3n permanente con los contratistas de la parte hidr3ulica, el3ctrica y de mampostería porque facilit3 la ubicaci3n precisa de todos los elementos para que no interfiriesen unos con otros ya que en algunos casos fue necesario tomar decisiones a cerca de la localizaci3n de elementos que traumatizaban el normal desarrollo de la construcci3n e iban en contradicci3n con las normas del c3digo sismo resistente como por ejemplo la ubicaci3n de tuberías hidr3ulicas o el3ctricas en celdas con refuerzo vertical.

La comunicaci3n oportuna con los contratistas hizo que estos errores se corrigieran a tiempo e hicieran efectivo y eficiente el proceso constructivo.

5.5.2.1 Construcción del muro Para garantizar el alineamiento y perpendicularidad de los muros se verifico su alineamiento individual mediante el uso de nivel y plomada. Las unidades intermedias y extremas de la primera hilada se colocaron con la guía de un hilo y cordales perfectamente nivelados que garantizara su alineamiento como se observa en la siguiente figura:

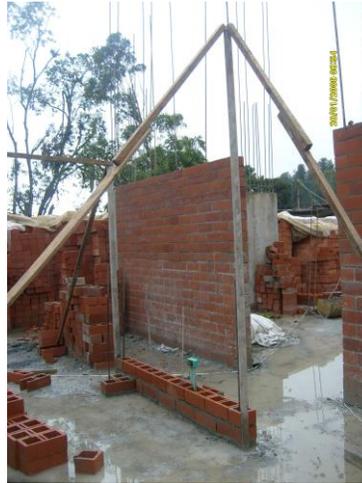


Fig.5.12.a Alineamiento del muro mediante hilos y cordales.

Se verificó la ubicación de las ventanas de inspección (ratoneras) para las dovelas que van a ir llenas con mortero de inyección (grouting).

Se continuó la elevación del muro por hiladas completas, verificando progresivamente su alineamiento y perpendicularidad.

Para continuar con la elevación del muro, las juntas horizontales se prepararon formando una canal con dos palustres e incorporando el mortero, o con la palma de la mano, a lado y lado de la arista horizontal superior externa de las unidades como se observa en la figura 5.13 abajo.

Las juntas verticales de las unidades se prepararon aplicando mortero de pega con palustre a fin de apretar un poco la mezcla en este espacio.

Posteriormente se continuó colocando los bloques previamente preparados de la siguiente hilada, verificando su posición correcta de alineamiento y de nivel.

El espesor de las juntas de mortero de pega entre bloques fue de 10 mm correspondiente al espesor de diseño. (Ver fig.5.13)

En algunos casos fue necesario el reacomodo o reposicionamiento de unidades pero esto sólo se puede realizar, cuando el mortero de pega esta aun fresco; se recomendó hacer este procedimiento en la primera hora después de colocado el mortero de pega.



Fig.5.13. Mortero de pega en juntas horizontales.

5.5.2.2 Acabado del muro. El acabado de las juntas (rebitado) se hizo antes que el mortero de pega se endureciera, pero fuese capaz de resistir la presión de un dedo (una hora aproximadamente). Para el acabado de las juntas o rebitado, se adicionó un poco mas de mortero de pega aplicándolo al muro directamente con la mano para rellenar todas las juntas horizontales y verticales dándole un acabado uniforme. Si se especifica que el muro debe ir a la vista, Se debe eliminar inmediatamente el excedente de mortero que escurra o sobresalga de la pared de cada unidad, producto de la etapa del rebitado. Este se limpió con la ayuda de una espuma mojada que elimina todo el excedente de pega y de este modo se le da una buena apariencia.

Los excedentes de mortero que caigan sobre las unidades de mampostería ya colocadas se pueden limpiar cuando el mortero se haya secado, con herramientas

adecuadas para realizar esta actividad. Pero se recomendó limpiar inmediatamente cualquier mancha proveniente del mortero si se deseaba dejar el muro a la vista, pues cuando este seca es difícil de remover.



Fig.5.14. Rebitado de muros

5.5.2.3. Colocación de ductos. El sistema de muros de mampostería reforzada conforma la estructura vertical de soporte de las edificaciones construidas con este método. Por lo cual los demás subsistemas son integrados a la mampostería, diseñándolos para este fin desde el inicio del proyecto. Así el método de mampostería reforzada es un método parcial como sistema de construcción⁵.

En la mampostería reforzada, es inconveniente romper los muros para introducir los ductos de las instalaciones, pues se estaría debilitando la resistencia estructural del muro. Por eso las instalaciones eléctricas se introdujeron en los muros, en celdas que no llevaban refuerzo vertical, progresivamente con la elevación del muro. Sus cajas para salidas se dejaron ubicadas sobre perforaciones, para que los ductos se puedan colocar dentro de las celdas. Los ductos para instalaciones hidrosanitarias se colocaron en buitrones o muros no estructurales. Estos muros no estructurales fueron fáciles de identificar pues

⁵ Documentación de mampostería estructural. Acevedo, Catalina. Universidad de Los Andes. Santa Fe de Bogotá. 1997.

figuraban en los planos estructurales sin ningún tipo de refuerzo vertical, únicamente figuraban con instalaciones hidrosanitarias.



Fig.5.15. Colocación de instalaciones eléctricas



Fig.5.15.a. Buitrones para tuberías sanitarias.

5.5.3. Colocación del refuerzo. La colocación del refuerzo vertical de arranque y todo el refuerzo horizontal se hizo tal como se describió en los numerales 5.3.4 al 5.3.4.4 del presente informe asegurando las cantidades y diámetros específicos indicados en los planos.

Esta supervisión se hizo con base en los requisitos establecidos en el numeral D.4.2 “Detalles del refuerzo” de la norma NSR-98 asegurando que el refuerzo quedara embebido en el mortero de pega y el mortero de relleno (grouting).

Las vigas de amarre intermedias que también hacen parte de los requerimientos estructurales de la mampostería reforzada quedaron embebidas en el mortero de inyección o grouting garantizando los requisitos de la norma NSR-98 del numeral anteriormente descrito.



Fig.5.14. Viga de amarre embebida en mortero de inyección (grouting)

Refuerzo vertical: una vez anclado el refuerzo de arranque se le dio continuidad al mismo respetando las longitudes de empalme acordadas en los planos y que aparecen en la tabla 5.5 de longitudes de empalme de refuerzo vertical de este informe.

Por medio de las ratoneras o ventanas de inspección correspondientes a cada dovela se evacuaron los excedentes del mortero de pega del interior de dichas celdas para evitar la obstrucción al momento de la inyección del grouting. Esto se logró por medios mecánicos con la ayuda de palustres, cinceles y bichiroques. Estas celdas nunca se limpian con chorro de agua, pues se saturarían las unidades, alterando la adherencia del mortero de inyección a las mismas.



Fig.5.15. Refuerzo vertical y longitudes de traslapo.

El refuerzo vertical se colocó en el centro de la celda, tal como se describió anteriormente. En todo momento se chequeó que hubiese mortero de inyección entre la barra de refuerzo y las paredes de las celdas, pues la norma no permite recostar la varilla contra la pared de la celda porque esta debe quedar con recubrimiento.. Se verificó que la continuación del refuerzo sobresaliera en la parte superior del muro por lo menos su longitud de traslapo para continuar el refuerzo en el piso siguiente. Las barras traslapadas quedaron embebidas en toda su longitud de traslapo, en una sola operación de relleno de las celdas.

5.5.3.1 Colocación del mortero de inyección. La colocación del mortero de inyección (grouting) en la obra, se llevó a cabo de la siguiente forma:

- Se verificó la limpieza de la celda, para garantizar el llenado, evitando la segregación del mortero.
- Se chequeó que las dovelas tuviesen su respectiva ventana de inspección (“Ratonera”), que deben ser rectangulares y medir 75 mm por 100 mm. Esto con el fin de garantizar que la inyección del grouting penetrase hasta la base del muro.

- La colocación del mortero se realizó manualmente, con baldes y todo el tiempo se controló la consistencia de la mezcla.
- El mortero inyectado se vibró mediante varillado. Se varilló a medida que se inyectaba el mortero a fin de no dejar aire atrapado ni hormigueros en las dovelas con el propósito de que el refuerzo vertical quedara completamente embebido en la mezcla.
- No se permitió doblar ni desdoblar el refuerzo después de endurecido el mortero de inyección.



Fig.5.16. Inyección y varillado del mortero de inyección (grouting).

Es importante destacar que cuando hubo toma de muestras de la mezcla en los cilindros para realizar los ensayos de compresión estuviese presente el personal encargado del vibrado del mortero de inyección pues de este modo les quedó claro que ellos debían recrear dicho procedimiento en la obra para que los resultados arrojados por los ensayos fuesen representativos de lo que realmente se hace en el campo. Este personal rápidamente se adaptó a las políticas de la constructora aportando así seguridad y confianza en los procedimientos constructivos.

5.5.3.2. Localización de ventanas de inspección. Las ventanas de inspección, denominadas coloquialmente "ratoneras", se cortaban con anterioridad al inicio de la colocación de los bloques de la primera hilada que sirven como ventanas de inspección para las celdas que se van a inyectar con mortero. Se recomendó que estas ventanas no se generaran una vez construido el muro, ya que lo debilitarían estructuralmente.

En la obra se tomó la decisión de disponer ventanas de inspección adicionales a las de la primera hilada ubicadas a la altura de la hilada numero 12, es decir, en la hilada inmediatamente por encima de la viga de amarre intermedia; esto con el fin de sacar todo el mortero de pega que se acumulaba en este sitio, producto del desperdicio que dificulta la adherencia del mortero de inyección en las paredes internas de las celdas y obstaculiza su continuidad a lo largo de la dovela.



Fig.5.17.Ubicacion de ventanas de inspección.

5.5.4. Construcción de las vigas de amarre intermedias.



Fig.5.18 Construcción vigas de amarre.

Las vigas de amarre se construyeron mediante bloques viga o tabiques perforados, suministrados directamente por el proveedor. Después de colocadas las unidades en el muro se ubicó el refuerzo de las vigas para luego proceder a vaciar el mortero de inyección.

Estas vigas de amarre se colocaron una altura intermedia del muro por disposición del diseñador a la altura de la hilada número 11 con el fin de darle un confinamiento adecuado al muro y contribuir a su buen comportamiento estructural.

5.5.5 Mano de obra. Para la construcción en mampostería reforzada se requiere en esencia la participación de un pegador y su ayudante en la etapa inicial de levantamiento del muro. La función del primer operario es pegar las unidades de mampostería con el apoyo del ayudante. La colocación del mortero de inyección (grouting) en principio requiere de dos personas encargadas de inyectar y vibrar el mortero.

5.5.6. Rendimiento. En función de la programación de obra, la cual esta estrechamente relacionada con el nivel de ventas del proyecto, el rendimiento del sistema de construcción de vivienda utilizando mampostería reforzada varía entre 20 y 40 m² diarios. Este rendimiento incluye la totalidad de las actividades requeridas para la entrega de la vivienda, desde las obras que se realizan después de la cimentación y sin los acabados finales. El rendimiento se consigue por la interacción de 4 cuadrillas conformadas por un oficial y dos ayudantes. En la obra se trabaja actualmente con 6 cuadrillas para la mampostería, dos para las instalaciones eléctricas y sanitarias y otra para el armado de la placa de concreto de entrepiso.

6 INSTALACIÓN DE REDES HIDROSANITARIAS

6.1 Actividades desarrolladas

- Revisión de planos estructurales y arquitectónicos.
- Realización del plan de trabajo para el seguimiento en la instalación de las redes hidrosanitarias.
- Supervisión en la instalación de puntos hidráulicos y sanitarios acorde con los planos.
- Chequeo de tuberías y diámetros estipulados en el diseño.
- Supervisión del correcto montaje de accesorios en general.



Fig.6.1. Esquema general de instalacion de redes hidrosanitarias.

La instalacion de las redes hidrosanitarias se considera un subsistema que al igual que la tuberia electrica, debe ser integrada a la mamposteria reforzada diseñandola desde el inicio del proyecto tal como se mencionó en el capitulo anterior.

En los puntos hidráulicos de agua fría y caliente, las salidas sanitarias y los colgantes de aguas negras se utilizaron tuberías y accesorios de PVC. Para el montaje de todos estos accesorios en general, se siguieron las recomendaciones de los fabricantes que aparecen en los catálogos, respetando los diámetros que aparecen en los planos.

Las instalaciones comunes para aparatos se hicieron de acuerdo a planos hidráulicos y a los detalles típicos de aparatos.

6.2 PROTECCIÓN DE BOCAS HIDRÁULICAS Y SANITARIAS.

Durante el proceso de construcción se supervisó permanentemente todas las bocas hidráulicas y sanitarias para evitar taponamientos.

Las bocas hidráulicas se protegieron utilizando tapones de cachucha en PVC y siguiendo las recomendaciones para el manejo de materiales.

Estos tapones ayudaron a que por las tuberías no ingresara ningún tipo de elemento que pudiese obstruirlas mas adelante.



Fig.6.2. Protección de bocas hidráulicas utilizando tapones

Las tuberías sanitarias que bajan por los buitrones se les dejó una ventanilla cada piso por donde se logrará el acceso para futuras revisiones, mantenimiento, reparaciones, etc.

Estos buitrones de 0.60m de ancho y 1.20m de largo permiten el ingreso a una persona para que pueda manipular la tubería en cualquier caso de los mencionados arriba.



Fig.6.3. Tubería sanitaria bajando por los buitrones.

6.3 ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA INSTALACIÓN DE MATERIALES.

Los extremos de la tubería y el interior de los accesorios se limpiaron previamente con limpiador PVC aunque aparentemente se encontraran limpios y luego se procedió a unirlos mediante soldadura de PVC.



Fig. 6.4. Limpieza e instalación de tubería hidráulica.



Fig.6.5. Implementos para la soldadura en PVC.

Toda operación desde la aplicación de la soldadura hasta la terminación de la unión no duraba más de un minuto (fig.6.4).

En la operación de la unión del tubo y el accesorio quedaba un delgado cordón de soldadura (fig. 6.5) lo que garantizaba una adecuada colocación de la soldadura.

En general se cumplió con lo estipulado en la sección C.6.3 del Código Colombiano de Construcciones Sismo-resistentes NSR-98 como es el manejo de las tuberías por celdas diferentes a las que tengan refuerzo vertical y las recomendaciones de los fabricantes en cuanto a manejo y manipulación de la tubería.

6.4 PUNTOS HIDRÁULICOS

El punto hidráulico está constituido por los materiales necesarios, equipo o herramienta y mano de obra requerida para ubicar el abastecimiento de acuerdo con los planos. El punto hidráulico incluye la parte de red comprendida entre el muro o piso en que se conecta la grifería que corresponda y el muro que confina el espacio abastecido.

Para la ubicación de los puntos hidráulicos y sanitarios se manejaron los planos arquitectónicos y estructurales para orientar al contratista acerca de la ubicación precisa de estos puntos y no dar lugar a errores. Una vez establecidos los puntos en el primer piso fue muy fácil continuar con la ubicación en los pisos superiores pues solo se trataba de repetir el mismo procedimiento, limpiar perfectamente las uniones, aplicar soldadura PVC y unir las tuberías de acuerdo con los planos a la distancia, alturas requeridas y diámetros establecidos por el diseñador.



Fig.7.14. Ubicación de puntos hidráulicos.

6.5 PUNTOS SANITARIOS.

Él punto sanitario esta constituido por los materiales, herramientas y mano de obra necesarios para ubicar los desagües de acuerdo a los planos. Él punto sanitario incluye la distancia comprendida entre el muro o piso donde se localiza el aparato que corresponda y el muro o piso que confina el tubo de evacuación.



Fig.7.15. Ubicación de puntos sanitarios

7. CONSTRUCCIÓN DE LAS LOSAS DE ENTREPISO E INSTALACION DE REDES HIDROSANITARIAS



Fig.8.1. Esquema general de la construcción de losas de entrepiso.

7.1 ACTIVIDADES DESARROLLADAS

- Interpretación de planos estructurales.
- Supervisión del proceso de encofrado.
- Revisión en la colocación de aceros de refuerzo y longitudes de traslapeo
- Chequeo de las proporciones de la mezcla.
- Supervisión del vibrado y curado de la losa.

La supervisión técnica en la construcción de las losas de entrepiso es de importancia en la edificación de viviendas, ya que una colocación incorrecta del acero de refuerzo puede llevarla al colapso, sin necesidad de que sobrevenga un sismo.

7.2 PROCESO CONSTRUCTIVO

7.2.1 Interpretación de los planos estructurales. Fue muy importante en la obra antes de iniciar el proceso constructivo tener claro la disposición del acero de refuerzo tanto en dimensiones como en cantidad que hacen parte de la losa de entrepiso para no incurrir en errores que pudiesen afectar de manera importante el funcionamiento de la estructura de modo que esta pueda colapsar por una mala interpretación de los diseños de estos elementos.

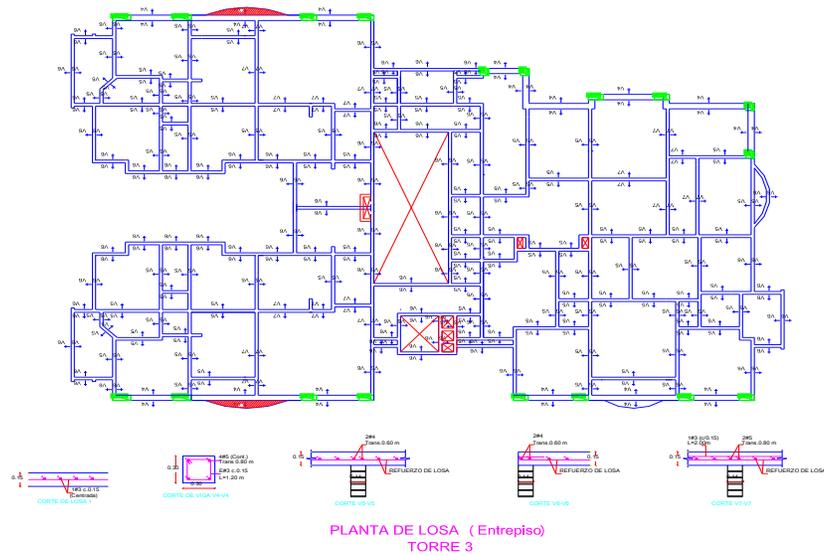


Fig.7.2. Plano estructural de la losa de entrepiso.

7.2.2. Consideraciones generales



Fig.8.3. Herramienta, equipo y materiales para las losas de entrepiso.

Antes de iniciar proceso de construcción, se verifico la disponibilidad de herramienta, equipo y materiales para que la actividad inherente a la fundición de la losa transcurriera sin ningún contratiempo. Por eso fue necesario coordinar junto con ingenieros y maestros de obra el buen aprovechamiento de los espacios, o corredores por donde transitarían todas las cuadrillas necesarias para la fundición, el sitio donde se depositarían los materiales necesarios para la construcción en las cantidades requeridas para dicha labor y prever ciertos aspectos que pudiesen afectar la construcción como el clima. Todos estos aspectos de logística anteriores a la fundición fueron importantes para optimizar el tiempo y los recursos al máximo.

7.2.3. Encofrado.



Fig.7.4. Gatos, cerchas y tableros para el encofrado.

El encofrado es la estructura temporal que sirve para darle al concreto la forma definitiva. Su función principal es ofrecer la posibilidad de que el acero de refuerzo sea colocado en el sitio correcto, darle al concreto la forma y servirle de apoyo hasta que endurezca. Esta estructura se compuso de tableros en madera de 1.40m de largo, 0,70m de ancho y 0,10m de alto que fueron la base de soporte para el vaciado del concreto junto con las celosías o cerchas en las cuales se apoyaron los tableros y finalmente los puntales o gatos (tacos), metálicos graduables que soportaban a los dos elementos anteriores y así se generó la estructura para la fundición.

Para armar la estructura fue necesario:

- Pasar niveles sobre los muros a una altura de 1.40m y trasladar los niveles al enrase subiendo 1.95m.
- Verificar las mediadas del puntal y organizar el pasador que este tiene en el paral para que quedara a la altura del nivel de enrase teniendo en cuenta restar el grueso de la cercha y el del tablero que se colocó en la parte superior.
- Armar un grupo de tacos separados una distancia equivalente al largo del tablero.
- Instalar las cerchas colocándolas sobre los tacos y amarrarlas si era necesario. Se tuvo mucho cuidado por el elevado peso de la cercha.
- Nivelar el encofrado y se asegurar abrazaderas, cuñas y pasadores.

- Encima de la estructura ya armada y asegurada se procedió a ubicar los tableros de madera que fueron la base de soporte para la colocación del acero de refuerzo, las instalaciones eléctricas e hidrosanitarias y el vaciado del concreto.



Fig.8.5. Encofrado de la losa de entrepiso.

7.2.4 COLOCACIÓN DEL ACERO DE REFUERZO.

7.2.4.1 Disposición de vigas de amarre. Como ya se menciono anteriormente fue muy importante interpretar adecuadamente los planos estructurales antes de dar paso a la colocación del acero de refuerzo.

Se verificó que los elementos de la losa de entrepiso apoyados directamente sobre los muros quedaran suficientemente soportados durante la construcción y vinculados en forma permanente a los muros. También se tuvo presente que el apoyo de la losa no causara volcamiento en la hilada de apoyo por exceso de excentricidad, ni que hubiese la posibilidad de desprendimiento de la placa en la etapa constructiva o en la etapa de servicio.

En este tipo de construcción, las vigas de amarre forman parte del sistema de entrepiso, las cuales se encontraban dispuestas en anillos cerrados en el plano

horizontal del mismo, entrelazándose con los muros estructurales. Cabe anotar que la mampostería reforzada también permite la utilización total o parcial de entrepisos prefabricados, disminuyendo costos por la reducción en la utilización de formalería y obra falsa; dando mayor velocidad al proceso constructivo.



Fig.8.6. Detalle de vigas de amarre en el entrepiso.

7.2.4.2 Colocación de la parrilla de refuerzo. Estas losas de entrepiso tipo maciza tienen una parrilla de acero en varilla No. 3 para que esta trabaje en dos direcciones formando cuadrículas de 15cm x 15 cm en todo lo largo y ancho del área a fundir definido así por el diseñador.

Para armar este elemento se tendieron varillas en los dos sentidos de trabajo de la losa y se amarraron los hierros dando forma a las cuadrículas con sus dimensiones. En los bordes de la losa y en los voladizos, los hierros de la parrilla van amarrados a los hierros de las vigas por medio de ganchos estándar a 180° con una longitud de gancho de 50cm como se observa en la primera y cuarta imagen de la figura 7.7.



Fig. 7.7. Detalles colocación de la parrilla de refuerzo.

Adicional al refuerzo estipulado y con el visto bueno del calculista, se amarraron varillas No. 3 como se muestra en la ultima imagen de la figura 7.7, de 1.00m de longitud, espaciadas entre si 15.0cm y situadas en las esquinas del voladizo para minimizar las fisuras que con frecuencia aparecen este sitio . Este refuerzo se

dispuso en un ángulo de 45° con respecto a la parrilla con el objeto de “coser el muro” y contrarestar la fisura que por dicho sitio se inicia.

Para darle el recubrimiento adecuado a la parrilla se colocaron unas bases de soporte de 7.0cm de grosor, hechas en concreto en la misma proporción que la indicada para la construcción de las losas en una cantidad aproximada de 2 unidades/m² para formar el recubrimiento de manera que al momento del vaciado, el acero quedara bien envuelto por el concreto.



Fig. 7.8. Bases separadoras o panelas para el recubrimiento.

7.3 INSTALACIÓN DE DUCTOS ELÉCTRICOS.

Estos son los tubos que se colocaron entre la losa, para luego introducir los cables de energía. Se inició la labor colocando las cajas hexagonales, coincidiendo con el centro de las alcobas que se indican en los planos arquitectónicos; luego se unieron todas las cajas con tubería saliendo desde la caja de entrada, para los interruptores y los tomacorrientes (ver fig. 7.9).



Fig. 7.9. instalación de ductos electricos.

Esta etapa de instalación de ductos se basó en los planos arquitectónicos y eléctricos para su correcta distribución. La instalación de tomas e interruptores también se basó en los diseños estructurales pues como se ha mencionado en este informe, este subsistema se integra a la mampostería desde el inicio del proyecto.



Fig.7.10. Colocación de tuberías para la instalación de tomas e interruptores.

Un aspecto importante que se supervisó en la etapa de instalación de tuberías eléctricas es que debido a la gran cantidad de tubería que atraviesa ciertos puntos comunes en la losa, fue necesario espaciar estos ductos entre sí para que pudiesen quedar totalmente recubiertos por el concreto y así evitar que la losa se

fisurara, pues la acumulación de tuberías en la losa pueden generar vacíos que terminan en pequeñas fisuras en la losa en su etapa de fraguado.

7.4 FUNDICIÓN DE LOSAS DE ENTREPISO.

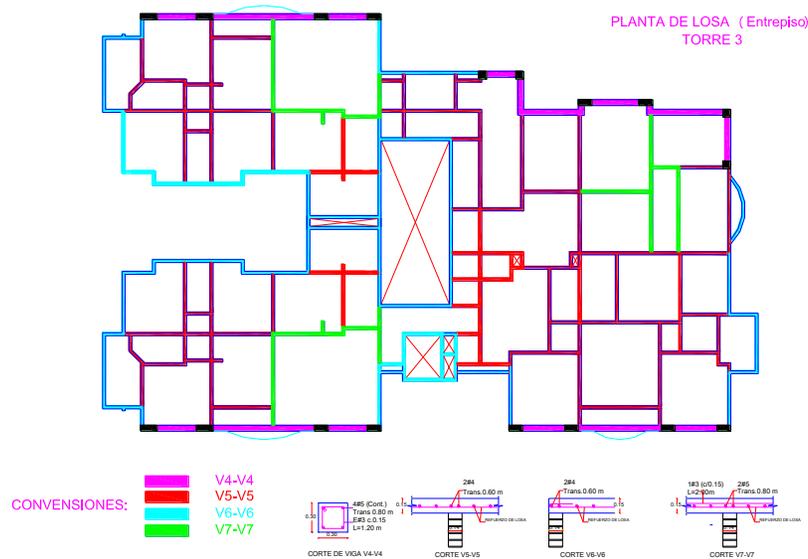


Fig.7.11. Losa de entrepiso vista en planta.

Una vez instalados todos los elementos de acuerdo con los planos se ejecutó la última actividad que fue la fundición de la losa en este proceso constructivo.

Con base en ensayos de laboratorio se determinaron las proporciones de la mezcla para obtener la resistencia requerida en los diseños estructurales.

Para una resistencia de diseño de 21Mpa (3000psi) se dosificó en proporciones 1:3:3 realizando la mezcla en la obra con trompo.

Para la elaboración de la mezcla se usó cemento Argos tipo I de uso general, arena media y triturado de 3/4" de Conexpe.



Fig.7.12. Ensayos de laboratorio para diseño de mezclas.

El área de la losa a fundir fue de 513m^2 con un espesor de 15cm para un volumen de 70m^3 de losa por lo cual fue necesario hacer la fundición en 2 etapas. La primera etapa para la fundición de la losa de entrepiso del apartamento grande y la siguiente etapa para los dos apartamentos pequeños que hacen parte de las unidades habitacionales por piso. Para llevar a cabo este proceso fue preciso prever con anterioridad donde se iba a hacer el corte o hasta donde se iba a fundir en la primera etapa. Este corte se definió con base en los planos donde la losa presente los menores esfuerzos de cortante y momento, es decir, en el primer o ultimo tercio de la luz que separan a los apartamentos pequeños del grande.

7.5 TRANSPORTE Y COLOCACIÓN DEL CONCRETO.



Fig.7.13 Transporte de concreto con boogies hasta el tercer nivel

Las losas de entrepiso de los tres primeros niveles de las tres torres que conforman el conjunto residencial se hicieron con concreto mezclado en obra y su colocación se hizo mediante carretas o boogies. Del cuarto piso en adelante se trabajará con concreto premezclado y se colocará mediante bomba de concreto.

Para esta labor se emplearon 36 obreros distribuidos en las distantes funciones que se requieren para la fundición.

Para la colocación del concreto, este se vació sobre el acero y se regó con pala para elaborar unas plantillas espaciadas entre sí aproximadamente 2.50m que es la distancia para recorrer con el codal (ver fig.7.14). Una plantilla consiste en darle a un volumen inicial de concreto, el espesor requerido (15cm de espesor de losa) manteniéndolo constante con la ayuda de la manguera de niveles, lo cual sirve como guía para darle a losa entera el espesor adecuado.

Una vez listas las plantillas, el concreto fue vaciado y vibrado en el espacio intermedio de estas y se talló mediante un codal apoyado a lado y lado de las plantillas generando así un espesor uniforme en la losa.



Fig.7.14. Elaboración de plantillas y vibrado del concreto.

7.6 VIBRADO DEL CONCRETO

Una parte importante en la etapa de la fundición de la losa es el vibrado. Este se hizo mediante vibrador de aguja y se colocó a distancias no mayores de 60cm en forma vertical. el tiempo de vibrado fue corto para evitar que los materiales se segregaran en la mezcla.



Fig.7.18. Vibrado del concreto

7.7 CURADO DEL CONCRETO.



Fig.7.19. curado del concreto.

El curado se define como el proceso de mantener un contenido de humedad satisfactorio y una temperatura favorable en el concreto, durante la hidratación de los materiales cementantes, de manera que se desarrollen en el hormigón las propiedades deseadas.⁶

El curador utilizado en la obra fue el anitisol blanco de Sika el cual ya viene listo para ser usado.



Fig.7.20. Antisol blanco de Sika.

Este producto se aplicó sobre la superficie del concreto haciendo uso de una fumigadora accionada manualmente (ver fig.7.19 y 7.23). El area a curar se cubrió totalmente. La aplicación del curador se hizo tan pronto desapareciera el agua de exudacion del concreto, situacion que se detecta facilmente pues la superficie cambia de brillante a mate. De este modo se evitó la perdida prematura de humedad del concreto permitiendo el normal desarrollo de la resistencia.

⁶ Concreto simple, Ing. Gerardo A. Rivera L. Cap. 6

7.8 CORTE DE LA LOSA

El corte en la losa consistió en determinar el sitio menos crítico donde se suspendería la fundición. Este se hizo en el primer tercio de la luz que separa los apartamentos pequeños del apartamento grande. Puesto que la culminación de la losa de entrepiso se hace en dos etapas, fue necesario el uso de un aditivo que permitiera la adherencia de concreto fresco a endurecido. En la obra se usó Sikadur-32 primer de Sika. Es un adhesivo epóxico de dos componentes que garantiza una pega perfecta entre el concreto fresco y el endurecido.



Fig.7.21. Aplicación de adhesivo epóxico de Sika.

Para aplicar el producto la superficie se mantuvo sana y limpia, libre de partes sueltas, contaminación de aceites, residuos de curadores, lechadas de cemento u otras sustancias extrañas.



Fig.7.22. Aplicación del adhesivo.

Como resultado final tenemos la losa ya terminada y se esperó alrededor de 11 días para desencofrar y reutilizar estos elementos en la siguiente fundición.



Fig.7.23. Aspecto general de la losa terminada.

8. OBSERVACIONES

- Es de gran importancia supervisar el buen manejo, manipulación y condiciones de almacenamiento del cemento. Como también la supervisión en cuanto a cantidad de refuerzo y dimensiones exigido en los planos para garantizar una excelente construcción.
- Las condiciones de manejo y manipulación del bloque estructural son buenas pues este se coloca encima de tableros de madera cuando llega a la obra y se deja cubierto con plástico para que no se humedezca ya que este ladrillo se pega en estado seco.
- El cemento requerido para la fundición de las losas de entepiso llega a la obra con un poco más de 12 horas de anterioridad, lo cual es favorable pues el material no se mantiene almacenado por mucho tiempo.
- Por las características físicas de las unidades, la mampostería reforzada provee al sistema un buen aislamiento térmico y acústico.
- Durante la construcción de la obra, siempre se realizan ensayos de laboratorio a las mezclas, para garantizar la resistencia exigida.
- La cantidad de la mano de obra siempre estuvo en función del rendimiento requerido.
- Existe un buen acompañamiento por parte de los diseñadores estructurales que se mantienen al tanto del progreso de la obra y siempre están dispuestos a resolver cualquier inquietud o problema que se presente durante la ejecución del proyecto. Esto hace que los estándares de calidad de la obra sean altos y genera confianza entre quienes han adquirido unidades habitacionales en este proyecto.

- La comunicación entre contratistas, maestros de obra e ingenieros es permanente y facilita la solución de problemas y toma de decisiones que a diario se presenta en la obra.
- En viviendas debidamente diseñadas se puede construir toda la estructura con mampostería, reduciendo el número de proveedores y el manejo de materiales y equipos, con la consecuente disminución de costos.

9. CONCLUSIONES

- Con la participación como pasante dentro de la constructora Terrazas del Campestre fue posible el cumplimiento de los objetivos planteados como fue el de participar en la supervisión técnica de la obra en la fase de construcción de muros de mampostería reforzada, losas de entrepiso e instalaciones hidrosanitarias.
- Se obtuvo experiencia técnica y específica sobre el proceso constructivo de los muros en mampostería reforzada y las losas de entrepiso.
- Siempre se mantuvo una permanente supervisión en las actividades constructivas para garantizar que el desarrollo del proyecto mantuviera un alto estándar de calidad y garantizar el cumplimiento de la norma sismo-resistente NSR-98.
- Una adecuada y oportuna supervisión técnica asegura que el ensamble de las unidades de mampostería con los demás componentes permita la conformación de una estructura monolítica que responda estructuralmente ante requerimientos sísmicos.
- Se veló por el buen manejo y la correcta disposición de las redes Hidrosanitarias para ajustarse en cuanto a diámetros y ubicación según los planos.
- La inspección visual y los ensayos de laboratorio para los materiales hacen que la obra gane en calidad y se mantenga por encima de las expectativas.

- La mampostería reforzada por ser un sistema estructural diferente al de pórticos y otros sistemas de muros, hace indispensable un riguroso control sobre los procedimientos de manejo y colocación de sus materiales.

10. RECOMENDACIONES

- Se debe realizar inspecciones sobre la procedencia de los materiales, verificando su buena calidad. De igual forma se pueden realizar mejores ensayos, si el presupuesto de la obra lo permite, para aportar mayor seguridad en el momento de terminar la construcción.
- Se debe tener cuidado en la manipulación de las unidades de mampostería para conservar su integridad.
- La calidad de la mano de obra en la mampostería reforzada debe ser especializada antes que calificada si se desea calidad en la obra.
- El control de calidad es indispensable en la mampostería reforzada y se debe haber una permanente revisión de los procedimientos constructivos.
- La supervisión en la elaboración de las mezclas debe ser permanente pues de esta depende la garantía de que la mezcla adquiera las propiedades adecuadas y su resistencia de diseño.
- La mampostería reforzada permite la utilización total o parcial de entrepisos prefabricados, disminuyendo costos por la reducción en la utilización de formaletería y obra falsa; dando mayor velocidad al proceso constructivo.
- Debe haber una buena interpretación de los planos del proyecto para que la ejecución de la obra se ajuste a los diseños estipulados.
- La supervisión técnica en la mampostería reforzada debe ser permanente en el transcurso del día sobre cada actividad, pues todos los elementos y actividades son estructurales.

- Conviene utilizar formatos gráficos apropiados para que el proceso de supervisión técnica sea sistemático, repetitivo y libre de omisiones.
- Cuando se detecta un problema, un defecto o una equivocación, se debe reportar al ingeniero calculista, en lugar de ocultarlo. Cuando algo ha resultado mal es necesario saber qué está mal y también conocer y comprender porqué ha resultado mal.

11 ANEXOS

EXPERIENCIA PERSONAL

La oportunidad de hacer un trabajo de grado con la constructora Terrazas del Campestre fue sumamente enriquecedora pues el tema de la mampostería reforzada no hace parte del pensum académico de Ingeniería Civil, motivo por el cual se tomó la decisión de hacer parte de este proyecto para conocer desde el punto de vista constructivo los detalles, ventajas y desventajas que presenta un sistema como este.

Fue placentero haber estado vinculado a este proyecto pues al tener una participación directa en la obra se puede interactuar con el personal, participar en la toma de decisiones y aportar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera para beneficio de la constructora y su proyecto.

Es una experiencia gratificante el poder tomar decisiones en el campo, con criterio y basadas en conocimientos adquiridos y asimilados a lo largo de los años de estudio en esta carrera universitaria.

La experiencia adquirida en esta pasantía crea valores de juicio para afrontar futuros proyectos con la seriedad y responsabilidad que deben caracterizar a un buen profesional de la rama de ingeniería.

INDICE FOTOGRAFICO

	Pág.
Alineamiento del muro mediante hilos y codales.....	34.
Anclaje de varillas según planos estructurales.....	23.
Antisol blanco de Sika.....	63.
Aplicación de adhesivo epóxico de Sika.....	64.
Aplicación del adhesivo.....	65.
Aspecto general de la losa terminada.....	65.
Bases separadoras o panelas para el recubrimiento.....	57.
Buitrones para tuberías sanitarias.....	37.
Cajones estándar para dosificación de mezclas.....	17.
Cimbrado.....	32.
Colocación de instalaciones eléctricas.....	37.
Colocación de la primera hilada.....	32.
Colocación de tuberías para la instalación de tomas e interruptores.....	58.
Conectores.....	26.
Construcción vigas de amarre.....	42.
Curado del concreto.....	62.
Detalles colocacion de la parrilla de refuerzo.....	56.
Detalle de vigas de amarre en el entrepiso.....	55.
Elaboracion de plantillas y vibrado del concreto.....	61.
Encofrado de la losa de entrepiso.....	54.
Ensayos de laboratorio para diseño de mezclas.....	60.
Esquema general de instalación de redes hidrosanitarias.....	44.
Esquema general de la construccion de losas de entrepiso.....	50.
Fachadas de las Torres Terraza del Campestre.....	8.
Gatos, cerchas y tableros para el encofrado.....	52.
Grafil de 4mm. (Escalerilla) para refuerzo horizontal.....	25.
Herramienta, equipo y materiales para las losas de entrepiso.....	52.

instalacion de ductos electricos.....	58.
Inyección y varillado del mortero de inyección (grouting).....	40.
Implementos para la soldadura en PVC.....	47.
Limpieza e instalación de tubería hidráulica.....	47.
Losa de entrepiso vista en planta.....	59.
Modulación de apartamentos según planos arquitectónicos.....	33.
Mortero de pega en juntas horizontales.....	35.
Mortero de pega tipo S	16.
Plano arquitectónico Terrazas del Campestre.....	29.
Plano estructural de la losa de entrepiso.....	51.
Planta de sótano Terrazas del Campestre.....	9.
Protección de bocas hidráulicas utilizando tapones.....	45.
Rebitado de muros.....	36.
Refuerzo horizontal embebido en el mortero de la junta.....	26.
Refuerzo vertical.....	21.
Refuerzo vertical y longitudes de traslapo.....	39.
Transporte de concreto con boogies hasta el tercer nivel.....	60.
Triturado de 3/8" del Dpto. del Valle para grouting.....	18.
Tubería sanitaria bajando por los buitrones.....	46.
Ubicación de puntos hidraulicos.....	48.
Ubicación de puntos sanitarios.....	49.
Ubicación de ventanas de inspección.....	41
Unidades de mampostería tipo Meléndez.....	15.
Unidades especiales cortadas en obra.....	30.
Vibrado del concreto.....	62.
Viga de amarre en doble varilla N° 4.....	28.
Viga de amarre embebida en mortero de inyección (grouting).....	38.