

**ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO Y RENDIMIENTO DEL SISTEMA
CONSTRUCTIVO UTILIZANDO FORMALETAS FORSA, EN LA EJECUCIÓN DE
LA OBRA: CONJUNTO MULTIFAMILIAR CAMPOREAL, DE LA EMPRESA
CONSTRUCTORA CARPOL**



YENY HERNÁNDEZ BEDOYA

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN
POPAYÁN
2009**

**ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO Y RENDIMIENTO DEL SISTEMA
CONSTRUCTIVO UTILIZANDO FORMALETAS FORSA, EN LA EJECUCIÓN DE
LA OBRA: CONJUNTO MULTIFAMILIAR CAMPOREAL, DE LA EMPRESA
CONSTRUCTORA CARPOL**



YENY HERNÁNDEZ BEDOYA

**Trabajo de grado en la modalidad de pasantía para optar al título
de Ingeniero Civil**

**DIRECTOR
Ing. LUIS FERNANDO POLANCO FLOREZ**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN
POPAYÁN
2009**

NOTA DE ACEPTACIÓN

El director y jurado de la pasantía “Análisis del funcionamiento y rendimiento del sistema constructivo utilizando formaletas forsa, en la ejecución de la obra: Conjunto multifamiliar Camporeal, de la empresa constructora Carpol” realizada por Yenny Hernández, una vez avalado el Informe Final y la Sustentación del mismo, autorizan al egresado a que desarrolle las gestiones administrativas correspondientes para optar al título de Ingeniero Civil

Director Pasantía

Jurado

Jurado

Popayán, Septiembre de 2009

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo de grado y toda mi carrera universitaria a mi madre porque fue quien estuvo a mi lado en todo momento dándome las fuerzas necesarias para continuar luchando día tras día y poder así seguir adelante rompiendo todas las barreras que se me presentaron. Es a ella a quien le debo la satisfacción de vivir lo que ayer fue un sueño hoy realidad y aunque no alcanzo a ver el resultado de su sacrificio, paciencia, entrega y amor desmedido, puede estar segura que trazo el camino de lo que un día será una gran historia.

AGRADECIMIENTOS

Hubo muchas personas que me brindaron su apoyo con documentación para poder materializar y llevar a feliz término, la realización de este trabajo de grado, titulado: **ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO Y RENDIMIENTO DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO UTILIZANDO FORMALETAS FORSA, EN LA EJECUCIÓN DE LA OBRA: CONJUNTO MULTIFAMILIAR CAMPOREAL, DE LA EMPRESA CONSTRUCTORA CARPOL**, sin sus conocimientos apoyo y compromiso hubiera sido imposible este logro.

A Luis Fernando Polanco Flórez, Ingeniero civil, Director del trabajo de grado, por su constante motivación, por su dirección, orientación y por compartir sus conocimientos.

A Francisco Polanco Flórez, Ingeniero Residente de la obra, por sus valiosas orientaciones, sus oportunas asesorías, por brindar su dedicación y conocimientos.

A Gustavo Ángel, Arquitecto, Jurado de Trabajo de grado, por su orientación, dedicación en la metodología, por su colaboración objetiva, oportunas correcciones y apreciaciones.

Y a todo el personal de trabajo del conjunto multifamiliar Campo Real.

Agradezco en especial, a Dios porque me sigue iluminando el camino que debo seguir, a mi madre, hermanos amigos y compañeros, por su apoyo incondicional, me aportaron ideas y me motivaron para seguir adelante.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. CONJUNTO MULTIFAMILIAR CAMPO REAL	3
1.1 LOCALIZACIÓN	3
1.2 GENERALIDADES	4
2. OBJETIVOS	5
2.1 OBJETIVOS GENERALES	5
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
3. MARCO TEÓRICO	6
3.1 GENERALIDADES DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO FORSA	6
3.2 MANO DE OBRA	7
3.3 RENDIMIENTO DE LA MANO DE OBRA	7
3.3 TIPOS DE FORMALETAS FORSA	7
3.3.1 Losas	11
3.3.2 Accesorios de Sujeción	13
3.4 COMPARATIVO EDIFICACIONES DE CONCRETO VS EDIFICACIONES TRADICIONALES (MAMPOSTERIA)	15
4. DESARROLLO DE LA PASANTÍA	17
4.1 CIMENTACIÓN	17
4.1.1. Replanteo Topográfico.	18
4.1.2 Excavación de cimientos.	18
4.1.2.1 Excavación manual.	18
4.1.2.2 Excavación con presencia de aguas subterráneas	20
4.1.2.3 Colocación de la malla de refuerzo en la base del pilar	21
4.1.2.4 Colocación del acero de refuerzo principal (castillo).	22
4.1.2.5 Colocación de la formaleta Interna.	23

4.1.2.6 Fundición de los pilares de cimentación.	24
4.1.2.7 Relleno de las formaletas con material.	26
4.2 Losa de Cimentación	28
4.3 Muros estructurales	30
4.4 Proceso constructivo de Muros y losa	31
4.4.1 Colocación de la malla.	31
4.4.2 Instalaciones eléctricas y sanitarias.	32
4.4.3 Colocación de separadores (panelas de concreto).	33
4.4.4 Instalación de encofrados para Muros y losa.	33
4.4.5 Vaciado del concreto	36
4.4.6 Desmontaje del encofrado	38
5. RENDIMIENTOS DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA CONSTRUCCION DE UN APARTAMENTO -TIPO DE LA TORRE D DEL CONJUNTO MULTIFAMILIAR CAMPO REAL	41
5.1 COLOCACIÓN DE LA MALLA	41
5.2 INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y SANITARIAS	42
5.3 INSTALACION DE ENCOFRADOS PARA MUROS Y LOSA	43
5.6 ANÁLISIS DE LOS RENDIMIENTOS	46
6. CONCLUSIONES	49
BIBLIOGRAFÍA	50
ANEXOS	51

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Composición de la cuadrilla de trabajo	41
Cuadro 2. Tiempo promedio de colocación de la malla	42
Cuadro 3. Rendimiento promedio de colocación de la malla	42
Cuadro 4. Conformación cuadrillas para instalaciones eléctricas y sanitarias	42
Cuadro 5. Tiempo promedio de instalación por apartamento	42
Cuadro 6. Rendimiento promedio	43
Cuadro 7. Cuadrilla de encofrados	43
Cuadro 8. Tiempo de ejecución promedio de encofrado	43
Cuadro 9. Rendimiento promedio colocación de encofrado	44
Cuadro 10. Cuadrilla vaciado del concreto	44
Cuadro 11. Cantidad de obra a ejecutar	44
Cuadro 12. Tiempo promedio total vaciado del concreto	45
Cuadro 13. Rendimiento promedio vaciado del concreto	45
Cuadro 14. Cuadrilla desmontaje del encofrado	45
Cuadro 15. Tiempo promedio de desmontaje del encofrado	46
Cuadro 16. Rendimiento promedio de desencofrado	46
Cuadro 17. Resumen de rendimientos	46

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Ubicación del proyecto en la ciudad de popayán	3
Figura 2. Muros	8
Figura 3. Medidas formaletas.	9
Figura 4. Formaleta cap y formaleta alta	10
Figura 5. Losas de forsa	11
Figura 6. Apuntalamiento para losas	12
Figura 7. Pin flecha	13
Figura 8. Grapa candado	13
Figura 9. Pasadores	13
Figura 10. Pin grapa	14
Figura 11. Cuña	14
Figura 12. Cobatas	14
Figura 13. Instalación de las formaletas para muros	34
Figura 14. Instalación De corbata, debidamente forrada	34
Figura 15. Inserción de cuña a través de la ranura del pin.	35

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	pág.
Fotografía 1. Localización de excavación	18
Fotografía 2. Excavación manual	19
Fotografía 3. Excavación con presencia de aguas subterráneas	20
Fotografía 4. Evacuación de aguas subterráneas	20
Fotografía 5. Colocación de la malla de refuerzo en la base del pilar	21
Fotografía 6. Colocación del acero de refuerzo principal (castillo)	22
Fotografía 7. Colocación de la formaleta	23
Fotografía 8. Fundición de los pilares de cimentación	25
Fotografía 9. Relleno de las formaletas con material	27
Fotografía 10. Área donde se distribuyen los pilares	27
Fotografía 11. Solado de limpieza para vigas	29
Fotografía 12. Colocación del refuerzo para vigas	29
Fotografía 13. Colocación de refuerzo para losa de cimentación	29
Fotografía 14. Refuerzo en las dos direcciones de la losa de cimentación	29
Fotografía 15. Parrilla de la losa de cimentación	30
Fotografía 17. Vaciado del concreto en losa de cimentación	30
Fotografía 18. Losa de cimentación	30
Fotografía 16. Instalaciones hidráulicas en losa de cimentación	30
Fotografía 19. Detalle muro de 10cm de espesor	31
Fotografía 20. Instalación de la malla	32
Fotografía 21. Malla ya colocada para poner formaletas para muros	32
Fotografía 22. Cajas e instalaciones eléctricas sujetas a la malla	33
Fotografía 23. Instalaciones eléctricas y sanitarias en la malla de la losa y de los muros	33
Fotografía 24. Corbatas instaladas en la formaleta	35
Fotografía 25. Formaletas de muros ya listas para fundir	36
Fotografía 26. Mixers utilizados para el transporte del concreto a la obra	37
Fotografía 27. Vaciado del concreto mediante la autobomba	37

Fotografía 30. Muros terminados	38
Fotografía 28. Encofrado para muros	38
Fotografía 29. Encofrado de losa de entrepiso	38
Fotografía 31. Detalle edificio construido con formaleta metálica	38
Fotografía 32. Desmontaje de las formaletas para muros	39
Fotografía 33. Sacacorbatas	39
Fotografía 34. Sistema de apuntalamiento utilizado	40
Fotografía 35. Malla electrosoldada de 7.5mm de diámetro	41

LISTA DE ANEXOS

pág.

Anexo A. Plano arquitectónico de un apartamento del conjunto multifamiliar campo real. 52

Anexo B. Planos eléctricos de un apartamento del conjunto multifamiliar campo real. 53

Anexo C. Plano sanitario de un apartamento del conjunto multifamiliar campo real. 54

INTRODUCCIÓN

El concepto de sistema industrializado para construcción de vivienda está asociado a los procesos que mediante una adecuada planeación de actividades y presupuesto y una selección acertada de equipos y materiales, generan elevados rendimientos en mano de obra y un mejor aprovechamiento de los recursos, al crear una especie de producción en serie, similar a los procesos repetitivos empleados en las fabricas.

La industrialización de los procesos constructivos permite ejecutar mediante el uso de formaleta metálica modulada, una unidad de vivienda tipo, con el principio de la rotación diaria de la formaleta, que permite una velocidad de construcción con eficiente ocupación de personal. Entre los sistemas industrializados más difundidos se encuentra la construcción de vivienda cuyo sistema estructural está conformado únicamente por placas y muros en concreto reforzado.

Dentro de la clasificación de los sistemas industrializados de construcción se encuentran los de formaleta reutilizable que son paneles metálicos en aluminio o acero que unidos forman una estructura temporal manoportante capaz de resistir presiones sin deformarse y cuyo fin es moldear el concreto según el diseño arquitectónico. En general este tipo de formaletas se agrupan dentro de dos sistemas: formaletería tipo túnel y formaletería manoportable

Por otro lado debe mencionarse que debido a la rapidez en la construcción, el concreto usado para este tipo de sistemas debe tener características especiales de resistencia a edades tempranas comparadas con las resistencias máximas de los concretos convencionales bombeables, ya que los sistemas estructurales, deben ser capaces de soportar cargas sobre impuestas a edades tempranas de su proceso de curado.

Con el sistema manoportable de paneles modulares, la formaleta se puede acoplar fácilmente a cualquier tipo de proyecto o diseño arquitectónico, ya sea para edificios o casas. Dada su fabricación el sistema permite fundir monolíticamente muros y losas logrando un rendimiento de una vivienda diaria. El nivel de acabado sobre la superficie de concreto puede ser liso o con textura. El sistema de encofrado de la formaleta en aluminio está compuesto por paneles y accesorios. Entre otras características de la formaleta es que los paneles están conformados por la unión entre si de perfiles extruidos con aleación estructural y el peso promedio de un panel de 90 cm x 240 cm es de aproximadamente 40 Kg.

1. CONJUNTO MULTIFAMILIAR CAMPO REAL

1.1 LOCALIZACIÓN

El Conjunto Multifamiliar Campo Real está ubicado en la Carrera 2 # 22BN – 115 en la Ciudad de Popayán, en el sector del Liceo, contiguo a la urbanización Pomona.

Figura 1. Ubicación del Proyecto en la Ciudad de Popayán



Fuente. Propia del estudio

1.2 GENERALIDADES

El Conjunto RESIDENCIAL Campo Real está conformado por de la siguiente manera:

- Doscientos Ochenta (280) unidades privadas desde 66m².
- Zonas Verdes comunales.
- Una (1) Portería, subestación y UTB.
- Una Piscina.
- Dos (2) salones para reuniones.
- Dos (2) canchas múltiples.
- Veinticinco (25) parqueaderos para visitantes.
- Un sendero peatonal

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GENERALES

- Observación y análisis general de las diferentes etapas del proceso constructivo de la Torre C del Conjunto Multifamiliar Campo Real.
- Determinar y analizar el funcionamiento y rendimiento de un proceso constructivo mediante la utilización de formaletas FORSA como sistema constructivo manoportante, en la ejecución de la obra Conjunto Multifamiliar CAMPO REAL, ubicada en la zona Nor-Oriental de la ciudad de Popayán a cargo de la Empresa Constructora CARPOL.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las diferentes fases de un sistema constructivo para comprobar y revisar las especificaciones técnicas que se deben considerar en la ejecución de una obra.
- Analizar las ventajas, potencialidades y posibles falencias que tiene la implementación de formaletas FORSA dentro del proceso constructivo.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 GENERALIDADES DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO FORSA

FORMALETAS S.A.-FORSA es una empresa colombiana que ha desarrollado un sistema de formaletas en aluminio, soldadas, conformadas por paneles y accesorios, adaptables a las exigencias arquitectónicas solicitadas para la fundición monolítica de estructuras en concreto reforzado. Estas formaletas se pueden diseñar para muros, columnas, vigas y losas, de acuerdo a los requerimientos de una obra ya sea como sistemas duales, combinados o de muros de carga, los cuales son considerados en las normas colombianas para construcciones sismo-resistentes. Su uso garantiza la calidad y monoliticidad de la obra de concreto en estructuras de uno o más niveles, así como también que los elementos estructurales tengan la continuidad que se espera.

Los usuarios de las formaletas FORSA son grandes constructores, debido a que el sistema actual de producción encarece este tipo de formaletería y limita su adquisición por parte del pequeño constructor, a pesar de que su reutilización represente un ahorro a largo plazo tanto en materiales como en mano de obra.

Actualmente la empresa caucana CONSTRUCTORA CARPOL realiza una obra denominada conjunto multifamiliar CAMPOREAL, que consta de un conjunto de cinco torres, de siete pisos cada una, destinados a ocho apartamentos. El diseño vanguardista de este interesante proyecto consta de una cimentación con 142 pilotes fundidos in situ y una losa de 15 cm. de espesor en cada nivel, actuando como soporte para los muros en concreto.

Es un sistema que está basado en formaletas de aluminio de gran maniobrabilidad y duración. Este material se caracteriza por ser liviano, resistente, flexible y altamente productivo que permite construir a gran velocidad y se adapta a los más variados diseños.

Una de las variables más importantes para analizar en el proceso constructivo es la Mano de Obra, la cual permite determinar el rendimiento en la elaboración de un proyecto de construcción.

3.2 MANO DE OBRA

Es el recurso humano que interviene en la ejecución de unidad de obras.

Clasificación de los recursos humanos:

1. Los que intervienen en el proyecto
2. Los que intervienen en la ejecución de las obras.
3. Personal profesional, técnicos (Arquitectos, Ingenieros, Maestros de Obra, etc.)

3.3 RENDIMIENTO DE LA MANO DE OBRA

El rendimiento se define como la cantidad de tiempo que emplea un obrero para ejecutar una determinada cantidad de obra, el tiempo puede estar dado en horas o días, su valor se especifica en horas – hombre o días – hombre empleados para producir una unidad de trabajo.

El desempeño de una persona no depende solamente de su capacidad física o de su grado de preparación, sino también de las condiciones ambientales reinantes del lugar de trabajo; de la disposición a tiempo y en el lugar adecuado de materiales y herramienta, de la planeación estratégica de las tareas a realizar, ya que los imprevistos que se presentan por la mala planeación afectan el rendimiento del personal. Por esto, el estudio del rendimiento debe considerar los sucesos reales que se presentan en la obra, los cuales son particulares de cada caso.

La Empresa constructora Carpol en con el propósito de innovar y de mejorar el rendimiento en esta obra implemento en la construcción del Conjunto Multifamiliar Campo Real el sistema constructivo FORSA utilizando para la construcción de los apartamentos Formaletas como las siguientes:

3.3 TIPOS DE FORMALETAS FORSA

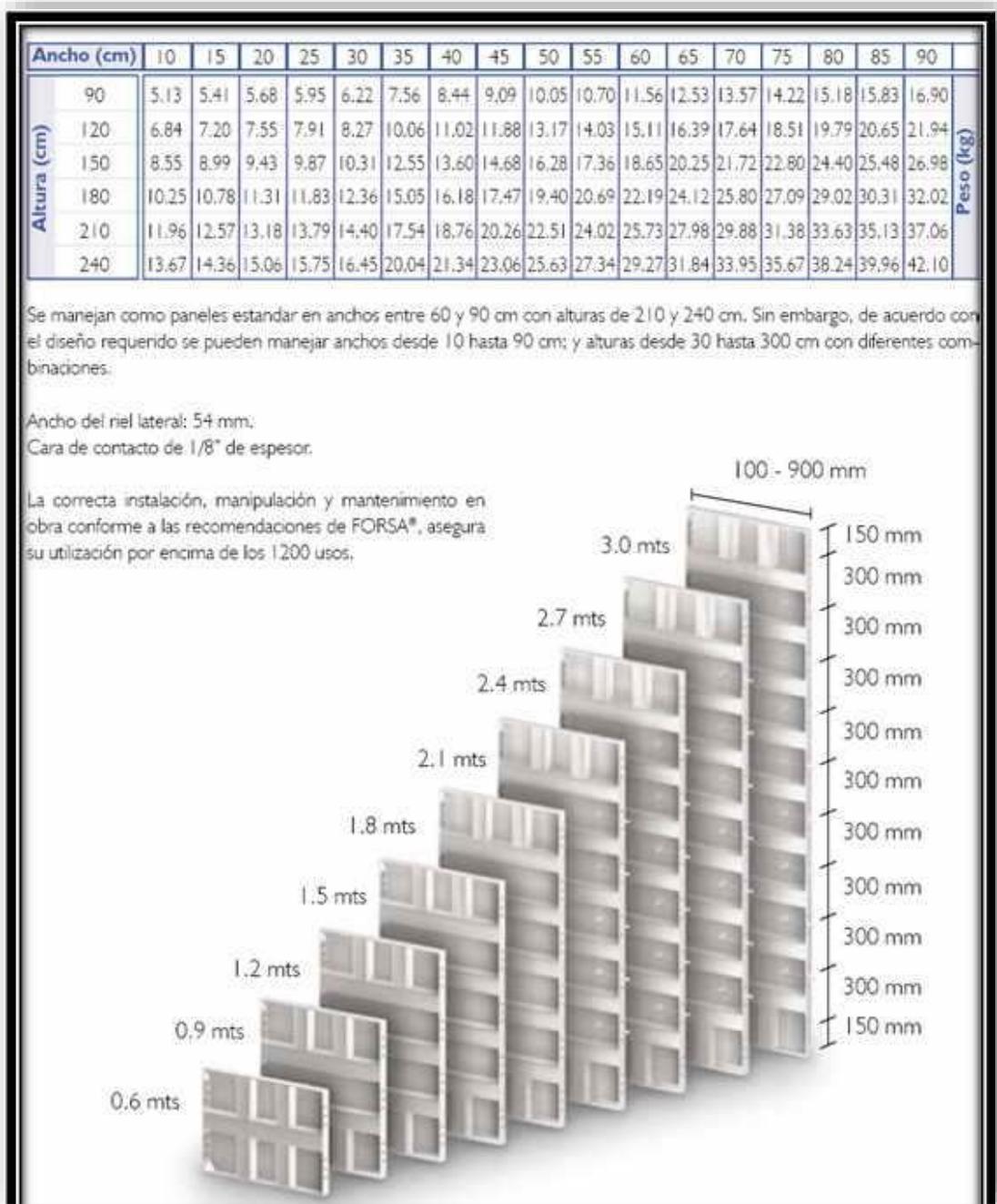
Se muestran los diversos tipos de formaletas FORSA que se utilizan en las obras de construcción, tales como las empeladas para muros, losas. Los sistemas de apuntalamiento de las losas, los accesorios utilizados, etc.

Muros

Figura 2. Muros



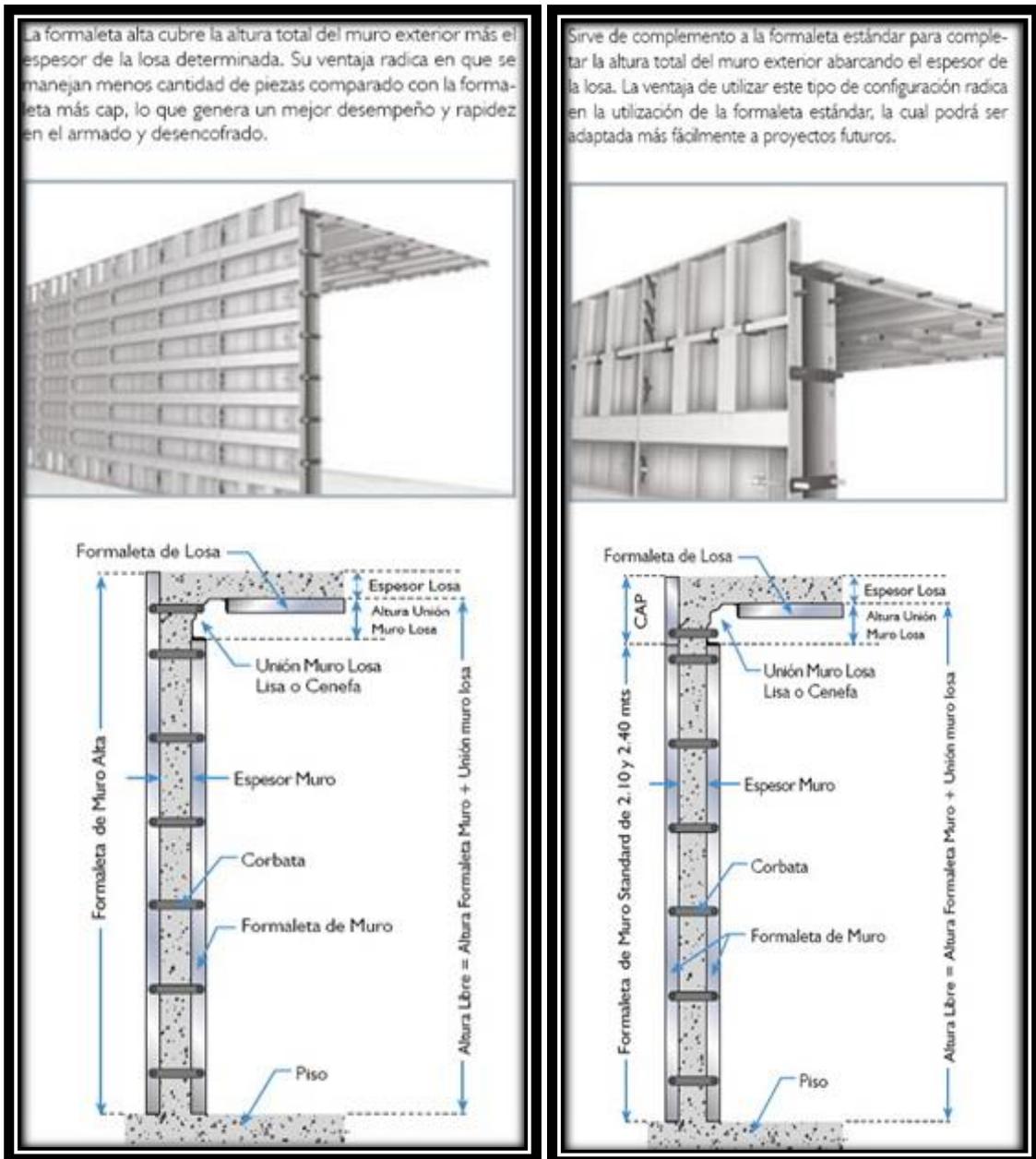
Figura 3. Medidas formaletas.



Las fachadas y secciones exteriores de las viviendas pueden ser conformadas en dos opciones: con formaletas de caps más formaletas de muro estandar o con formaletas altas.

Formaletas CAP y Alta

Figura 4. Formaleta Cap y formaleta alta



3.3.1 Losas

Figura 5. Losas de Forsa



Las formaletas son fabricadas con perfiles extruidos de aluminio, de aleaciones 6061 y 6261 temple 6, los cuales se unen machibrados entre sí, con soldadura de aluminio 5356. Refuerzos transversales de 7.5 cm, que garantizan un mejor comportamiento a la deformación de los paneles en servicio.

El perfil lateral se utiliza ranurado y va perforado para realizar el ensamble de una formaleta de losa con otra. Este perfil ranurado permite la utilización de estos paneles en diferentes posiciones, asegurados con pin grapas al no encontrar enfrente una perforación con otra, entre panel y panel.

Se manejan como paneles estándar de 90 x 120. Sin embargo de acuerdo con el diseño requerido se pueden manejar anchos y largos, desde 10 hasta 90, con diferentes combinaciones.

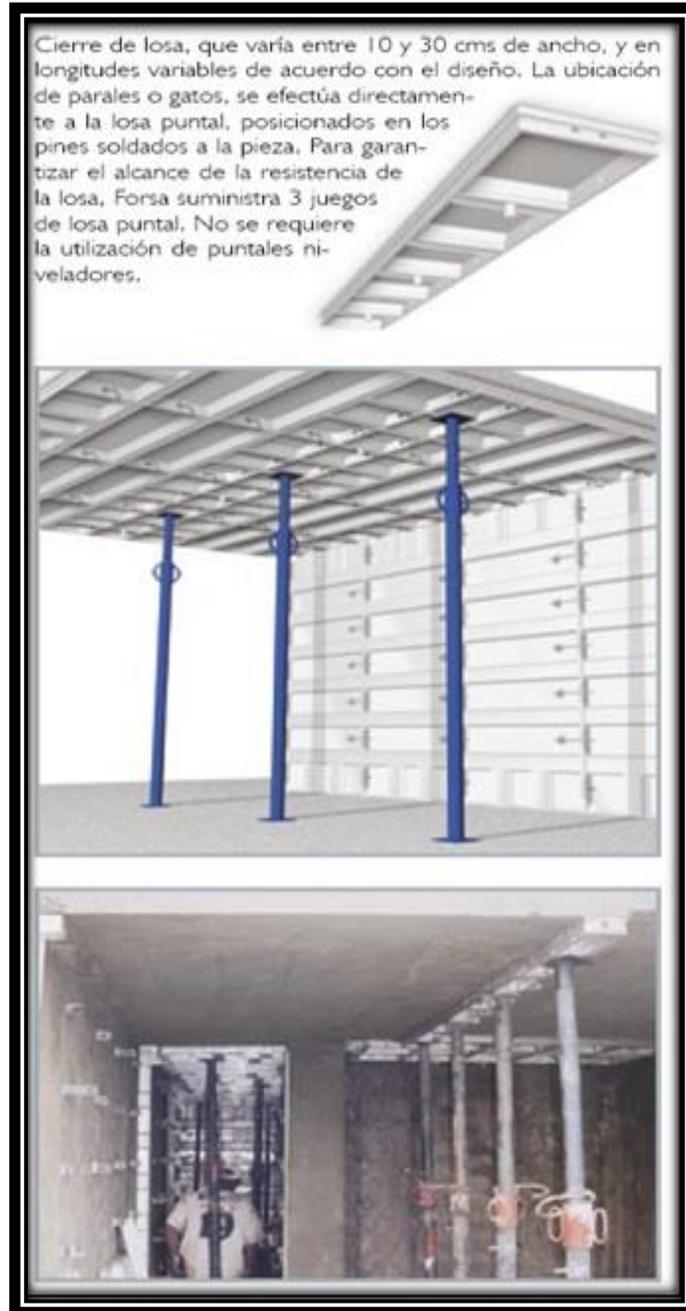
Ancho del riel lateral: 54 mm.
Cara de contacto de 1/8" de espesor.

La correcta instalación, manipulación y mantenimiento en obra, conforme a las recomendaciones de FORSA®, asegura su utilización por encima de los 1200 usos.

Altura (mm)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
10	1.43	1.85	2.36	2.78	3.29	3.71	4.13	4.55	5.07	5.49	5.91
20	1.63	2.05	2.69	3.11	3.75	4.17	4.59	5.01	5.65	6.07	6.49
30	1.84	2.26	3.02	3.44	4.21	4.63	5.05	5.47	6.23	6.65	7.07
40	2.65	3.28	4.33	4.97	5.70	6.34	6.98	7.61	8.35	8.98	9.62
50	3.08	3.80	5.05	5.77	6.70	7.42	8.14	8.86	9.80	10.52	11.24
60	3.54	4.35	5.82	6.63	7.79	8.60	9.42	10.23	11.38	12.20	13.01
70	4.94	6.18	8.15	9.39	10.73	11.98	13.22	14.47	15.81	17.05	18.30
80	5.77	7.24	9.56	11.03	12.72	14.19	15.66	17.14	18.83	20.30	21.77
90	5.69	7.05	9.39	10.76	12.47	13.84	15.20	16.57	18.28	19.65	21.02

Sistema de Apuntalamiento para Losas

Figura 6. Apuntalamiento para losas



3.3.2 Accesorios de Sujeción

Figura 7. Pin flecha



Figura 8. Grapa candado



Figura 9. Pasadores



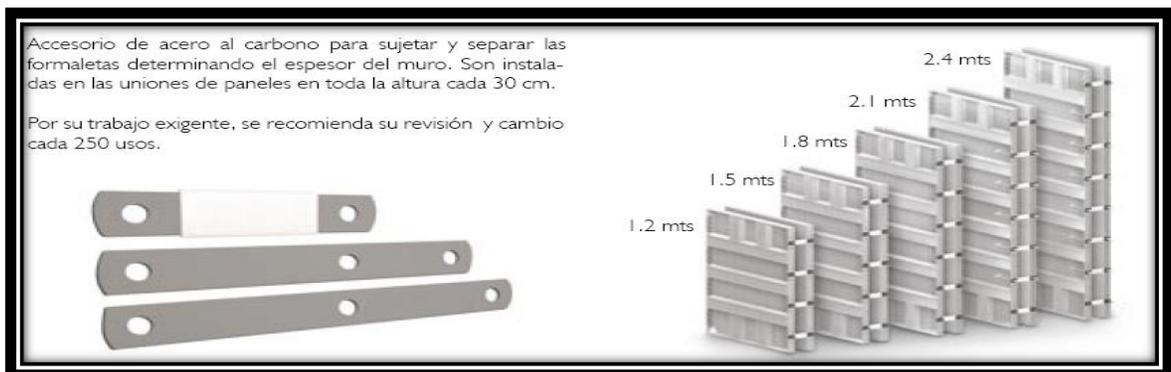
Figura 10. Pin Grapa



Figura 11. Cuña



Figura 12. Cobatas



3.4 COMPARATIVO EDIFICACIONES DE CONCRETO VS EDIFICACIONES TRADICIONALES (MAMPOSTERIA)

I. Los Costos de Construcción de las Viviendas en Concreto son menores que los Sistemas Constructivos Tradicionales por las siguientes razones:

- Logística mínima en las actividades de obra
- Mayores Rendimientos de Obra
- Menor Costo en Mano de Obra
- Flexibilidad Arquitectónica –Menos retrabajos (actividades para corregir imperfecciones).
- Excelente Acabado en Obra negra
- Adaptación de la Formaleta a Nuevos Proyectos
- Proceso Constructivo LIMPIO –Mínimo de Desperdicios
- Menor Tiempo de Construcción –Menos Gastos Generales

II. Las actividades que tienen mayor incidencia en el ahorro son:

- Reducción de Actividades en la Estructura en Obra negra
- Terminación en obra negra lista para estucar y pintar
- Reducción en los tiempos de construcción

III. La Formaleta de Aluminio incide en el costo total de la Estructura. En un Sistema Industrializado, el mayor costo lo aporta el Concreto, el Acero de Refuerzo y la Mano de Obra, NO la Formaleta.

El porcentaje de ahorro de un sistema industrializado con muros y losas de concreto fundidos con formaletas de aluminio, respecto a un sistema tradicional esta en un rango aproximado de 16% a 25%

En Conclusión

Una sola cuadrilla de trabajadores para vaciados de muros y losas, generara Rendimientos más altos de mano de obra. Mínimo de salientes en unión MURO-LOSA, Disminución de resanes y correcciones de ángulos y plomos. Pocos retrabajos por tener piezas adaptadas a la arquitectura de la vivienda.

En el vaciado no se necesitan embudos adicionales para no botar la mezcla. Gran disminución de los costos por retrabajos. El objetivo es diseñar soluciones integrales, con piezas especiales compatibles al equipo estándar, que le permitan hacer fundiciones monolíticas y no dejar margen a los costosos retrabajos.

4. DESARROLLO DE LA PASANTÍA

A grandes rasgos la pasantía se estructura en dos partes claramente diferenciadas pero interrelacionadas de tal manera que se complementan y dan la unidad al objeto del trabajo realizado.

La primera parte en la que se da a conocer de manera muy general las diferentes etapas del proceso constructivo de la torre C del Conjunto Multifamiliar Campo Real, para pasar a continuación a efectuar un análisis más profundo del funcionamiento y rendimiento del sistema constructivo utilizando formaletas forsa, en la ejecución de la obra.

Se empezara describiendo el proceso constructivo de un apartamento, para así dar a conocer el rendimiento que en la construcción de estos producen el uso de formaletas forsa.

4.1 CIMENTACIÓN

El proceso de cimentación de la torre C, se realizó mediante un sistema de pilotes fundidos in situ. Este procedimiento se realizó durante el tiempo que no estuvo el pasante en la obra, razón por la cual el proceso de cimentación que se describe a continuación, es el llevado a cabo en la torre E.

La cimentación de la quinta torre del conjunto multifamiliar Campo Real es diferente a la cimentación de las cuatro construidas anteriormente, debido a que al encontrarse suelo resistente a menos profundidad se optó por cambiar el sistema de cimentación pasando así de Pilotes prefabricados a Pilares huecos de 0.15m de espesor, con pata de elefante.

Pilares que descansarán sobre un manto de grava que se encuentra a una profundidad de 3.0m. Serán construidos con un concreto que aporta una resistencia de 3000 PSI. La carga a soportar de estos cimientos es de aproximadamente 3120Tn la cual estará distribuida en 94 pilares que se construirán en un tiempo aproximado de 17 días.

4.1.1. Replanteo Topográfico. El replanteo se realizó para ubicar las coordenadas de los ejes de cada pilar de cimentación, sobre el terreno que se ha adecuado para tal fin.

Esta actividad fue realizada por una comisión topográfica compuesta por un topógrafo y dos cadeneros, quienes localizaron los puntos de referencia para la ubicación de los ejes, posteriormente se colocó una estaca con puntilla debidamente pintada para su fácil visualización en el momento de realizar la excavación. El equipo que se utilizó fue un teodolito con su respectivo trípode, nivel, mira, plomadas, cinta, maceta, puntillas y pintura.

Fotografía 1. Localización de excavación



Fuente: el autor

Una vez obtenidos los puntos estacados se mide con una cinta métrica la distancia del radio de cada pilote establecida en los planos. Era aquí donde el pasante controlaba que estas mediciones se hicieran de forma correcta.

4.1.2 Excavación de cimientos. Es la extracción de tierra que se hace sobre el suelo donde van a fundirse los pilares de cimentación.

4.1.2.1. Excavación manual. Se realiza la excavación, con la ayuda de pica y pala excavando a lo largo del eje del pilar hasta la profundidad estipulada en los planos, a medida que se avanza se prevé la necesidad de utilizar un balde y un ayudante para poder así retirar el material excavado. El material excavado se acumula a los lados de la excavación para utilizarlo después como relleno.

Fotografía 2. Excavación manual



Fuente: el autor

4.1.2.2 Excavación con presencia de aguas subterráneas

Fotografía 3. Excavación con presencia de aguas subterráneas



Fuente: el autor

En el proceso de excavación se halló el nivel freático a una profundidad de tres metros aproximadamente, esto generó la interrupción de la excavación, por lo tanto fue necesario evacuar el agua con la ayuda de un balde suspendido de una cuerda desde la superficie, para poder así continuar con este trabajo; una vez solucionado este problema se llegó a la profundidad del estrato de grava que según los estudios geotécnicos era el recomendado. El pasante destacaba su presencia controlando que la profundidad final de la excavación fuera la establecida.

Fotografía 4. Evacuación de aguas subterráneas



Fuente: el autor

4.1.2.3 Colocación de la malla de refuerzo en la base del pilar. Para el emparrillado del pilar de cimentación se utilizó malla electrosoldada de 3/8 de pulgada cortada en secciones de 50x70cm, una vez emparrillada la base se colocaron separadores (panelas) de concreto de 5cm de altura de manera que garantizaran el recubrimiento del refuerzo establecido en el diseño.

Fotografía 5. Colocación de la malla de refuerzo en la base del pilar



Fuente: el autor

4.1.2.4 Colocación del acero de refuerzo principal (castillo). Los castillos están conformados por ocho varillas de $\frac{3}{4}$ de pulgada de diámetro y de 3.6m de longitud y con estribos en espiral de $\frac{3}{8}$ de pulgada separados cada 0.10 m. Para el armado de los castillos se destinó un área especial en la obra y una vez terminados fueron colocados dentro de la excavación destinada para el pilar de cimentación; como se observa a continuación.

Fotografía 6. Colocación del acero de refuerzo principal (castillo)





Fuente: el autor

4.1.2.5 Colocación de la formaleta Interna. Se decidió utilizar como formaleta para los pilares canecas de 60cm de diámetro, los cuales se unieron con soldadura hasta alcanzar la longitud deseada. Para su ubicación e instalación se contó con la ayuda de 4 ayudantes; para mantener su estabilidad se colocaron dos barras de acero ancladas en la parte superior de la excavación y a estas se sujetaron con alambre negro de igual manera al castillo el cual anteriormente se había asegurado al suelo excavado.

Fotografía 7. Colocación de la formaleta





Fuente: el autor

4.1.2.6 Fundición de los pilares de cimentación. Una vez que llega el autobomba se estaciona y se estabiliza desplegando un sistema de gatos hidráulicos, para que el brazo elevador sin necesidad de ser forzado lleve el concreto hasta el lugar deseado, enseguida debe llegar el mixer quien va vertiendo el concreto en la tolva del camión autobomba y este a su vez lo lleva por una conducción hasta el lugar donde es necesario depositarlo. Para poder iniciar el vaciado del concreto debo realizarle un cebado a la autobomba para lo que utilizó una mezcla de agua-cemento, con la finalidad de facilitarle al concreto su recorrido por el tubo.

La fundición de estos pilares se hizo con la ayuda de un obrero que manejaba la manguera de la autobomba de manera circular por el contorno de los pilares cuidando que la fundición del concreto sea pareja y uniforme hasta alcanzar la altura estipulada (3.0mt) o sea 60 cm por debajo de la superficie.

Paralelamente otro obrero se encargaba del vibrado el cual se hace con el fin de lograr darle la mayor densidad posible, como resultado de la evacuación del aire atrapado; de buscar homogenización especialmente en el sentido vertical; y facilitar el terminado superficial. Estos pilares se fundieron con concreto premezclado de 3000PSI.

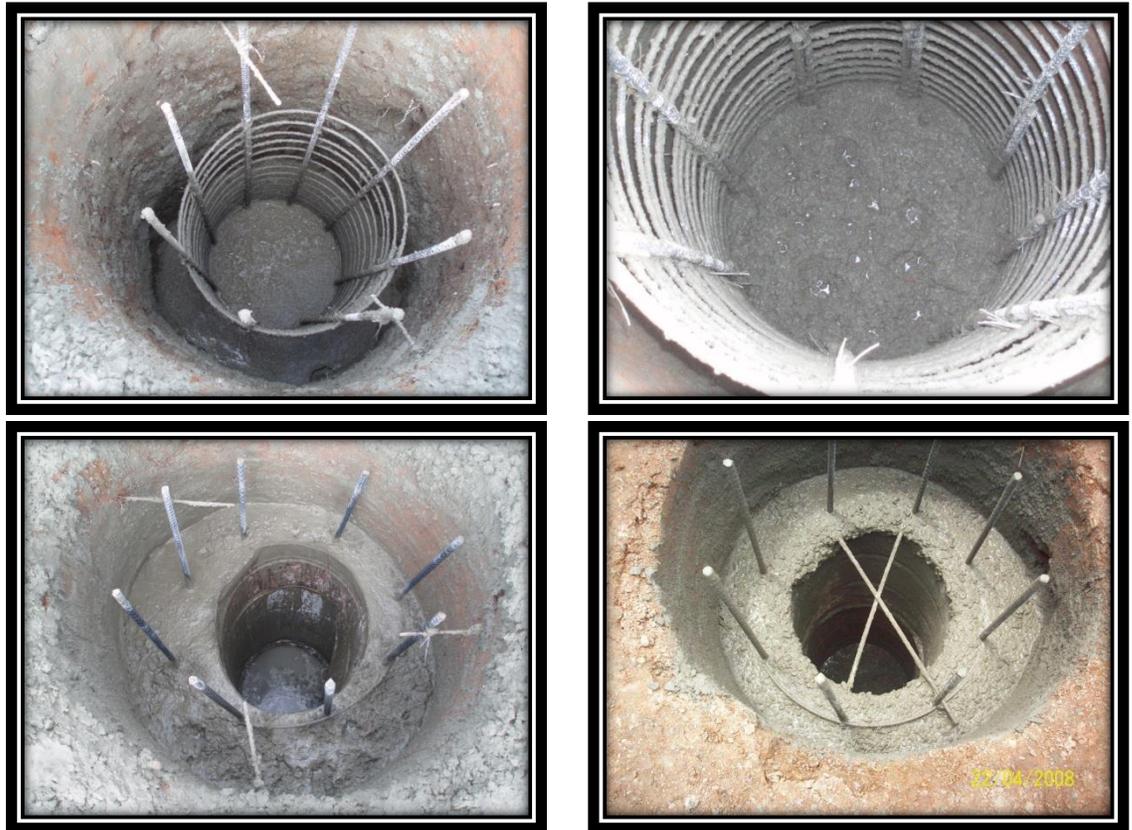
El vaciado de este concreto a los pilares se hizo únicamente en el espacio suelo – formaleta dejando así vacío el interior de las canecas.

Los pilares fundidos tienen las siguientes características:

- Diámetro de 0.90m
- Profundidad de 3.0m.
- Espesor de 0.15m.
- El interior de estos es hueco para lo cual se usa la caneca como formaleta.

Fotografía 8. Fundición de los pilares de cimentación





Fuente: el autor

Como se observa en las fotografías se presentaron problemas en el momento de la fundición, se deformaron las formaletas y la presión del concreto hacía que se levantaran para solucionar esto se decidió por parte de la constructora rellenarlas con tierra.

4.1.2.7 Relleno de las formaletas con material. El relleno de las formaletas se hace con el material excavado que ha sido previamente acumulado a los lados de los huecos, se rellenan con 5 o 6 capas de 20 - 25cm para profundidades entre 1.0m y 1.50m hasta lograr un nivel uniforme, para la compactación se utilizó un pisón construido con concreto sobre un tarro de pintura de un galón y como mango un bastidor, esta actividad fue supervisada por el pasante quien daba el visto bueno del correcto procedimiento.

Fotografía 9. Relleno de las formaletas con material



Fuente: el autor

Finalmente en la imagen siguiente se puede observar el área en la cual están distribuidos los 94 pilares terminados que sirven de soporte a la losa de cimentación.

Fotografía 10. Área donde se distribuyen los pilares



Fuente: el autor

4.2 LOSA DE CIMENTACIÓN

La cimentación que se empleo en esta obra es una losa de concreto maciza de 0.20m de espesor, armada en dos direcciones y apoyada en vigas conectadas a las columnas del punto fijo (ascensor) para reforzarla se usaron aceros de ½". Fue fundida con concreto premezclado de $f'c=21\text{mpa}$.

una vez nivelada el área donde se construirá la losa se hace el trazado y replanteo utilizando equipo topográfico el cual estaba conformado por una comisión de topografía compuesta por un topógrafo y dos cadeneros quienes se encargaban de la localización de los niveles de referencia para enseguida continuar con la excavación.

Para limitar del área de la losa de cimentación, se templan hilos para la posterior ubicación de las formaletas metálicas de las caras laterales de la losa, las cuales, se colocaron formando un octágono de acuerdo a lo establecido en el diseño.

Posteriormente se hace el perfilado y limpieza del área de trabajo para continuar con la construcción del solado de limpieza para lograr dicho propósito la constructora optó por cubrir el suelo con plástico negro; enseguida se hace el trazo para ubicar las columnas del punto fijo (ascensor) y se procede a armar conjuntamente el emparrillado para la losa y los castillos de las vigas de cimentación además de la instalación de los puntos hidraulicos; paralelamente se realizan la colocación de la tubería de desagüe con sus respectivos accesorios, la construcción de las cajas de inspección; en donde se cuida por parte del pasante el correcto procedimiento de estas actividades.

Posteriormente se funde la losa utilizando el mismo equipo con el que se fundieron los pilares (autobomba). Para lo cual se emplearon 170 metros cúbicos de concreto, los cuales fueron transportados en mixers desde la planta hasta el sitio de fundición donde fue vaciado hasta alcanzar un espesor de 0.20 m, finalmente se pasa una regla metálica y una llana de madera para lograr un acabado liso y uniforme.

La compactación del concreto de realizó con un vibrador eléctrico teniendo en cuenta las especificaciones técnicas recomendadas para esta actividad como tiempo y aéreas de vibración.

Al día siguiente se inicia el curado de la losa por humedecimiento, esparciendo agua con una manguera sobre toda la losa.

Antes de la fundición se deben tapar las salidas de los tubos de desagüe y eléctricos con plásticos o cartón para evitar que sean obstruidos por el concreto y

cubrir las tapas de las cajas sanitarias con formaleta de madera para impedir que estas queden fundidas en la losa.

En la losa se dejaron anclados tanto los refuerzos longitudinales de las columnas como los bastones (pelos) para la instalación de las mallas de refuerzo de los muros. La localización de estos refuerzos debe ser muy cuidadosa porque se deben localizar con mucha precisión; en esta actividad por ser la más cuidadosa era donde el pasante se enfocaba su mayor atención.

Fotografía 11. Solado de limpieza para vigas



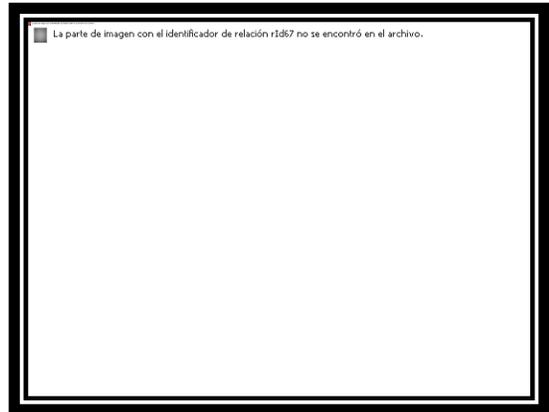
Fotografía 12. Colocación del refuerzo para vigas



Fotografía 13. Colocación de refuerzo para losa de cimentación



Fotografía 14. Refuerzo en las dos direcciones de la losa de cimentación



Fuente: el autor

Fotografía 15. Parrilla de la losa de cimentación



Fotografía 16. Instalaciones hidráulicas en losa de cimentación



Fotografía 17. Vaciado del concreto en losa de cimentación



Fotografía 18. Losa de cimentación



Fuente: el autor

4.3 MUROS ESTRUCTURALES

La obra tiene como sistema estructural losas y muros portantes delgados de concreto armado cuyo espesor varía de 8 a 10 cm y están armados con malla electro soldada.

Para su construcción se procede al montaje y colocación de los refuerzos de acero, que son mallas electrosoldadas o varillas que le darán resistencia y durabilidad a los muros de concreto y losas y van conectados con los arranques de varillas que vienen ya sea de la cimentación o del piso anterior al que se está construyendo; los conductos de electricos, hidráulicos y las cajas que van conectadas son ubicados y asegurados con alambre a los refuerzos de acero

ubicados al centro de los muros, con el objeto de asegurar que no se desplacen durante el vaciado del concreto. Es muy importante que los refuerzos de acero que se desplantan desde la cimentación estén ubicados y se mantengan en el centro de los muros, ya que estos sirven para recibir y mantener a las mallas electrosoldadas que constituyen la mayor parte del refuerzo de muros, y sirven a su vez para mantener los conductos eléctricos y de plomería.

Fotografía 19. Detalle muro de 10cm de espesor



Fuente: el autor

4.4 Proceso constructivo de Muros y losa

4.4.1 Colocación de la malla. Se inicia la colocación de la malla amarrando con alambre las varillas salientes de la losa con las mallas electrosoldadas de los muros verificando que estén lo mas centradas posible dentro del espesor del muro.

En esta actividad es importante tener cuidado con las esquinas para que queden instaladas en ángulo recto y no se genere curva; además de verificar que la malla esté nivelada.

Fotografía 20. Instalación de la malla



Fuente: el autor

Fotografía 21. Malla ya colocada para poner formaletas para muros



Fuente: el autor

4.4.2 Instalaciones eléctricas y sanitarias. Una vez se ha instalado la malla, se continúa con la instalación de cajas eléctricas, tuberías eléctricas, sanitarias y de gas las cuales se sujetan a la malla con alambre para evitar su desplazamiento o torsión en el momento del vaciado del concreto.

Fotografía 22. Cajas e instalaciones eléctricas sujetas a la malla



Fuente: el autor

Las cajas eléctricas se rellenan con papel mojado, para evitar la filtración del concreto.

Fotografía 23. Instalaciones eléctricas y sanitarias en la malla de la losa y de los muros



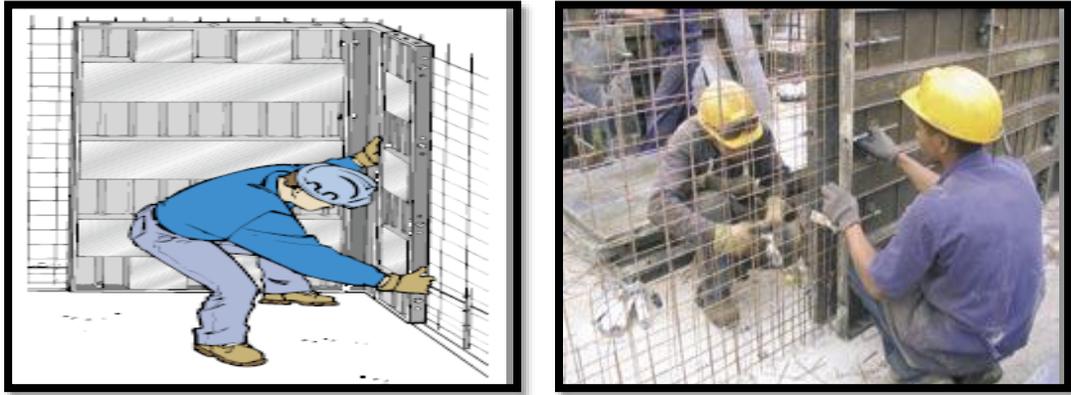
Fuente: el autor

4.4.3 Colocación de separadores (paneles de concreto). Una vez instaladas las mallas de la losa se continúa con la colocación de cubos de concreto de 5 cm de espesor para dar el recubrimiento estipulado por la norma al refuerzo, estos separadores se hicieron en obra con un mortero de buenas características ya que hacen parte del muro. Para su fabricación se fundía una placa de este mortero y antes que fragüe se cortaban los cubos.

4.4.4 Instalación de encofrados para Muros y losa. Antes de iniciar el montaje se debe verificar que las formaletas tengan bien aplicado el desmoldante (aceite quemado) y que las corbatas estén debidamente forradas para facilitar su

posterior extracción. La corbata actúa como un separador permitiendo obtener un muro de espesor homogéneo y además soporta la presión del vaciado.

Figura 13. Instalación de las formaletas para muros



Fuente: el autor

Figura 14. Instalación de corbata, debidamente forrada



Fuente: el autor

Fotografía 24. Corbatas instaladas en la formaleta



Fuente: el autor

El proceso de colocación de paneles de muros se inicia en las esquinas con la colocación de los elementos componentes tales como la esquina exterior y los interiores, dejando así definido el espesor de los muros que pueden ser de 8 o 10 cm de ancho, y parte hacia dos direcciones opuestas colocando paneles uno frente a otro, conectándolos con un pasador que se inserta a través de las perforaciones de las formaletas y asegurándolos con una cuña que se coloca en la ranura del pin.

Figura 15. Inserción de cuña a través de la ranura del pin.



Fuente: el autor

Una vez aseguradas las esquinas se continúa armando simultáneamente, las formaletas exteriores e interiores del muro, repitiendo cada uno de estos pasos hasta terminar el apartamento; obteniendo como resultado final el encofrado de un apartamento ya listo para su posterior fundición.

Fotografía 25. Formaletas de muros ya listas para fundir



Fuente: el autor

En todo este proceso el pasante destacaba su labor para que se cumpliera con dichos requerimientos para garantizar el perfecto encofrado de muros portantes.

4.4.5 Vaciado del concreto

El vaciado de los muros y la losa se realiza utilizando concretos fluidos con la adecuada granulometría y en algunos casos con aditivos. El proceso de vaciado se puede efectuar con balde, grúa o bomba, utilizando equipo para el vibrado del concreto, si este lo requiere. Los vanos de las puertas y ventanas quedan con sus dimensiones claramente definidas.

El concreto utilizado para la fundición del proyecto fue suministrado por Concretos ARGOS, dicho concreto fue transportado desde la planta hasta la obra en un tiempo estimado de 25min en camiones "Mixer" de 7m³ y 8m³ de capacidad, el cual fue bombeado por medio de autobomba hasta el sitio de vaciado.

Fotografía 26. Mixers utilizados para el transporte del concreto a la obra



Fuente: el autor

El Concreto utilizado para este proyecto fue de $210\text{Kg}/\text{cm}^2$, al que se le adicionó un aditivo plastificante, para dar mayor fluidez al material.

El procedimiento del vaciado fue el siguiente:

- Se ubico la bomba de tal manera que facilitara el suministro del concreto al lugar de vaciado.
- El vaciado del concreto fue realizado por una cuadrilla específica, llenando siempre en mismo sentido el muro, con el propósito de garantizar un avance uniforme del concreto.

Fotografía 27. Vaciado del concreto mediante la autobomba



Fuente: el autor

4.4.6 Desmontaje del encofrado

El proceso de desencofrado se realiza al siguiente día de la fundición, quedando los muros y las losas completamente listos para pintar o darle cualquier tipo de acabado.

Fotografía 28. Encofrado para muros



Fotografía 29. Encofrado de losa de entrepiso



Fotografía 30. Muros Terminados



Fotografía 31. Detalle edificio construido con formaleta metálica



Fotografía 32. Desmontaje de las formaletas para muros



Fuente: el autor

Dicha actividad se realizó así:

- Se retiran las cuñas y pasadores.
- Se inicia el desencofre de las formaletas en la mitad de una pared, retirándolas de una en una, asegurándose de que los paneles se halen hacia atrás de forma uniforme para garantizar la calidad en el acabado del concreto.
- Finalmente se extraen las corbatas, con el sacacorbatas, herramienta diseñada especialmente para dicha función.

Fotografía 33. Sacacorbatas



Fuente: Catalogo Forsa

Una vez terminado el desencofre de los muros seguimos con el desencofre de la losa. El sistema de apuntalamiento, facilita el desencofre de la losa.

Fotografía 34. Sistema de apuntalamiento utilizado



Fuente: el autor

Como se utilizó el sistema de losa puntal. Primero se retiran las cuñas los ping, y los pasadores desencofrando una por una las formaletas de losa, dejando instalada la losa puntal con sus respectivos gatos.

Este sistema permite dejar apuntalada la losa por medio de puntales, garantizando el apuntalamiento de la losa y la reutilización inmediata del 100%.

5. RENDIMIENTOS DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA CONSTRUCCION DE UN APARTAMENTO -TIPO DE LA TORRE D DEL CONJUNTO MULTIFAMILIAR CAMPO REAL

5.1 COLOCACIÓN DE LA MALLA

En esta actividad se trabajó con una cuadrilla conformada así:

Cuadro 1. Composición de la cuadrilla de trabajo

ACTIVIDAD	CUADRILLA	CANTIDA DE OBRA A EJECUTAR	
Colocación de Malla	1 Oficial	170m ²	100m ² Muro
	3 Ayudantes		70m ² Losa

Fuente: el autor

Se trabajó con malla electrosoldada de 7.5 mm de diámetro para muros y losa.

Fotografía 35. Malla electrosoldada de 7.5mm de diámetro



Fuente: el autor

Se contabilizó el tiempo que empleó la cuadrilla para la colocación de la malla por apartamento, dándonos en promedio un tiempo de:

Cuadro 2. Tiempo promedio de colocación de la malla

Actividad	Cuadrilla	Cantidad de obra a ejecutar	Tiempo
Colocación de Malla Muro	1 Oficial	100m ²	6h
	3 Ayudantes		
Colocación de Malla Losa	1 Oficial	70m ²	3h
	Ayudantes		

Fuente: el autor

Con lo que se determinó que el rendimiento promedio para la colocación de la malla para losa y muros de un apartamento fue de:

Cuadro 3. Rendimiento promedio de colocación de la malla

Actividad	Cuadrilla	Cantidad de obra a ejecutar	Rendimiento
Colocación de Malla Muro	1 Oficial	100m ²	16.67 m ² /h
	3 Ayudantes		
Colocación de Malla Losa	1 Oficial	70m ²	23.33 m ² /h
	3 Ayudantes		

Fuente: el autor

5.2 INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y SANITARIAS

Para estas actividades se trabajo con cuadrillas conformadas así:

Cuadro 4. Conformación cuadrillas para instalaciones eléctricas y sanitarias

Actividad	Cuadrilla	Cantidad de obra a ejecutar
Puntos Hidráulicos	1 Oficial	15 Puntos
	1 Ayudante	
Puntos Sanitarios	1 Oficial	10 Puntos
	1 Ayudante	
Puntos Eléctricos	1 Oficial	33 Puntos
	2 Ayudante	

Fuente: el autor

Después de hacer un seguimiento y registrar los tiempos que tardan las diferentes cuadrillas en poner un punto se observó que el tiempo promedio para colocar estas instalaciones para un apartamento es:

Cuadro 5. Tiempo promedio de instalación por apartamento

Actividad	Cuadrilla	# Puntos	Tiempo
Puntos Hidráulicos	1 Oficial	15	1h 30min
	1 Ayudante		
Puntos Sanitarios	1 Oficial	10	1h 30min
	1 Ayudante		
Puntos Eléctricos	1 Oficial	33	6h
	2 Ayudante		

Fuente: el autor

Con lo cual se pudo estimar que el rendimiento promedio para la colocación de los encofrados para muros y losa de un apartamento fue de:

Cuadro 6. Rendimiento promedio

Actividad	Cuadrilla	Rendimiento
Puntos Hidráulicos	1 Oficial	10Ptos/h
	1 Ayudante	
Puntos Sanitarios	1 Oficial	7Ptos/h
	1 Ayudante	
Puntos Eléctricos	1 Oficial	6Ptos/h
	2 Ayudante	

Fuente: el autor

5.3 INSTALACION DE ENCOFRADOS PARA MUROS Y LOSA

Para esta actividad se trabajo con una cuadrilla conformada así:

Cuadro 7. Cuadrilla de encofrados

Actividad	Cuadrilla	Cantidad de obra a ejecutar
Instalación de Encofrado para Muros y Losa	4 Oficiales	170m ²
	4 Ayudantes	

Fuente: el autor

Después de observar y llevar registro de los tiempos que se tardaron en la colocación de los encofrados para muros y losa, se observó que el tiempo a aproximado de la cuadrilla para ejecutar esta actividad fue:

Cuadro 8. Tiempo de ejecución promedio de encofrado

Actividad	Cuadrilla	Cantidad de obra a ejecutar	Tiempo
Instalación de Encofrado para Muros y Losa	4 Oficiales	170m ²	6h
	4 Ayudantes		

Fuente: el autor

Con lo cual se pudo estimar que el rendimiento promedio para la colocación de los encofrados para muros y losa de un apartamento fue de:

Cuadro 9. Rendimiento promedio colocación de encofrado

Actividad	Cuadrilla	Ro
Instalación de Encofrado para Muros y Losa	4 Oficiales	28.33m ² /h
	4 Ayudantes	

Fuente: el autor

5.4 VACIADO DEL CONCRETO

Para ésta actividad se trabajo con una cuadrilla conformada así:

Cuadro 10. Cuadrilla vaciado del concreto

Actividad	Cuadrilla	Cantidad de obra a ejecutar
Vaciado del concreto	4 Oficiales	170m ²
	4 Ayudantes	

Fuente: el autor

Es de aclarar que los 170m² corresponden a 20m³, se hace ésta conversión para expresar el rendimiento en estas unidades.

El vaciado se realiza tanto a la par tanto para muros como losa por su condición monolítica. Razón por la cual la cantidad de obra a ejecutar es la sumatoria de estas dos actividades.

Cuadro 11. Cantidad de obra a ejecutar

Actividad	Cantidad de obra a ejecutar	Cantidad de obra a ejecutar total
Vaciado de Muros	100m ²	170m ²
Vaciado de Losas	70m ²	

Fuente: el autor

Después observar y registrar tiempos que empleo la cuadrilla para la ejecución del vaciado del concreto tanto de los muros como losas para un apartamento se observó que el tiempo promedio para ejecutar esta actividad fue:

Cuadro 12. Tiempo promedio total vaciado del concreto

Actividad	Cuadrilla	Cantidad de obra a ejecutar	Tiempo
Vaciado del concreto	4 Oficiales	170m ²	2h
	Ayudantes		

Fuente: el autor

Con lo cual se estimó que el rendimiento promedio para el vaciado tanto de los muros como de la losa para un apartamento es de:

Cuadro 13. Rendimiento promedio vaciado del concreto

Actividad	Cuadrilla	Ro
Vaciado del concreto	4 Oficiales	85m ² /h
	4 Ayudantes	

Fuente: el autor

5.5 DESMONTAJE DEL ENCOFRADO

Para esta actividad se trabajo con una cuadrilla conformada así:

Cuadro 14. Cuadrilla desmontaje del encofrado

Actividad	Cuadrilla	Cantidad de obra a ejecutar
Desmontaje del Encofrado	4 Oficiales	170m ²
	4 Ayudantes	

Fuente: el autor

Después observar y registrar los tiempos que empleo la cuadrilla para el desencofrado tanto de los muros como de la losa de un apartamento se observó que el tiempo promedio empleado para esta actividad fue:

Cuadro 15, Tiempo promedio de desmontaje del encofrado

Actividad	Cuadrilla	Cantidad de obra a ejecutar	Tiempo
Desmontaje del Encofrado	4 Oficiales	170m ²	2h
	4 Ayudantes		

Fuente: el autor

Con lo cual se estimó que el rendimiento promedio para el desencofrado tanto de los muros como de la losa para un apartamento es de:

Cuadro 16. Rendimiento promedio de desencofrado

Actividad	Cuadrilla	Rendimiento
Desmontaje del Encofrado	4 Oficiales	85m ² /h
	4 Ayudantes	

Fuente: el autor

5.6 ANÁLISIS DE LOS RENDIMIENTOS

Cuadro 17. Resumen de rendimientos

Resumen tiempo de las actividades	
Actividades	Tiempo (h)
Colocación de Malla Muro	6
Colocación de Malla Losa	3
Puntos Hidráulicos y Sanitarios	1.5
Puntos Eléctricos	6
Instalación de Encofrado para Muros y Losa	6
Vaciado del Concreto	2
Desencofrado	2

Fuente: el autor

Una vez obtenido el tiempo que tarda la realización de cada actividad se puede concluir que:

Para la Colocación de las Mallas e Instalaciones se toma de las varillas de arranque dejadas en la cimentación o en la losa de entrepiso y se amarran las mallas electro-soldadas en muros y losas que son definidos por el cálculo estructural.

Una vez que se tiene un avance en la colocación de la malla y sirviendo las mallas como apoyo, se comienzan a instalar los ductos eléctricos, sanitarios y de gas

fijando también las cajas eléctricas, dejando los separadores de la malla para evitar el contacto de esta con el encofrado.

Luego a la par una vez ya tengamos muros listos con malla e instalaciones procedemos al encofrado de tanto los muros como las losas de acuerdo a los planes de montaje previamente diseñados, se inicia el armado, dejando definido el espesor de los muros. La unión entre paneles se realiza mediante el juego de cuñas. El sistema con los elementos y accesorios necesarios para la alineación y aplacamiento del encofrado.

Todas estas actividades las podemos hacer básicamente a la par con su respectivo traslape de tiempo para poder tener una secuencia, dándonos en promedio 6 horas para estas actividades.

Ya teniendo todo esto listo el vaciado de los muros y la losa se realiza utilizando concretos fluidos con la adecuada granulometría y en algunos casos con aditivos. El proceso de vaciado en nuestro caso se efectuó con Bomba y utilizando un equipo para el vibrado del concreto.

Tomando para este proceso aproximadamente 2 horas; con lo cual en un día laboral prácticamente podemos armar el refuerzo, colocar las instalaciones, formaletear y fundir, así finalmente después de todo este análisis podemos decir en conclusión que el rendimiento sería de un (1) apartamento por día.

El proceso de desencofre se realiza al siguiente día de la fundición, quedando los muros y las losas completamente listos para pintar o darle cualquier tipo de acabado.

De aquí en adelante es repetir el proceso mientras una cuadrilla desencofra, las demás repiten todo el anterior proceso para así poder obtener el mismo rendimiento.

Aplicaciones. Este sistema se aplica para la construcción de edificaciones de concreto reforzado fundido en sitio. Con especial ventaja en edificios de varios pisos y con paredes estructurales o muros de carga.

Este sistema es adecuado para la construcción de:

- Grandes hoteles.
- Edificios de apartamentos.
- Edificios de aulas, etc.

Cualidades. Las principales ventajas del sistema durante el proceso constructivo son:

- Simplificación del proceso constructivo

- Mayor precisión de las medidas de los elementos
- Menor cantidad de personal necesario en la obra
- Mayor seguridad ocupacional en la obra
- Obras más ordenadas y limpias
- Menor desperdicio, pérdida y deterioro de los materiales durante la construcción
- Reducción de la cantidad de materiales a trasladar y suministrar a la obra

Las principales ventajas del sistema durante el periodo de operación son:

- Gran reducción de la energía y del costo necesario para el acondicionamiento del aire
- Construcción sólida con una excelente seguridad estructural antisísmica
- Excelente aislamiento acústico y térmico
- Superficies de gran trabajabilidad, resistentes a los impactos, a las plagas, a la lluvia, a la humedad y al fuego

Todas estas ventajas logran una importante reducción en el costo final de las obras.

6. CONCLUSIONES

- ❖ El uso de este sistema constructivo permite la construcción en serie, considerándose un avance para el sector de la construcción ya que permite hacer obras a más velocidad, con mayor precisión y una gran rentabilidad, disminuyendo la inversión posterior en los acabados de la obra.
- ❖ Con este sistema el estuco se aplica directamente sobre la superficie desencofrada e incluso se puede dejar así, lo que da un ahorro en los acabados de muros.
- ❖ En comparación con el sistema tradicional, el uso de formaletas metálicas reduce considerablemente (menos de la mitad) el tiempo de ejecución de la obra, debido a que permite fundir monolíticamente, muros y losas logrando un rendimiento de una vivienda diaria.
- ❖ Este sistema es muy simple en su uso y con muy pocos accesorios, por lo que el personal que moverá los moldes requiere un mínimo de entrenamiento y sin necesidad de utilizar grúas, logrando eficiencia en la mano de obra.
- ❖ El peso liviano de los paneles facilita cada uno de los pasos de armado y desencofre puesto que una sola persona puede sostener un panel, reduciendo la mano de obra a menos de la mitad, lo que significa la disminución en los costos de inversión del proyecto.
- ❖ La experiencia adquirida en esta obra ha representado un complemento indispensable de los conocimientos obtenidos en el transcurso de la carrera, debido a que tuve la oportunidad de llevar los conceptos teóricos a la práctica. Además de obtener una visión más amplia acerca de las actitudes que se deben tomar cuando se trabaja en una empresa como lo es CARPOL.
- ❖ La construcción del Conjunto Multifamiliar Campo Real, aportó conocimientos técnicos acerca del proceso mecanizado del uso de formaleta metálica, mostrando una perspectiva diferente a lo visto teóricamente en el transcurso de la carrera.

BIBLIOGRAFÍA

AGUIRRE, C. M., & GUAUÑA, S. L. (2002). Rendimientos reales de mano de obra y equipo para viviendas de interés social, desarrolladas en la urbanización Villa del Viento, Popayán. Popayán: FIC.

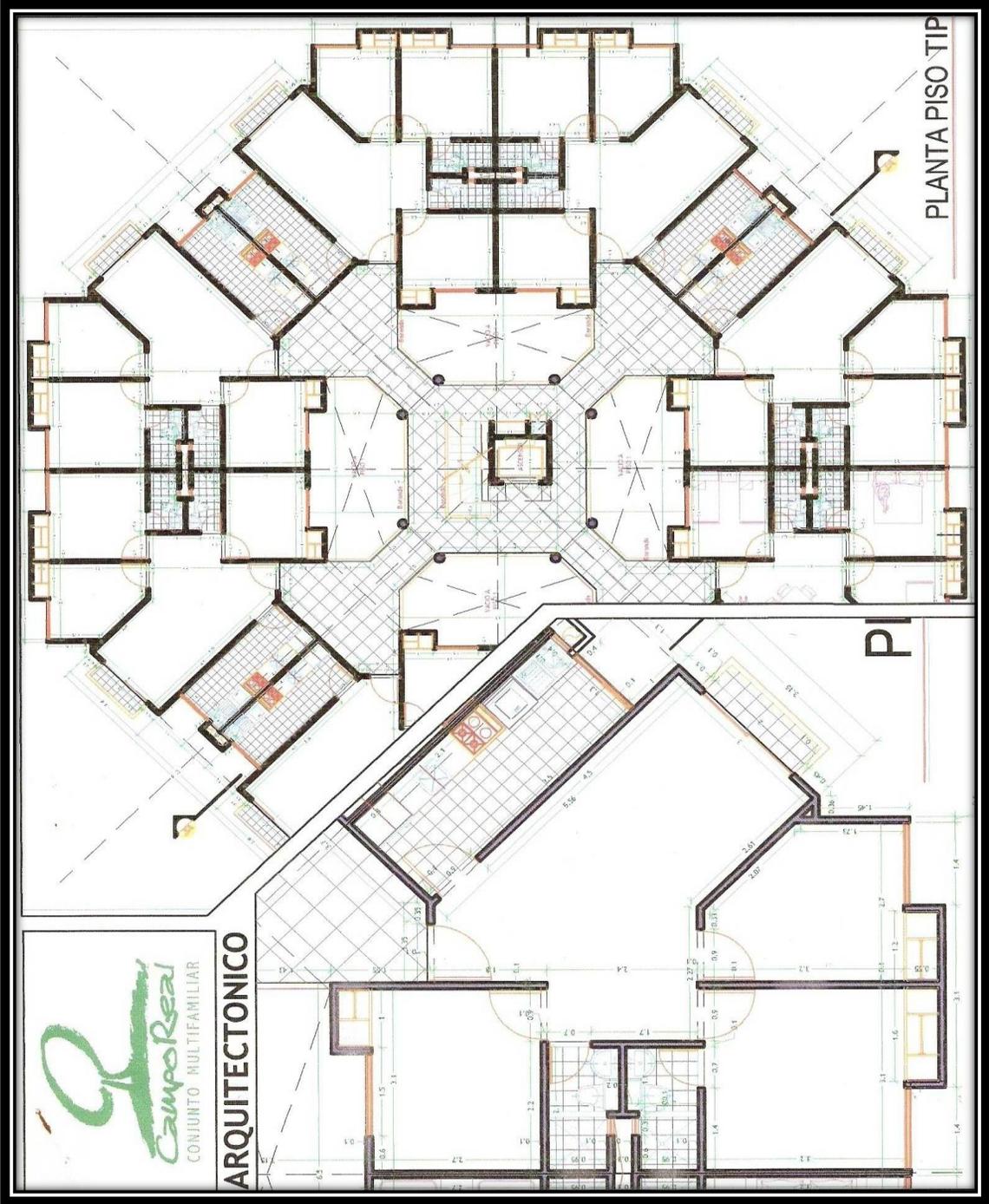
CONSUEGRA, G. (2002). Presupuestos de construcción. Bogotá: Bhandar. forsa. (s.f.). Recuperado el Agosto de 2008, de www.forsa.com.co

SÁNCHEZ RODRIGUEZ, M. (1997). Control de costos en la construcción. Barcelona: CEAC.

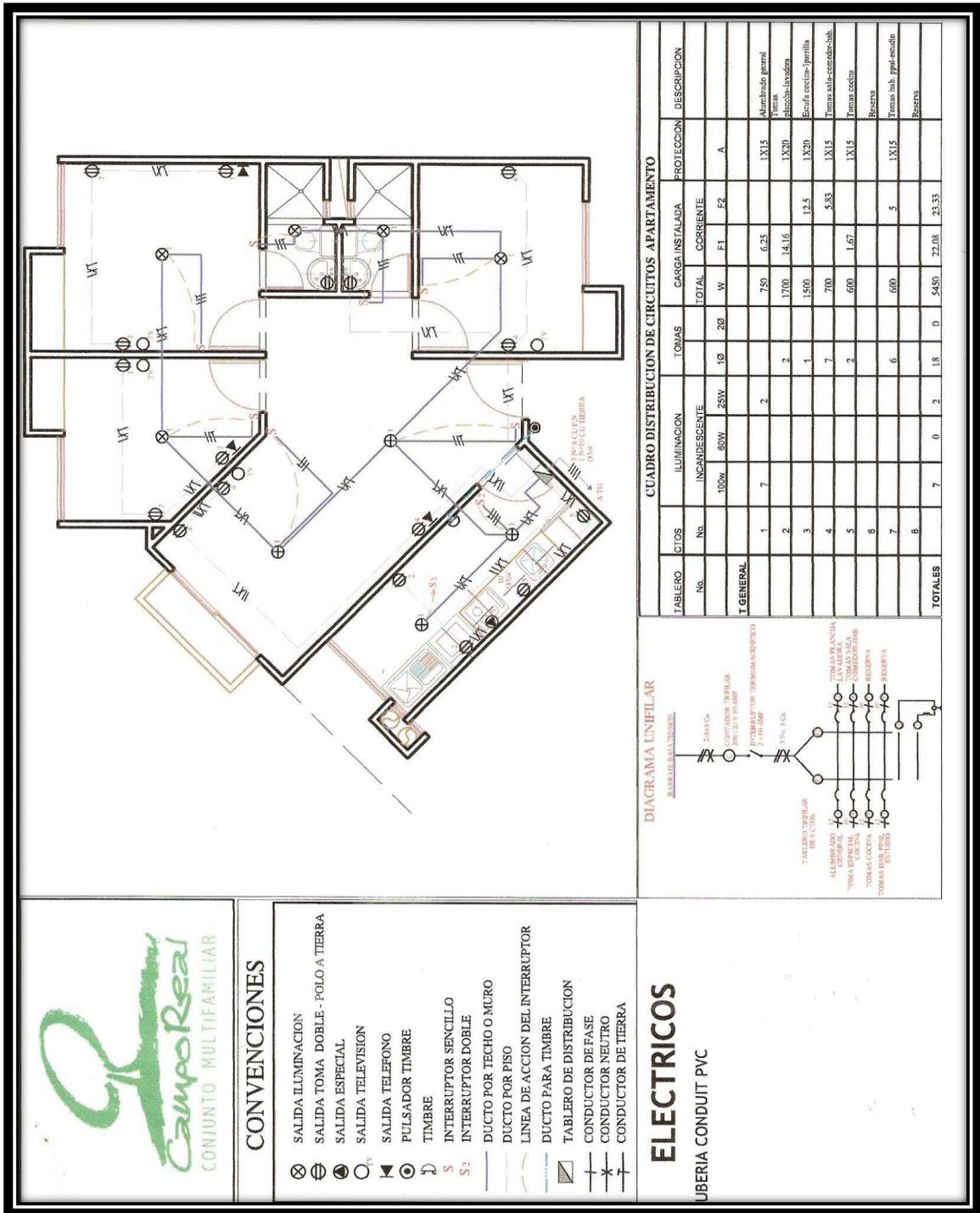
SUÁREZ SALAZAR, C. (1996). Costo y tiempo en edificación. México: Limusa.

ANEXOS

Anexo A. Plano arquitectónico de un apartamento del conjunto multifamiliar campo real.



Anexo B. Planos eléctricos de un apartamento del conjunto multifamiliar campo real.



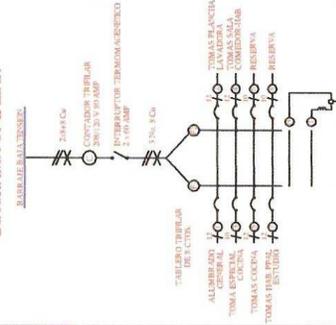
CONVENCIONES

- ⊗ SALIDA ILUMINACION
- ⊕ SALIDA TOMA DOBLE - POLO A TIERRA
- ⊖ SALIDA ESPECIAL
- SALIDA TELEVISION
- ⊕ SALIDA TELEFONO
- ⊕ PULSADOR TIMBRE
- ⊕ TIMBRE
- ⊕ INTERRUPTOR SENCILLO
- ⊕ INTERRUPTOR DOBLE
- ⊕ INTERRUPTOR POR TECHO O MURO
- ⊕ DUCTO POR PISO
- ⊕ LINEA DE ACCION DEL INTERRUPTOR
- ⊕ DUCTO PARA TIMBRE
- ▭ TABLERO DE DISTRIBUCION
- CONDUCTOR DE FASE
- CONDUCTOR NEUTRO
- CONDUCTOR DE TIERRA

ELECTRICOS

UBERIA CONDUIT PVC

DIAGRAMA UNIFILAR



CUADRO DISTRIBUCION DE CIRCUITOS APARTAMENTO

TABLERO	CICLOS	ILUMINACION		TOMAS		CARGA INSTALADA		PROTECCION	DESCRIPCION
		INCANDESCENTE	25W	1Ø	2Ø	W	F1		
No.	No.	100w	80W	2	2	750	6.25		Alumbrado general
T GENERAL	1	7	2	2	2	1700	14.16		Tomas Reserva-Reserva
	2			1	1	1500	12.5		Reserva cocina-juvenil
	3			7	7	700	5.83		Tomas sala-vestibulo-hab
	4			2	2	600	1.67		Tomas cocina
	5			6	6	600	5		Reserva
	6			18	0	5450	22.08		Tomas hab. ppa-estudio
	7	0	2	0	0	0	0		Reserva
TOTALES	7	0	2	18	0	5450	22.08		21.33

Anexo C. Plano sanitario de un apartamento del conjunto multifamiliar campo real.

