

**PRÁCTICA EMPRESARIAL  
CALIDAD Y EFICIENCIA EN CONSTRUCCIÓN EN SISTEMA TÚNEL**

**JUAN DIEGO GARCÍA LÓPEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2005**

**PRÁCTICA EMPRESARIAL  
CALIDAD Y EFICIENCIA EN CONSTRUCCIÓN EN SISTEMA TÚNEL**

**JUAN DIEGO GARCÍA LÓPEZ**

**Trabajo de grado realizado en la modalidad de práctica empresarial como requisito  
para optar al título de Ingeniero Civil**

**Director:**

**Ing. Ph.D. RICARDO ALFREDO GRUZ HERNÁNDEZ**

**Co-director:**

**Ing. M.Sc. GUILLERMO MEJÍA AGUILAR**

**Tutor:**

**Arq. JAVIER FIGUEROA MANTILLA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2005**

*A Dios,*

*A Colombia,*

*A la Universidad Industrial de Santander,*

*Y en especial,*

*a toda mi familia,*

*y a mis grandes amigos y amigas.*

*“Si el mundo fuera perfecto, sería muy aburrido,  
porque no tendríamos nada que hacer en la vida”*

*JUANCHO*

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi padrino, Héctor Olaya, y a Dina de Olaya, a ambos por su gran respaldo, personas incondicionales conmigo, y fueron quienes me propusieron la idea de hacer esta práctica.

A MARVAL S.A., al Dr. Rafael Marín Valencia por la valiosísima oportunidad de realizar la práctica empresarial en su empresa y en una obra de tal magnitud; al Dr. Sergio Marín Valencia por su interés en la calidad y por su reconocimiento cuando la labor ha sido bien hecha, al Arq. Javier Figueroa por su aceptación, sus enseñanzas y sus consejos; al ing. César Gómez, por su orientación, su paciencia y por dejarme las puertas abiertas en esta empresa; a las ing. Trina Alexandra Morales y Luz Adriana Ardila por su colaboración y su amabilidad; a la ing. Diana Carolina Sánchez quien más que una compañera de trabajo fue una amiga; al ing. Josué Arturo Pinzón (de MARVAL Cali) por su colaboración, sus consejos y por compartirme sus experiencias; al ing. Álvaro Galvis por su completa disposición de colaboración. Al maestro Guillermo Caballero, por compartirme su sabiduría, sus experiencias y su sinceridad. A todo el personal de ingeniería de MARVAL y en general a todo el personal de la organización, contratistas, subcontratistas y obreros de la obra Torres de Monterrey por colaborarme cuando lo necesité.

Al profesor Ricardo Cruz Hernández por creer en mí y por sus consejos y recomendaciones.

Al profesor Guillermo Mejía Aguilar por su colaboración y su interés en este tema.

A toda mi familia por darme la educación que recibí y el gran apoyo incondicional.

Y a mis grandes amigos y amigas, por ser incondicionales conmigo y porque me han demostrado y enseñado que una amistad está por encima de cualquier cosa.

MUCHAS GRACIAS.

## CONTENIDO

	pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>1. LA ORGANIZACIÓN MARVAL S.A.</b>	<b>3</b>
1.1 HISTORIA	3
1.2 SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD	5
1.2.1 Objetivos de la calidad	6
1.2.2 Misión	6
1.2.3 Visión	6
1.2.4 Política	6
<b>2. EL PROYECTO TORRES DE MONTERREY</b>	<b>8</b>
<b>3. CALIDAD EN OBRA</b>	<b>13</b>
3.1 CANTIDADES ESTÁNDARES POR VIVIENDA	13
3.2 CIMENTACIÓN	14
3.2.1 Localización topográfica	15
3.2.2 Excavación	16
3.2.3 Mortero de limpieza	18
3.2.4 Colocación del refuerzo	19
3.2.5 Fundida de la cimentación	21
3.2.6 Relleno sobre la zarpa	23
3.3 ESTRUCTURA TÚNEL	24
3.3.1 Malla electrosoldada	24
3.3.2 Placas	30

	pág.
3.3.3 Muros estructurales	41
3.4 OBRAS DE URBANISMO	51
3.4.1 Sótanos	51
3.4.2 Compartimientos estancos	52
3.4.3 Edificaciones de urbanismo	53
3.5 REFORMAS	53
3.6 CREACIÓN Y MODIFICACIÓN DE CONTRATOS	54
3.7 SELECCIÓN Y CONTROL DE FLEXÓMETRO MANUALES	61
3.8 REVISIÓN PREENTREGA	63
3.9 ENTREGA DE VIVIENDAS	65
3.10 CONTROL DE CALIDAD POR PARTE DE LOS CONTRATISTAS	66
<b>4. CALIDAD DE MATERIALES CRÍTICOS</b>	<b>67</b>
4.1 CONCRETO	67
4.2 ACERO	72
4.2.1 Barras de refuerzo corrugado	73
4.2.2 Malla electrosoldada	74
<b>5. EFICIENCIA EN EL SISTEMA TÚNEL</b>	<b>76</b>
5.1 MARCO TEÓRICO	76
5.2 INCIDENCIA EN EL PRESUPUESTO	77
5.3 EFICIENCIA Y RENDIMIENTO EN LA CONSTRUCCIÓN	81
5.3.1 Metodología	81
5.3.2 Recopilación de la información	82
5.3.3 Análisis de los datos	85
5.4 DESPERDICIO DE CONCRETO	87
5.4.1 Recopilación de la información	87

	pág.
5.4.2 Análisis de los datos	88
<b>6. CONCLUSIONES</b>	<b>94</b>
<b>7. RECOMENDACIONES</b>	<b>96</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>97</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>101</b>

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Ficha técnica del proyecto	11
Tabla 2. Formato (parcial) para la solicitud de requerimientos de obra	13
Tabla 3. Excavación de cimentación: retroexcavadora vs. pica y pala	17
Tabla 4. Pedido de malla electrosoldada para los pisos de apartamentos de torre 7	26
Tabla 5. Pedido de malla electrosoldada para los pisos de apartamentos de torre 8	27
Tabla 6. Cantidad de mallas electrosoldadas por piso	28
Tabla 7. Programación de llegada de la malla electrosoldada de las torres 7 y 8	29
Tabla 8. Ejemplo del cuadro de reformas	54
Tabla 9. Cantidades para las adiciones al contrato de estructura	55
Tabla 10. Cantidades para la creación del contrato de vías peatonales	59
Tabla 11. Cantidades para las adiciones al contrato de mampostería	60
Tabla 12. Flexómetros revisados y rechazados por mes	62
Tabla 13. Aspectos que se revisan en la revisión preentrega	63
Tabla 14. Resultados generales de pruebas de resistencia del concreto	69
Tabla 15. Desviación estándar para diferentes grados de control en pruebas de control de campo (en obra o planta)	69
Tabla 16. Comparación resistencia de concreto de 3000 psi en planta vs. en obra	72
Tabla 17. Cuadro resumen de resultados de barras corrugadas	73
Tabla 18. Resultados de las muestras de acero de barras del 13 de abril del 2005	73
Tabla 19. Cuadro resumen de resultados de malla electrosoldada	75
Tabla 20. Incidencias por actividades en el presupuesto para viviendas tipo	78
Tabla 21. Incidencias por actividades en el presupuesto para altillos	79

	pág.
Tabla 22. Incidencias por actividades en el presupuesto para urbanismo	79
Tabla 23. Incidencias por actividades en el presupuesto total de la obra Torres de Monterrey	80
Tabla 24. Volumen de concreto y área de construcción por piso tipo	82
Tabla 25. Proporción de tipo de formaleta por torre	83
Tabla 26. Personal del proceso constructivo	83
Tabla 27. Rendimiento por semana ideal vs. real	85
Tabla 28. Relaciones de rendimiento Outinord vs. Metalex	87
Tabla 29. Desperdicio de concreto en cimentación de torres	88
Tabla 30. Desperdicio de concreto en muros y placas fundidos con formaleta Outinord	91
Tabla 31. Desperdicio de concreto en muros y placas fundidos con formaleta Metalex	91
Tabla 32. Precios comerciales del concreto por M3	92
Tabla 33. Costo del desperdicio de concreto en las torres	92

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Centro Internacional de Negocios <i>La Triada</i>	4
Figura 2. Proyectos actuales de la empresa MARVAL en Bucaramanga	4
Figura 3. Perspectiva de Torres de Monterrey	9
Figura 4. Ubicación del Proyecto Torres de Monterrey	9
Figura 5. Muestra de la dinamicidad de la obra en un día típico de trabajo	11
Figura 6. Viga de sección T invertida	14
Figura 7. Viga de sección L	15
Figura 8. Excavación para la cimentación de la torre 8	16
Figura 9. Deslizamientos dentro de la zanja de cimentación producidos por lluvias y tráfico peatonal y vehicular	18
Figura 10. Mortero de limpieza	19
Figura 11. Paneles de 7 cm para recubrimiento inferior de cimentación	19
Figura 12. Refuerzo cimentación corrida	20
Figura 13. Vaciado de la cimentación de la torre 7	21
Figura 14. Allanando la zarpa de la cimentación de la torre 7	22
Figura 15. Cimentación de la torre 7	23
Figura 16. Mallas electrosoldadas de las torres 1, 2 y 6	25
Figura 17. Corte típico de placa, válido para ambos sentidos del refuerzo	31
Figura 18. Curvatura fijada en obra para la malla de refuerzo de placa	31
Figura 19. Malla colocada sobre el refuerzo de la viga descolgada	32
Figura 20. Malla entre refuerzo adicional de borde	32
Figura 21. Colocando el refuerzo adicional inferior	33

	pág.
Figura 22. Colocando la malla sobre el refuerzo adicional inferior	34
Figura 23. Refuerzo adicional superior	34
Figura 24. Refuerzo adicional en esquinas de muros en T	35
Figura 25. Refuerzo adicional en esquinas de muros en doble T	35
Figura 26. Curvatura de la tubería eléctrica para evitar fisuramiento de la placa	36
Figura 27. Pases para tubería hidráulica a través de muros de concreto	37
Figura 28. Caja eléctrica lista para la fundida	37
Figura 29. Negativos para buitrón y pases de tubería	38
Figura 30. Fundida de placa con camión autobomba	39
Figura 31. Soporte temporal de placas con parales y cerchas	40
Figura 32. Los parales son retirados al llegar a 3 pisos por encima	41
Figura 33. Dado o collarín	42
Figura 34. Concreto para la fundida de dados	43
Figura 35. Columnas del sótano 2 de la Torre 2	44
Figura 36. Columnas formaleteadas en el sótanos 1 de la Torre 7	44
Figura 37. Detalle de malla de los muros estructurales entre columnas	45
Figura 38. Malla colocada para muro de Torre 2	46
Figura 39. Separador plástico sencillo para muros de 12 cm de espesor	47
Figura 40. Separador plástico para muros de doble malla	47
Figura 41. Refuerzo adicional en esquinas de uniones de muros	48
Figura 42. Formaleta Metalex en muros de Torre 6	48
Figura 43. Formaleta Outinord en muros de sótano de Torre 8	49
Figura 44. Chapeta	49
Figura 45. Corbata	50
Figura 46. Pines	50

	pág.
Figura 47. Formaleta típica Outinord para muros	51
Figura 48. Fundida del tanque subterráneo de la portería principal	52
Figura 49. Portería principal, vista desde adentro	53
Figura 50. Flexómetros rechazados por desgaste	61
Figura 51. Flexómetro rechazado por desgaste total	62
Figura 52. Tendencia del porcentaje de flexómetros desgastados	63
Figura 53. Esclerómetro calibrado de Cemex	68
Figura 54. Ensayo a cilindros testigos de la muestra 156 del 19 de abril del 2005	71
Figura 55. Relación entre la eficiencia, efectividad y productividad	76
Figura 56. Diagrama de Pareto del presupuesto total de la obra	81
Figura 57. Avance ideal en estructura para 2 torres simultáneas con formaleta Outinord	84
Figura 58. Torre grúa	86
Figura 59. Vacíos por extracción de rocas encontradas en las paredes del suelo y por el paso de la gente	89
Figura 60. Formaleta colocada para reducir el desperdicio	89

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Cantidades estándar por vivienda de las torres 5 y 7	101
Anexo B. Cantidades de obra para portería, salón comunal, cuartos de basuras y piscinas	109
Anexo C. Cuadro de reformas	112
Anexo D. Resultados de ensayos de resistencia del concreto	124
Anexo E. Avance en estructura por semanas en las torres 1 y 2, entre pisos 1 y 7	135
Anexo F. Avance en estructura por semanas en las torres 1 y 2, entre pisos 8 y 13	136
Anexo G. Avance en estructura por semanas en las torres 3 y 4	137
Anexo H. Avance en estructura por semanas en la torre 5	138
Anexo I. Avance en estructura por semanas en la torre 6	139
Anexo J. Cantidades de concreto y porcentajes de desperdicio por fundida, en las Torres de Monterrey	140
Anexo K. Cumplimiento de la práctica empresarial	141

## GLOSARIO

**ACELERANTE:** aditivo que acelera el proceso de endurecimiento del concreto, para obtener mejores resistencias a temprana edad.

**ADITIVO:** producto químico que se adiciona en baja proporción a la mezcla de concreto con el fin de modificar alguna de sus propiedades y adecuarlo al fin que se destine.

**AGREGADO:** conjunto de partículas inertes, naturales o artificiales apropiados para la fabricación del hormigón.<sup>1</sup>

**AGREGADO FINO:** para una mezcla de concreto son las partículas cuyo diámetro es inferior a 5 mm (arena).

**AGREGADO GRUESO:** para una mezcla de concreto son las partículas cuyo diámetro es mayor a 5 mm y su tamaño máximo es de 1½ pulgada (piedra triturada).

**ALETAS:** miembro saliente de la sección transversal de una viga; se refiere a los miembros horizontales en una viga de sección T, I o C.

**ALINEADOR:** elemento que se utiliza para rectificar vertical y horizontalmente los acoples entre tableros. También se utilizan para enrazar la superficie de placas y morteros de nivelación y como barandas en los andamios.

**ALMA (DE UNA VIGA):** es la parte central vertical de la sección transversal de una viga con forma T, I o C; es el miembro que mantiene las aletas.

**ANTEPISO:** placa de contrapiso.

**AYUDANTE:** obrero raso, que está para asistir al oficial en lo que necesite y también trabaja con el ánimo de aprender la labor por medio de la experiencia.

**BANCHE:** formaleta outinord para muros en sistema túnel (ver figura 47).

**BOMBA DE CONCRETO:** camión autobomba.

**BUITRÓN:** espacio dentro de una edificación destinado a la conducción de tuberías verticales (montantes de la red de consumo, red contra incendios, red eléctrica, desagües sanitarios, etc.)

**CAMIÓN AUTOBOMBA:** es el camión que carga con una bomba impulsadora de concreto y una manguera flexible, para colocar el concreto en el sitio a través de esta (ver figura 30).

---

<sup>1</sup> REY SOTO, Álvaro. Laboratorio de residencia de materiales. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 1996. p. 72.

**CAMIÓN MEZCLADOR:** camión que carga en su parte trasera con una mezcladora de concreto. Generalmente tienen una capacidad máxima entre 6 y 8 m<sup>3</sup>.

**CEMENTO PORTLAND:** es el reactivo o ligante hidráulico, el reactivo principal de un mortero. Es un cemento producido con clinker Pórtland y yeso natural.

**CHAPETA:** elemento que acopla los paneles de la formaleta Metalex (ver figura 44).

**CHIPOTE:** martillo con cabeza plástica para golpear la formaleta luego de vaciado el concreto con el fin de sacar las burbujas incrustadas en la mezcla y que se adhieren a la superficie de la formaleta.

**CIMENTACIÓN:** parte de la estructura encargada de transmitir y distribuir al suelo las cargas totales de una edificación.

**CIMENTACIÓN CORRIDA:** cimentación cuya relación ancho / longitud es despreciable por lo cual se idealiza que transmite una carga lineal al suelo.

**CIMENTACIÓN SUPERFICIAL:** Terzagui (1943) definió que una cimentación es superficial si la profundidad de cimentación es menor o igual al ancho del cimiento, pero investigadores posteriores sugieren que cimentaciones con profundidades de hasta 3 o 4 veces el ancho de la cimentación pueden ser consideradas como superficiales.<sup>1</sup>

**CON-TECH:** es un sistema constructivo *in situ* desarrollado en Estados Unidos de amplio uso en el contexto internacional. Emplea formaleta, concreto y acero de refuerzo. Para la construcción se funden muros de concreto *in situ* empleando formaletas de aluminio que permiten obtener un buen terminado con un notable rendimiento de construcción puesto que las instalaciones y el refuerzo resultan de fácil colocación en la obra.<sup>2</sup>

**CONCRETO:** mezcla de cemento Pórtland como sustancia aglutinadora, agregado fino (arena), agregado grueso (triturado) y agua. Algunos autores también incluyen el aire entre las sustancias que conforman el concreto, ya que la cantidad de aire incluida en la mezcla debe ser controlada para garantizar la resistencia o propiedades requeridas.

**CONCRETO ARMADO:** concreto reforzado.

**CONCRETO BOMBEADO O BOMBEABLE:** concreto que es transportado y colocado en el sitio a través de una manguera o tubo por medio de una bomba (camión autobomba). Este concreto debe ser un concreto con una plasticidad mayor para que pueda fluir sin dificultades a través de la tubería.

**CONCRETO DE LIMPIEZA:** mortero de limpieza.

**CONCRETO DE SOLADO:** mortero de limpieza.

---

<sup>1</sup> DAS, Braja M. Principios de ingeniería de cimentación. 4 ed. México: Internacional Thomson, 2001. p. 156.

<sup>2</sup> UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. Con-tech. Bogotá: Uniandes, s.f. [en línea]. Disponible en internet: <<http://micigc.uniandes.edu.co/VIS/inventario.htm>>

**CONCRETO CON FIBRA:** es la combinación de concreto con fibras, las cuales al ser incorporadas le sirven al concreto como refuerzo interno secundario. Se usa en sitios donde es importante evitar o reducir la fisuración del concreto.

**CONCRETO OUTINORD:** concreto diseñado especialmente para ser empleado en el sistema túnel. Permite una alta rotación de formaleta y una alta velocidad en la construcción.

**CONCRETO PREMEZCLADO:** concreto que es dosificado y mezclado fuera del sitio de la obra y es entregado en el área de construcción en estado fresco y sin endurecer.

**CONCRETO REFORZADO:** concreto cuyas capacidades de resistencia estructural son optimizadas con el uso de refuerzo de acero estructural.

**CONTRAMAESTRE:** persona de confianza (del contratista) que vigila la labor de los demás oficiales y obreros.

**CONTRATISTA:** persona que por contrato es la responsable de la ejecución de una obra material o de proveer algún servicio para alguna corporación.

**CORBATA:** elemento utilizado para determinar el espesor de los muros con formaleta Metalex (ver figura 45).

**COSTO DIRECTO:** es el costo de los materiales, la mano de obra y el equipo necesario para la realización de un proceso productivo.

**COSTO INDIRECTO:** es el costo de los gastos técnico – administrativos necesarios para la correcta realización de un proceso productivo.

**DADO:** llamado también como collarín o talón de muro, es el arranque en concreto de los muros, para facilitar la colocación de la formaleta. Se hace fundiendo unos 10 centímetros de altura de los muros en la localización exacta (ver figura 33).

**DESGRAFILAR:** quitar grafiles (refiriéndose a varilla de grafil) de una malla electrosoldada.

**DINTEL:** elemento estructural (en concreto o mampostería reforzada) que queda sobre el marco de las puertas.

**EFICIENCIA:** medida para el aprovechamiento de los recursos.

**ENCOFRADO:** formaleta.

**ESCLERÓMETRO:** es un aparato que tiene un martillo metálico de rebote utilizado para hallar de manera aproximada y no destructiva la resistencia del concreto, midiendo el número de rebotes del martillo luego de ser disparado contra una superficie de concreto endurecido (ver figura 53).

**ESTRIBO:** refuerzo utilizado para resistir el esfuerzo a cortante y para mantener amarrado el refuerzo longitudinal de un elemento estructural longitudinal.

**FIGURADO:** recortada y doblamiento de las varillas de refuerzo para obtener la forma de los estribos especificada en planos estructurales.

**FLEJE:** estribo.

**FORMALETA:** elemento que hace la función de molde de elementos estructurales de edificaciones, dentro del cual se vacía el concreto.

**FRAGUADO:** cambio del estado fluido al estado rígido de una pasta de cemento, mortero o concreto, que implica pérdida de plasticidad.

**GANCHO:** doblez que se le hace a una barra de refuerzo para que al ser embebida dentro del concreto haga las veces de anclaje dentro del elemento o nudo de apoyo.

**GRAFIL:** diámetro de una varilla de refuerzo de diámetro milimétrico. En el medio de la construcción también se utiliza este término para referirse a las varillas de refuerzo de diámetro milimétrico.

**HIERRO:** término utilizado comúnmente para referirse a las varillas de refuerzo que vienen en pulgadas, ya que anteriormente se utilizaba el hierro como principal material para el refuerzo de estructuras, pero debido a que su tipo de rotura no es suficientemente dúctil, las investigaciones de aleaciones con carbono llevaron a la utilización del acero como material indispensable para el reforzamiento de estructuras.

**HORMIGÓN:** concreto.

**ISO:** *Internacional Organization for Standardization*. Significa en inglés: Organización Internacional para Estandarización, y es la organización líder en el mundo en el desarrollo de estándares internacionales, los cuales son aplicables a cualquier lugar del planeta Tierra.

**JUNTA DE CONSTRUCCIÓN:** interrupción de la colocación del concreto, ya sea temporal, de construcción, o permanente<sup>1</sup>.

**MALLA ELECTROSOLDADA:** malla formada con varillas de diámetro milimétrico unidas entre sí formando ángulos rectos, mediante un proceso de electrosoldado, con espaciamientos exactamente definidos. La electrosoldadura es una combinación de fusión eléctrica y presión en la intersección de las varillas. La malla electrosoldada se usa como refuerzo por temperatura en el sistema tradicional o como refuerzo principal en el sistema túnel.

**MESA VOLADORA:** formaleta outinord para placas macizas en sistema túnel.

**METALEX:** marca de formaleta metálica para la construcción en sistema Con-tech.

**MIXER:** significa “mezcladora” en inglés y es un término muy utilizado en el medio para referirse al camión mezclador.

---

<sup>1</sup> ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. Normas colombianas de diseño y construcción sismo resistente. Tomo 2. Título C: Concreto estructural. Santa Fé de Bogotá: AIS, 1998. p. 8 (NSR-98)

**MOCHETA:** muro saliente de longitud corta, que sale de otra pared.

**MORTERO:** mezcla de cemento, agregado fino y agua.

**MORTERO DE LIMPIEZA:** capa de mortero que se coloca sobre el suelo de cimentación para asegurar una superficie uniforme sobre la cual se va a colocar la cimentación.

**MORTERO DE SOLADO:** mortero de limpieza.

**MURO:** según la NSR-98, elemento cuyo espesor es mucho menor en relación con sus otras dos dimensiones, usualmente vertical, utilizado para delimitar espacios.

**MURO ESTRUCTURAL:** según la NSR-98, son muros que se dimensionan y diseñan para que resistan la combinación de fuerzas cortantes, momentos y fuerzas axiales inducidas por cargas verticales y horizontales. Un muro de cortante (*shearwall*) es un muro estructural. Para la diferencia entre muro y columna para efectos del refuerzo transversal, debe consultarse C.14.3.6.

**NEGATIVO:** vano o espacio dejado libre de concreto dentro de un elemento fundido.

**OFICIAL:** persona que trabaja en un oficio manual, con un proceso de aprendizaje culminado pero sin ser maestro aún.

**OUTINORD:** tipo de formaleta utilizada especialmente para el sistema túnel, inventada en Francia con el fin de encontrar métodos más eficientes para la construcción.

**PANELAS:** elementos fabricados de mortero utilizados para asegurar el recubrimiento inferior en las placas.

**PASE:** negativo que se deja en una placa o muro con un tubo de diámetro mayor para posteriormente pasar un tubo a través del hueco que queda.

**PAVICRETO:** término utilizado para referirse al pavimento de concreto (pavimento rígido).

**PELOS:** parte de las varillas de grafil de una malla electrosoldada que quedan salientes alrededor del perímetro de la malla (ver figura 38).

**PINES:** su función principal es la de fijar las corbatas. Hay 3 tipos de pines: pin sencillo que también sirve para anclar los andamios y parales telescópicos; pin doble que sirve para acoplar dos corbatas en orificios adyacentes y pin exterior que sujeta las corbatas colocadas en el exterior del encofrado Metalex (ver figura 46).

**PLACA DE CONTRAPISO:** placa de concreto fundida directamente sobre el suelo.

**PLASTICIDAD:** propiedad de la pasta de cemento, concreto o mortero recién mezclados que determina su facilidad de moldeado.

**PLASTIFICANTE:** aditivo que aumenta la plasticidad del concreto.

PROCESO: serie de actividades consecuentes, que requieren de un orden, un procedimiento, para transformar los recursos en productos tangibles<sup>1</sup>

REFUERZO CORRUGADO: todo refuerzo que cumple con el numeral C.3.5.3 de la NSR-98, consistente en barras corrugadas, mallas de barra corrugada, alambre corrugado y mallas electrosoldadas de alambre corrugado. Bajo esta denominación se incluyen también las mallas electrosoldadas de alambre liso, las cuales se consideran una forma de refuerzo corrugado.

SEPARADOR PLÁSTICO: elemento utilizado para mantener la separación especificada en los muros estructurales cuyo refuerzo son mallas electrosoldadas (ver figuras 39 y 40).

SISTEMA TRADICIONAL: sistema constructivo *in situ*, en el cual los principales elementos estructurales son columnas, vigas y placas aligeradas.

SISTEMA TÚNEL: sistema constructivo industrializado *in situ*, en el cual los principales elementos estructurales son muros de concreto y placas macizas reforzadas con malla electrosoldada. El sistema permite que se desencofre al día siguiente de la fundida, haciendo una rotación diaria de la formaleta.

SUBCONTRATISTA: persona contratada (subcontratada) por un contratista para delegar la ejecución de la actividad asignada por la entidad que lo contrató.

TORRE GRÚA: máquina de gran altura utilizada para cargar formaleta y materiales en la construcción de edificaciones (ver figura 58).

TRITURADO: agregado grueso del concreto.

TROMPO: término utilizado comúnmente para referirse a la unidad revolvedora de un camión mezclador.

VANO: luz o espacio dejado para una ventana, puerta o elemento similar.

VIGA DE AMARRE: viga destinada para amarrar la cimentación de una estructura y NO para recibir carga vertical.

VIGA DESCOLGADA: viga que en la parte superior de su sección transversal se encuentra insertada dentro de una placa estructural.

VIGA DE CIMENTACIÓN: viga apta para recibir carga vertical, y que hace parte del sistema de cimentación de una estructura.

VIGA T INVERTIDA: viga de cimentación cuya sección transversal tiene forma de una T invertida (ver figura 6).

---

<sup>1</sup> MEJÍA AGUILAR, Guillermo. Planeación de operación en obras de construcción [presentación en pdf]. Bucaramanga: el autor, 2005.

ZARPA: tacón de la zapata; parte de la viga T invertida que hace las veces de zapata del sistema de cimentación.

## RESUMEN

**TÍTULO:**

CALIDAD Y EFICIENCIA EN CONSTRUCCIÓN EN SISTEMA TÚNEL\*

**AUTOR:**

GARCÍA LÓPEZ, Juan Diego\*\*

**PALABRAS CLAVES:**

Calidad en obra, materiales críticos, eficiencia en construcción, sistema túnel, Outinord, Con-tech, desperdicio de concreto, Torres de Monterrey.

**DESCRIPCIÓN:**

Calidad no solo se refiere a la calidad física del producto terminado, sino también al precio, entre otras cosas, para poder satisfacer las expectativas del cliente al menor costo. Por esto es importante aprovechar al máximo los recursos disponibles, es decir, obtener una alta eficiencia sin descuidar la calidad. Este proyecto evaluó la calidad en obra y los materiales críticos (concreto y acero) de una construcción en sistema túnel: el proyecto Torres de Monterrey de MARVAL, y como aporte se elaboró un estudio de la eficiencia en la construcción en sistema túnel.

Este proyecto se limita a los procesos relacionados con el concreto; la estructura propia del sistema. Para el control de calidad de obra se siguió el procedimiento del S.G.C. de Marval, que abarca la planeación, solicitud de materiales, creación y modificación de contratos, control de reformas, revisión de obra y entrega de viviendas. Para el estudio de eficiencia se acomodó la metodología del último planificador del *Lean Construction Institute* para medir el avance por semana en estructura túnel, real vs. ideal. También se cuantificó la cantidad de desperdicio de concreto en las diferentes actividades de la estructura túnel, siendo la cimentación la que más lo produjo debido a que esta no se formaleteó.

La calidad en obra y los materiales críticos utilizados fueron satisfactorios. La eficiencia de construcción con formaleta Outinord es menor que con formaleta Metalex (sistema Con-tech), debido a la dependencia total de la torre grúa para la primera, pero su rendimiento es mucho mayor, gracias a la rotación diaria que permite. Además, se verificó que la formaleta Outinord produce menos desperdicio de concreto que la formaleta Metalex.

---

\* Proyecto de grado modalidad práctica empresarial.

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil, Ing. Ph.D. Ricardo Cruz Hernández & Ing. M.Sc. Guillermo Mejía Aguilar.

## ABSTRACT

**TITLE:**

QUALITY AND EFFICIENCY IN CONSTRUCTION IN TUNNELFORMING SYSTEM\*

**AUTHOR:**

GARCÍA LÓPEZ, Juan Diego\*\*

**KEY WORDS:**

Construction quality, critical materials, efficiency in construction, tunnelforming system, Outinord, Con-tech, concrete waste, Torres de Monterrey.

**DESCRIPTION:**

Quality not only refers to the physical quality of the final product, but also to the price, besides other things, to satisfy the client expectations at the less cost. This is why the importance of making the best use of the available resources, what it means, to obtain a high efficiency without disregarding the quality. This project evaluated the construction quality and its critical materials (concrete and steel) of a construction in tunnelforming system: the project Torres de Monterrey of MARVAL, and as a contribution, a study of the efficiency in the tunnelforming construction was made.

This project limits to the processes related with concrete; the structure of the system. For the construction quality control was followed the proceeding of the Quality Management System of Marval, that includes the planning, materials solicitude, contracts creation and modification, reforms control, work inspection, and apartments delivery. For the efficiency study was accommodated the methodology of the Last planner from the Lean Construction Institute to measure the weekly advance in tunnelforming structure, real vs. ideal. Also the concrete waste was quantified in the different activities of the tunnelforming structure, being the foundations the one that produced the most because in it coffrages weren't used.

The construction quality and the critical materials used were satisfactory. The construction efficiency with Outinord coffrages is less that with Metalex coffrages (Con-tech system), because of the total dependency of the crane tower for the first one, but its performance is much higher, thanks to the daily rotation of the coffrages. Also, it was verified that Outinord coffrages produces less concrete waste than Metalex coffrages.

---

\* Degree project as entrepreneurial practice modality.

\*\* Faculty of Physical-Mechanical Engineerings, Department of Civil Engineering, Eng. Ph.D. Ricardo Cruz Hernández & Eng. M.Sc. Guillermo Mejía Aguilar.

## INTRODUCCIÓN

La construcción es indudablemente un sector muy importante de cada país, pero a pesar de su importancia, es una de las industrias que funciona con menor grado de desarrollo en Latinoamérica, caracterizada por grandes deficiencias y falta de efectividad.<sup>1</sup>

Vivo ejemplo de ello es que a una obra entran constantemente camiones llenos de materiales de construcción para las diferentes actividades que en ella se realizan y salen volquetas llenas con material denominado como escombros. Una actividad en la cual la cantidad de material útil es bastante menor que la cantidad designada para tal actividad es una actividad con utilización pobre de recursos, es decir, ineficiente. Este es el caso de la construcción tradicional en nuestro medio, ya que aún no se ha visto la necesidad obligatoria de optimizar el manejo de los materiales en obra debido a que todavía se cree que se cuentan con grandes reservas de recursos naturales y a la falta de conciencia y cultura ambiental.

Los sistemas constructivos industrializados se están convirtiendo cada vez más en la opción para aumentar la eficiencia en la construcción. La industrialización de la construcción puede ser prefabricada o *in situ*. El sistema túnel es un tipo de construcción industrializada *in situ*.

En 1955 se creó en Francia el grupo Outinord con el fin de encontrar nuevos métodos para la industrialización de la construcción; hoy en día, son creadores y fabricantes de formaleta para el sistema túnel, tienen una planta de trabajo de 45.000 m<sup>2</sup> ubicada en un lugar de 17.000 hectáreas, donde se producen 25.000 m<sup>2</sup> de encofrados al mes empleando 24.000 toneladas de acero al año (3 veces la torre Eiffel). El gran éxito de este sistema es la gran velocidad de la construcción que aumenta el rendimiento disminuyendo costos significativamente.

El otro sistema constructivo industrializado *in situ* común en nuestro medio es el sistema Con-tech, y es más reconocido por la formaleta Metalex, fabricantes de este tipo de formaleta en Colombia.

---

<sup>1</sup> BOTERO BOTERO, Luis Fernando y ÁLVAREZ VILLA, Martha Eugenia. Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda (Lean construction como estrategia de mejoramiento). En: REVISTA Universidad EAFIT. Vol. 40, No. 136 (2004); p. 50-64.

El presente trabajo pretende, aprovechando la oportunidad brindada para hacer la práctica empresarial en la obra Torres de Monterrey, evaluar la calidad de la construcción en sistema túnel y hacer un estudio de la eficiencia del sistema. Para esto se plasmaron los siguientes objetivos en el plan de trabajo:

- Evaluar el avance de obra y de urbanismo de la construcción Torres de Monterrey durante el periodo de la realización de la práctica.
- Evaluar la calidad de los materiales críticos utilizados en la obra Torres de Monterrey.
- Identificar los procesos constructivos menos eficientes del sistema túnel cuantificando la cantidad de desperdicio producido en la obra Torres de Monterrey.

La identificación de los procesos constructivos menos eficientes se limita a los procesos relacionados con el concreto que se lleven a cabo durante el periodo de realización de la práctica. Al final de la práctica, se presentó a la empresa MARVAL un informe con toda la información recopilada, para su estudio y su aplicación en adelante.

Para el control de calidad en obra, se tuvieron presentes los procesos del sistema de gestión de calidad (S.G.C.) de MARVAL, con el fin de actuar acorde a las normas internas de la empresa.

Para el estudio realizado sobre eficiencia y rendimiento en la construcción, se acomodó el método del último planificador desarrollado por el *Lean Construction Institute* de Estados Unidos, confrontando el avance real por semana contra el avance ideal.

El contenido principal del libro se dividió en 5 capítulos: en la primera y segunda parte del libro se habla de la empresa y del proyecto, respectivamente; y en cada uno de los tres capítulos siguientes se tratan por separado los temas de cada objetivo. El último de estos tres, es decir, el capítulo 5, es el tema correspondiente al aporte de la práctica empresarial.

# 1. LA ORGANIZACIÓN MARVAL S.A.

## 1.1 HISTORIA

La empresa MARVAL nació como persona jurídica el 24 de diciembre de 1976 en Bucaramanga por la familia Marín Valencia. Primero fue Sociedad Limitada y en 1995 fue convertida en Sociedad Anónima. El primer edificio que construyó lleva el nombre de la empresa y está ubicado en la calle 36 con carrera 13 de Bucaramanga. En la década de los 80 construyeron las primeras viviendas sin cuota inicial en Colombia durante el gobierno de Belisario Betancour, en la urbanización *Corviandi Uno* en Girón y *Manuela Beltrán* en el Socorro. Durante esta misma década MARVAL siguió construyendo diferentes urbanizaciones de vivienda unifamiliar y multifamiliar, con zonas recreativas dentro de los conjuntos, ofreciendo así un valor agregado a los inmuebles. De este periodo se pueden destacar las urbanizaciones *Torres de Alejandria*, *Santa Barbara*, *Quintas del Cacique* y *Palmeras del Cacique* en Bucaramanga, *El Limoncito* en Floridablanca y *San Carlos* en Piedecuesta.

A principios de la década de los 90 se implementa la construcción de conjuntos cerrados en viviendas más económicas y se continúa con el mejoramiento del orden urbano y la calidad de los espacios. MARVAL fue pionera en ofrecer diferentes alternativas de acomodación y uso de los espacios interiores, en conjuntos como *Miradores de San Lorenzo* y *Versalles*, logrando una integración total entre lo urbano y la vivienda. A mediados de esta década se realiza en el centro de Bucaramanga una de las construcciones más significativas de la ciudad: el *Centro Internacional de Negocios La Triada* (ver figura 1), con 30.000 m<sup>2</sup> de construcción, considerado el edificio más importante de todo Santander, destinado a oficinas, hotel, finanzas y cafetería. En este edificio quedan ubicadas las oficinas de MARVAL. Durante esta misma década, la empresa inicia nuevos proyectos en el área metropolitana de Bucaramanga tales como *Parque San Agustín*, *Bodegas La Esmeralda* y *San Francisco de la Cuesta*. Actualmente MARVAL está a la vanguardia de la promoción, construcción y venta de proyectos inmobiliarios en el área metropolitana de Bucaramanga, de los que se destacan *Torres de Monterrey*, *Marqués de Sotomayor*, *El Nogal*, *Versalles Campestre*, *Terranova Duplex*, *Cerros del Campestre*, *Portal de San Sebastián*, *Conucos Plaza*, *Paseo del Puente*, y

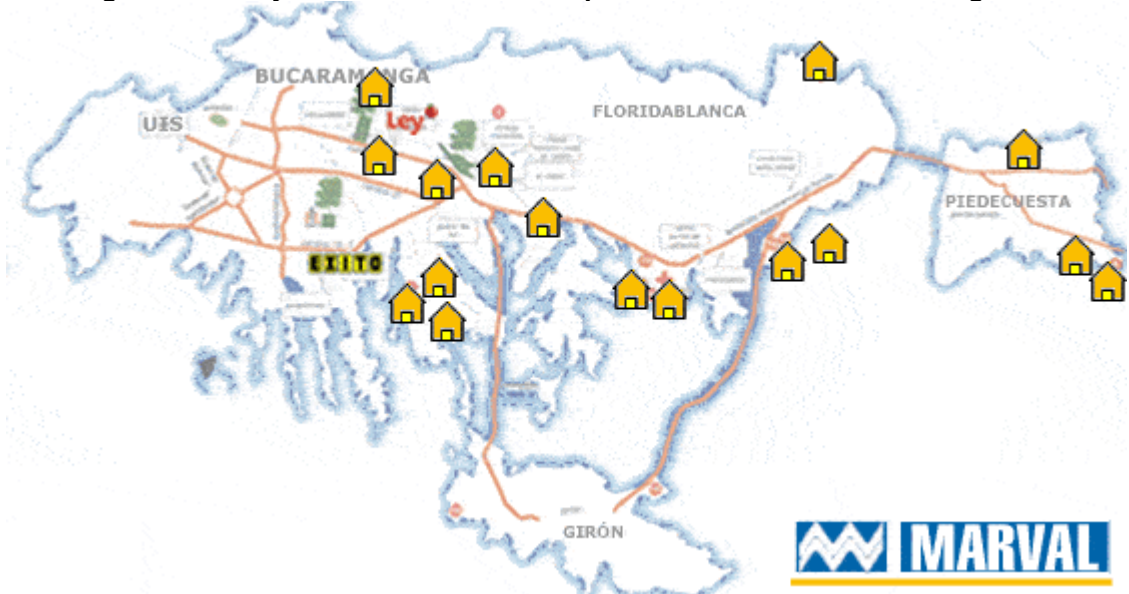
Villas de San Patricio, entre muchos otros (ver figura 2), pasando por todos los estratos y sistemas constructivos comunes en nuestra sociedad.

**Figura 1. Centro Internacional de Negocios La Triada**



Fuente: <http://www.marval.com.co>

**Figura 2. Proyectos actuales de la empresa MARVAL en Bucaramanga**



Fuente: <http://www.marval.com.co>

También se encuentra incursionando en el mercado capitalino, con proyectos importantes como *Alejandra* de 1.100 apartamentos, *Prados de Castilla* con 2.400 viviendas, *Abadía del Bosque*, *Niza Real*, *Torre Central* y *Parques de Provenza*, entre más de una decena de soluciones de vivienda y comerciales que se están ofreciendo actualmente en la ciudad de Bogotá. Adicionalmente, ha desarrollado proyectos de interés prioritario, en programas

organizados por el Distrito de Bogotá-Metrovivienda en urbanizaciones con un total de 2.000 unidades habitacionales.

El inicio de operaciones en la Costa Atlántica se dio en 1996 con importantes proyectos de vivienda en las ciudades de Santa Marta y Barranquilla, y donde actualmente se están ofreciendo diez proyectos con soluciones habitacionales. De la misma manera, MARVAL cuenta con sucursales en el Occidente del país en las ciudades de Cali y Palmira. Igualmente, la empresa entró en el año 2001 a Medellín, participando en la construcción de importantes conjuntos multifamiliares en el poblado, uno de los sectores más exclusivos de la ciudad.

A principios del nuevo siglo, la organización decide participar en obras públicas, y es así como MARVAL ha formado parte del importante desarrollo que ha tenido Bogotá en proyectos de ciclorutas como *La Alameda El Porvenir II*, convirtiéndose en el paseo peatonal más ancho y largo de Latinoamérica y en Transmilenio. También ha participado en iniciativas gubernamentales en el desarrollo de los más importantes centros penitenciarios del país y de Latinoamérica.

En septiembre del año 2002, la organización obtiene el certificado de gestión de la calidad ISO 9001 versión 2000 para el “diseño arquitectónico, construcción y venta de edificaciones y construcción de obras de urbanismo” otorgado por el ICONTEC.

Actualmente, MARVAL S.A. es una organización conformada por seis empresas: Marval S.A., Construcciones Marval Ltda., Urbanizadora Marín Valencia S.A., Proyectos Marval Ltda., Promotora Marval S.A. y Marín Valencia Construcciones S.A. El grupo empresarial MARVAL es hoy el grupo constructor con mayor número de proyectos en toda Colombia.

## **1.2 SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD**

El fin último de un sistema de gestión de calidad (S.G.C.) en cualquier empresa es el de lograr satisfacer las necesidades y las expectativas del cliente, en todos los aspectos (producto recibido, atención, servicio, garantías, precio, etc.), pues el cliente es la razón por la cual trabajan las empresas; es el ser que hace que una empresa se mueva y un sistema de gestión de calidad se enfoca en el cliente y le da la importancia imperiosa que merece.

El departamento de ingeniería de Marval es el responsable directo de los procesos de construcción de edificaciones y obras de urbanismo. Conformados por el director de ingeniería, los residentes de obra, ingenieros residentes auxiliares, inspectores de obra y los ingenieros de control de costos y presupuestos de obra, son los encargados de hacer cumplir la calidad en el producto final: la calidad en las obras.

### **1.2.1 Objetivos de la calidad**

- Cumplir con la fecha de entrega del inmueble pactada con el cliente.
- Lograr la mayor eficacia y eficiencia en los procesos de la organización.
- Mejorar la satisfacción del cliente respecto a la calidad y servicios brindados por nuestra empresa.
- Aumentar el nivel de competencia del personal para el buen desarrollo de sus labores.

### **1.2.2 Misión**

Proporcionar a los clientes comodidad, seguridad, dentro de un entorno amable, construyendo con calidad a través de una organización honesta que trabaja en equipo y comprometida con el desarrollo de sus colaboradores y la comunidad.

### **1.2.3 Visión**

En el 2008, se tendrá mayor participación en el mercado nacional, con presencia en el mercado latinoamericano, distinguiéndose por la calidad de nuestra gente y el servicio al cliente, contando con una organización sólida que permita el progreso de sus colaboradores y de la comunidad garantizando la permanencia y continuidad de la empresa.

### **1.2.4 Política**

*“CONSTRUCCIÓN CON CALIDAD Y PROYECCIÓN HUMANA”.* Construcción con calidad significa hacer las cosas bien, manejando eficientemente los recursos y mejorando continuamente para lograr la satisfacción de las necesidades del cliente. La *proyección*

*humana* se orienta al mejoramiento de la calidad de vida de los clientes y sus familias ofreciéndoles un entorno amable y acogedor.

## 2. EL PROYECTO TORRES DE MONTERREY

El proyecto Torres de Monterrey (ver figura 3) es un conjunto cerrado de 416 apartamentos, distribuidos en 8 torres de 13 pisos, dos niveles de parqueadero con un ascensor por torre, zona social con piscina para niños y adultos, salón comunal, gimnasio, guardería, cancha múltiple, bar-B-Q, juegos infantiles, kioscos y zonas verdes. Cada apartamento cuenta con su propio parqueadero y además el conjunto cuenta con 41 cupos adicionales para visitantes, para un total de 457 parqueaderos. Cada torre tiene en total 16 niveles, que suman una altura de más de 41,50 m.

El proyecto está ubicado en el barrio El Tejar, en el lote entre el Almacén Vivero y la Carretera Antigua a Floridablanca (ver figura 4) y su dirección es Transversal 93 # 34-180. El predio se encuentra en estrato 3, con un área total de 26.266,74 m<sup>2</sup>. Son 43.277,34 m<sup>2</sup> de construcción (33.782,76 m<sup>2</sup> son en sistema túnel y 9.494,58 m<sup>2</sup> en sistema tradicional) distribuidos así:

- 3.795,80 m<sup>2</sup> en cada una de las torres 1, 2, 3 y 4.
- 4.298,96 m<sup>2</sup> en cada una de las torres 5 y 7.
- 5.000,82 m<sup>2</sup> en cada una de las torres 6 y 8.
- 2.546,22 m<sup>2</sup> en planta baja (primer piso) de parqueaderos y portería.
- 6.948,36 m<sup>2</sup> en el sótano incluyendo salón social, guardería, gimnasio, administración y kioscos.

Además, cuenta con 718,09 m<sup>2</sup> de construcción a cielo abierto (cancha múltiple y piscinas).

La ejecución del proyecto se inició a finales de agosto del año pasado (2004), y la entrega del primer apartamento se hizo el 30 de septiembre del presente año (2005), ubicado en la torre 4. La entrega de las últimas torres está programada para mayo del 2006, para una duración total de la obra de 22 meses, 2 meses menos del tiempo estimado inicialmente.

Hay varios tipos de apartamentos, entre los cuales se pueden diferenciar principalmente por áreas de 64 m<sup>2</sup>, 71 m<sup>2</sup>, 74 m<sup>2</sup>, 88 m<sup>2</sup> y pent-houses desde 96 m<sup>2</sup> hasta 111 m<sup>2</sup>.

**Figura 3. Perspectiva de Torres de Monterrey**



Fuente: MARVAL.

**Figura 4. Ubicación del Proyecto Torres de Monterrey**



Fuente: <http://www.marval.com.co>

“Torres de Monterrey es el proyecto de vivienda más grande y más imponente que ha realizado MARVAL en una sola etapa, en toda su historia y en todo el país. Es un proyecto que se ve desde casi cualquier lugar de la meseta de Bucaramanga y sus alrededores, que definitivamente va a ser parte importante del paisaje de la ciudad”<sup>1</sup>. Este es el convencimiento de las directivas de la organización y por eso es la importancia y la atención que le han puesto a este gran proyecto de vivienda.

Debido a la magnitud del proyecto y a que el sistema constructivo es un sistema industrializado, la velocidad de avance de la obra es muy rápida y por ende el trabajo en la obra es muy dinámico. En la figura 5, se puede observar una muestra de lo anterior, en un día típico de trabajo, en donde se ven a en una misma imagen 4 frentes de trabajo de solo estructura y solo en el sector noroccidente de la obra: (1) el camión autobomba de Cemex el cual está bombeando concreto a la rampa vehicular que conecta los sótanos 1 y 2; (2) el camión mezclador más próximo acaba de vaciar pavicrete en la batea en donde se encuentran los dos obreros cargando la carretilla para llevarlo al lugar de colocación, que es exactamente el nivel inferior de la placa de donde se tomó la foto; (3) el camión mezclador del fondo se está alistando para abastecer de concreto la fundida en las torres 7 y 8; (4) al lado izquierdo se puede ver gente trabajando en la excavación para las vigas de cimentación de la piscina. El camión mezclador del medio acaba de llegar para abastecer la bomba y continuar con la fundida de la rampa.

El diseño arquitectónico del proyecto lo llevó a cabo el Arq. Gonmar Acevedo Olaya y el diseño estructural lo hizo la firma Proyectistas Civiles Asociados (PCA) de la ciudad de Bogotá. El estudio de suelos corrió por cuenta de la firma Geotecnología Ltda. El proyecto es propiedad de la empresa Construcciones Marval Ltda. En la Tabla 1 se encuentra la ficha técnica del proyecto.

---

<sup>1</sup> PALABRAS del Dr. Sergio Marín Valencia, gerente de Marval S.A., durante varias de sus visitas a la obra Torres de Monterrey.

**Figura 5. Muestra de la dinamicidad de la obra en un día típico de trabajo**



Fuente: Fotografía tomada por Juan Diego García López.

**Tabla 1. Ficha técnica del proyecto**

Nombre del proyecto:	Conjunto Residencial Torres de Monterrey
Gerencia y construcción del proyecto:	Construcciones Marval Ltda.
Diseño arquitectónico:	Arq. Gonmar Acevedo Olaya
Diseño estructural:	Proyectistas Civiles Asociados (PCA)
Asesoría de suelos:	Geotecnología Ltda.
Diseño hidráulico:	Ing. Fabio Rodríguez
Diseño e instalación eléctrica y de redes de comunicaciones:	A.M.V. & Cia. Ltda. Ingenieros contratistas
Sistema constructivo:	Sistema túnel en las 8 torres y sistema tradicional en plazoletas y obras de urbanismo.
Área del predio:	26.266,74 m <sup>2</sup>
Área de construcción:	43.277,34 m <sup>2</sup> y 718,09 m <sup>2</sup> a cielo abierto
Tiempo estimado de ejecución:	24 meses
Número de viviendas:	416 apartamentos
Estrato:	3

Fuente: Licencia de construcción N° S040083 de la Curaduría Urbana de Bucaramanga y planos del proyecto.

Para el desarrollo de la obra, se ha contado con el siguiente personal:

- Residente de obra
- Ingeniero auxiliar residente
- Practicante de ingeniería<sup>1</sup>
- Inspector de obra
- Almacenista
- 2 auxiliares de almacén
- Digitador
- Subcontratistas y obreros de mano de obra y de trabajos a todo costo.

---

<sup>1</sup> El autor de este proyecto de grado.

### 3. CALIDAD EN OBRA

El control de calidad en obra abarca todos los procesos de planeación y construcción del proyecto de vivienda y de urbanismo. El practicante de ingeniería de la obra Torres de Monterrey estuvo a cargo del cálculo de cantidades de obra y estuvo presente principalmente en las actividades de construcción de la cimentación y estructura de las torres 1, 2, 6, 7 y 8 y de la mayoría de obras de urbanismo del proyecto (plazoletas de los sótanos, salón comunal, portería, tanques subterráneos, muros de contención, piscinas, vías peatonales, entre otras).

#### 3.1 CANTIDADES ESTÁNDARES POR VIVIENDA

El proceso para adquirir los materiales necesarios en la obra comienza con el cálculo de las cantidades de obra en el momento oportuno teniendo en cuenta la programación del proyecto, actividad que corre por cuenta del residente de obra, los ingenieros auxiliares y el practicante de ingeniería. Para el caso específico de los apartamentos se definen las cantidades de material estándares por tipo de vivienda. Estas cantidades ya estaban calculadas desde un principio a partir de planos y de las especificaciones técnicas del proyecto, pero durante el avance de obra, son ajustadas a los valores reales utilizados. En el Anexo A se encuentran los estándares de vivienda para las torres 5 y 7, uno de los cuales fueron hallados en su mayoría por el practicante de ingeniería. Esto se hace en el formato para la *creación y modificación de requerimientos* de MARVAL, el cual se visualiza parcialmente en la tabla 2.

**Tabla 2. Formato (parcial) para la solicitud de requerimientos de obra**

Información del material		Estándar			Observaciones
Insumo	Und	Cant / viv	# viv	# cant Tot	

Fuente: MARVAL, R-ING-067, 2005.

Este formato es un archivo en *Excel*, el cual una vez ha sido diligenciado en la obra, se envía al Departamento de control de costos y presupuestos donde se verifican todas las cantidades

de acuerdo al presupuesto de la obra. Una vez aprobadas las cantidades por este departamento, pasan al Departamento de compras en donde se encargan de hacer los contratos para el suministro de material. Los materiales deben llegar directamente a la obra.

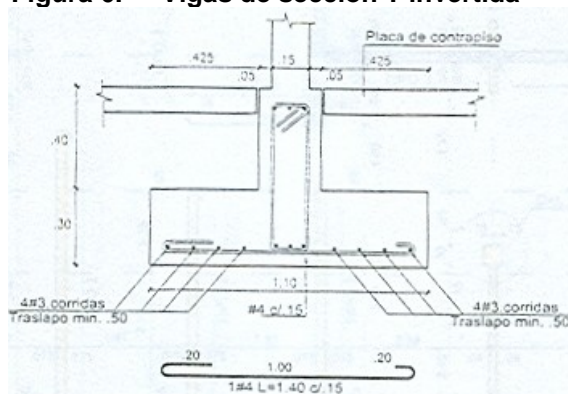
En la columna "Insumo" se coloca el material con especificaciones claras. Para esto MARVAL maneja una codificación interna para cada insumo, por lo cual solo es necesario introducir el código del insumo en la columna respectiva. En la casilla "Und" aparecerá la unidad de medida del insumo. En la columna "Cant / viv" se coloca la cantidad de material por apartamento y en la columna "# viv" el número de viviendas a los cuales aplica la cantidad anteriormente especificada. En la columna "cant tot" aparecerá el producto de los dos valores anteriores y en la columna de observaciones se colocan aclaraciones del destino del material o especificaciones especiales del insumo. Este formato facilita la verificación de las cantidades totales de cada tipo de insumo.

### 3.2 CIMENTACIÓN

La cimentación de las torres es una cimentación superficial corrida, compuesta principalmente por vigas de sección T invertidas donde descansan los muros estructurales (ver figura 6) y por vigas de amarre.

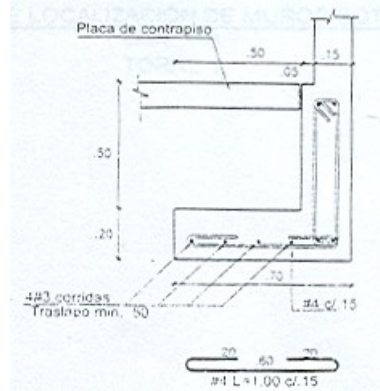
Para los muros estructurales exteriores de las torres, en los cuales la separación de la edificación es de solo 5 cm entre ellas, se utilizan vigas de sección L, que funcionan como zapatas excéntricas corridas (ver figura 7).

**Figura 6. Vigas de sección T invertida**



Fuente: PCA, Planos estructurales Torres de Monterrey, 2004.

**Figura 7. Vigas de sección L**



Fuente: PCA, Planos estructurales Torres de Monterrey, 2004.

El proceso de la cimentación está dividido en varias actividades:

- Localización topográfica.
- Excavación.
- Mortero de limpieza.
- Colocación del refuerzo.
- Fundida de la cimentación.
- Relleno sobre la zarpa.

### 3.2.1 Localización topográfica

La primera tarea a realizar en el momento de iniciar el proceso de la cimentación es la de marcar en el terreno la localización de las vigas de cimentación y las vigas de amarre (ver figura 8). Esto se hace con equipos topográficos especializados. La topografía y el movimiento de tierras con maquinaria pesada estuvo a cargo de la firma H Merchan & Cia. Ltda.

Esta demarcación es revisada por el inspector de obra, quien es una persona con mucha experiencia en la parte topográfica, y es dirigida por el residente de obra, todo según los planos de la cimentación.

### 3.2.2 Excavación

La excavación para la cimentación se va haciendo a medida que va quedando su localización aprobada en el terreno (ver figura 8).

**Figura 8. Excavación para la cimentación de la torre 8**



Fuente: Fotografía tomada por Juan Diego García López.

El nivel aprobado por el ingeniero geotecnista para la cimentación de las torres es a 70 cm desde el nivel de la fibra superior de la placa de contrapiso, el cual es el nivel actual del suelo. Esta excavación fue realizada de dos formas diferentes en la obra Torres de

Monterrey: (1) con mano de obra a pica y pala y (2) debido a que la cimentación de los muros del sistema túnel es una cimentación corrida, la excavación se presta para ser ejecutada con retroexcavadora obteniendo grandes rendimientos, con lo cual se hacía la excavación de la cimentación de una torre completa en menos de un día, restando solo retirar el material sobrante y replantear el suelo de cimentación. La cimentación de las torres 7 y 8 (ver figura 8) fue realizada de esta última manera. Su costo es mayor pero igualmente es su rendimiento. En la tabla 3 se pueden encontrar las ventajas y desventajas vistas en la obra de cada forma de excavación.

**Tabla 3. Excavación de cimentación: retroexcavadora vs. pica y pala**

Tipo de excavación	Ventajas	Desventajas
EXCAVACIÓN CON RETROEXCAVADORA	<p>Mayor rendimiento.</p> <p>No requiere cantidad de mano de obra (solo para el retiro del material sobrante).</p>	<p>Mayor costo (alquiler de la maquinaria por horas).</p> <p>Sobreexcavación a lo ancho producto del ancho de la cuchara.</p> <p>Depende de la eficiencia y la habilidad del operador de la máquina.</p>
EXCAVACIÓN A PICA Y PALA	<p>Menor costo.</p> <p>No se requiere mano de obra especializada.</p>	<p>Menor rendimiento.</p> <p>Si un reducido número de personas trabajan en una excavación de cimentación superficial, la excavación toma varios días, y las paredes de la excavación se van deslizando (ver figura 9) por el tráfico de trabajadores y se vuelve mucho más vulnerable si se presentan lluvias durante ese periodo y aún más si hay paso de vehículos cerca de la zanja, produciendo huecos de gran tamaño en los cuales toca colocar formaleta para no aumentar el gasto de concreto, aumentando el trabajo a realizar ya que el suelo deslizado tiene que ser retirado de la zanja de la cimentación.</p>

El control de calidad que se realiza en esta etapa consiste en verificar los niveles y las dimensiones de la excavación con las dimensiones de la cimentación según los planos estructurales, ya que en esta obra no se utilizó formaleta para la cimentación y una sobreexcavación requeriría el uso de esta para no producir un excesivo gasto de concreto, y una disminución en el ancho de la excavación significa igualmente una disminución en la sección transversal de las vigas de cimentación lo cual NO se puede permitir de ninguna

manera para ningún elemento estructural sin autorización previa del calculista de la estructura.

**Figura 9. Deslizamientos dentro de la zanja de cimentación producidos por lluvias y tráfico peatonal y vehicular.**



Fuente: Fotografías tomadas por Juan Diego García López.

### **3.2.3 Mortero de limpieza**

El mortero o concreto de limpieza o solado, es una capa de mortero o concreto pobre que se coloca sobre el suelo de cimentación para asegurar una superficie uniforme sobre la cual se va a colocar la cimentación y también para garantizar un recubrimiento inferior completo para la armadura (ver figura 10).

Este mortero fue pedido premezclado para todas las cimentaciones de la obra, al mismo proveedor del concreto premezclado, y su resistencia especificada es de  $105 \text{ kg/cm}^2$  (1500 psi).

**Figura 10. Mortero de limpieza de la cimentación de la Torre 1**



Fuente: Fotografía tomada por Juan Diego García López.

#### **3.2.4 Colocación del refuerzo**

En la colocación del refuerzo, se debe asegurar el recubrimiento necesario. Para esto se fabrican las panelas (ver figura 11) de la altura necesaria para asegurar el recubrimiento especificado en planos y exigido por la Norma Sismorresistente Colombiana.

**Figura 11. Panelas de 7 cm para recubrimiento inferior de cimentación**

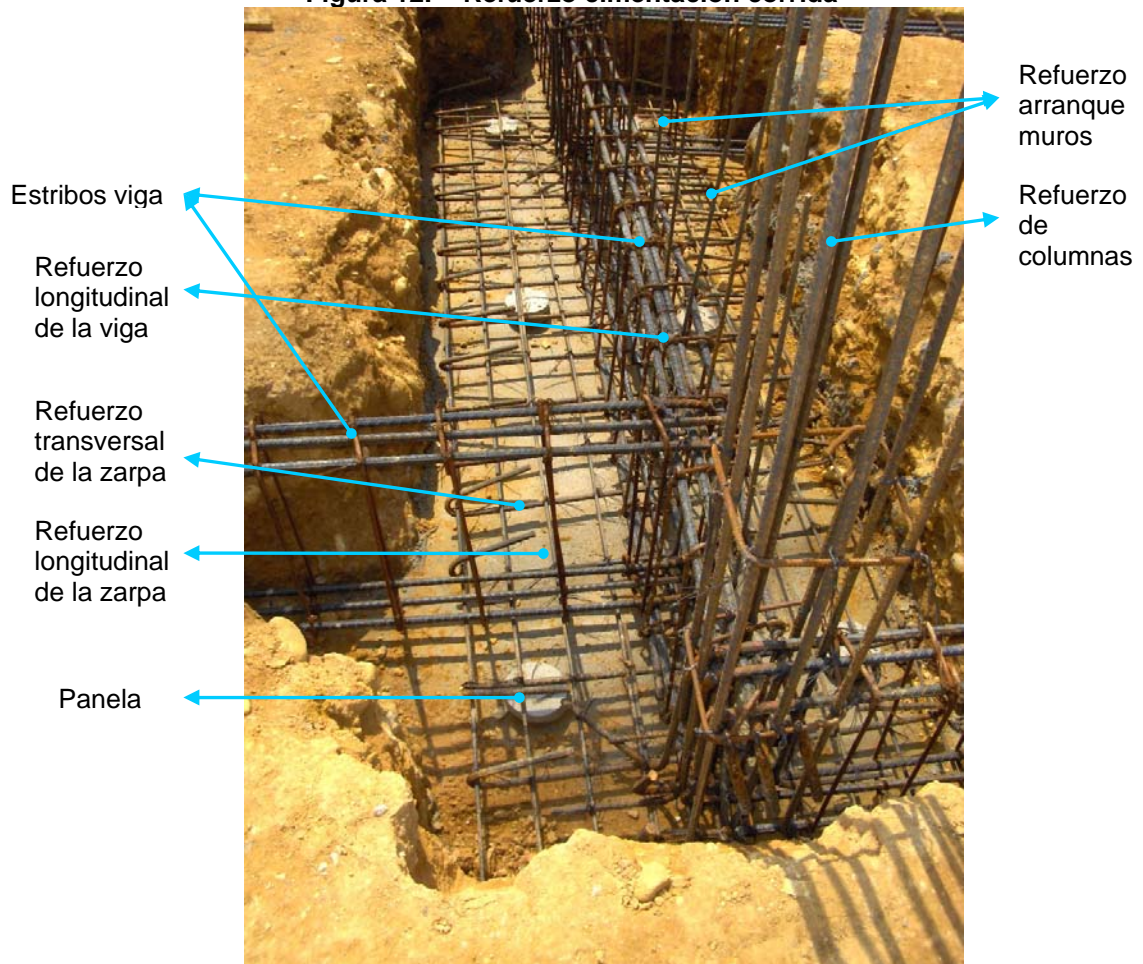


Fuente: Fotografía tomada por Juan Diego García López.

Estas panelas son de forma cilíndrica; se fabrican con mortero en tubos de PVC y se les dejan incrustados dos pedazos de alambre dulce para ser amarradas al refuerzo.

En la cimentación superficial de las torres en sistema túnel hay básicamente cuatro tipos de refuerzos (ver figura 12): el refuerzo longitudinal de las vigas, el refuerzo transversal a cortante de las vigas (o estribos), el refuerzo transversal de la zarpa y el refuerzo longitudinal de la zarpa. Además del refuerzo propio de la cimentación, se debe revisar también el refuerzo para el arranque de las columnas y los muros.

**Figura 12. Refuerzo cimentación corrida**



Fuente: Fotografía tomada por Juan Diego García López.

Para el control de calidad en esta etapa de la cimentación se debe revisar:

- Correcta colocación de las panelas para que la armadura completa tenga el recubrimiento suficiente.

- Longitud de los refuerzos según planos estructurales.
- Longitud de los ganchos según planos estructurales y NSR-98.
- Longitud de los traslapes de los refuerzos longitudinales según planos estructurales y NSR-98.
- Espaciamiento entre varillas según NSR-98.
- Diámetro del refuerzo según planos estructurales.
- Cantidad de varillas según planos estructurales.
- Separación entre estribos según planos estructurales.
- Dimensiones de los estribos según planos estructurales teniendo presente las dimensiones de la viga y los recubrimientos mínimos exigidos en la NSR-98.

### 3.2.5 Fundida de la cimentación

La fundida de la cimentación se puede dividir en dos partes: primero, la fundida de la zarpa y luego la fundida del alma de la viga. Esto con el fin de ahorrar formaleta y tiempo en su colocación. En la figura 13 se puede observar el vaciado de la zarpa de una cimentación, para la cual no es necesaria la utilización de formaleta.

**Figura 13. Vaciado de la cimentación de la torre 7**



Fuente: Fotografía tomada por Juan Diego García López.

Una vez el concreto de la zarpa esté endurecido, se comienza a colocar la formaleta sobre esta para completar la parte superior de las vigas de cimentación. El tiempo entre esta dos fundidas debe ser el menor posible ya que se debe procurar que los dos concretos no tengan resistencias muy diferentes ni periodos de endurecimiento muy distanciados.

Durante la fundida de la cimentación, se comprueba por medio de la observación:

- La manipulación y el vaciado del concreto el cual debe ser óptimo para minimizar desperdicios de material (ver figura 13)
- Que se esté vibrando el concreto.
- El tamaño máximo del agregado del concreto, el cual debe ser menor o igual al especificado y que esté pasando por entre el espaciamiento entre las barras de refuerzo.
- Que la plasticidad de la mezcla sea la adecuada.
- Luego de la allanada de la zarpa (ver figura 14), se revisan los niveles de la fibra superior de la zarpa para controlar la altura del elemento de acuerdo a los planos estructurales de la cimentación.

**Figura 14. Allanando la zarpa de la cimentación de la torre 7**



Fuente: Fotografía tomada por Juan Diego García López.

### 3.2.6 Relleno sobre la zarpa

Luego de la fundida de la cimentación, se debe rellenar el espacio que queda sobre la zarpa. En la figura 15 se puede observar una imagen de esta actividad: en la parte de arriba de la foto (cimentación de los apartamentos terminados en 03 y 04), el proceso de la cimentación ya está completado en su totalidad, mientras que en la parte inferior de la imagen (cimentación de los apartamentos terminados en 01 y 02), el espacio sobre la zarpa está descubierto, listo para ser rellenado.

**Figura 15. Cimentación de la torre 7**



Fuente: Fotografía tomada por Juan Diego García López.

### **3.3 ESTRUCTURA TÚNEL**

La estructura de una edificación en sistema túnel, está conformada principalmente por muros y placas macizas de espesores pequeños. También se aprovechan algunos dinteles como vigas descolgadas para complementar el sistema estructural.

#### **3.3.1 Malla electrosoldada**

El primer paso en el proceso de calidad de la construcción de una edificación en sistema túnel, una vez se tiene fijada la fecha aproximada de iniciación de la estructura de una torre, es hacer el pedido de la malla electrosoldada con programación de llegada, de tal manera que la construcción de la torre no se detenga por la falta de malla ni tampoco que el espacio necesario dentro de la obra se reduzca considerablemente por una gran cantidad de malla almacenada.

Para hacer el pedido de la malla, es necesario hacer una distribución de mallas, de acuerdo al diseño estructural y a las dimensiones máximas de una malla: 6,00 x 2,35 m. El ancho de 2,35 m se debe a que este es el ancho máximo de una tractomula, vehículo en el cual es transportada la malla electrosoldada desde su planta de fabricación hasta la obra, y la longitud de 6,00 m se debe a que esta es la longitud estándar de las varillas de diámetros milimétricos.

En cuanto al diseño estructural se debe tener en cuenta:

- Separación entre varillas en ambas direcciones.
- Diámetros de las varillas en ambas direcciones.
- Cantidad de mallas paralelas por tipos de muros (ejemplo: si es doble malla o sencilla).
- Longitudes de traslapos en ambas direcciones.
- Longitud de los pelos.
- Detalles especiales especificados en los planos.

Lo ideal es que la malla electrosoldada llegue a la obra con las medidas exactas para que en el momento de la armada de la estructura solo sea necesario llevarla a su sitio y colocarla, sin necesidad de ser recortada ni desgrafilada, pero también se debe tratar de no pedir una cantidad muy variada de mallas ya que su almacenamiento ocupa mucho espacio puesto que

no se deben colocar mallas de diferente tipos encima de otra, ya que la malla se debe poder coger fácilmente por un obrero para no interferir con el ritmo de trabajo del sistema; además de que para sacar una malla que se encuentra debajo de una pila de mallas resulta prácticamente imposible (ver figura 16). Obviamente, se debe reducir al máximo la cantidad de desperdicio el cual puede estar representado en longitudes de traslazo mayores, varillas de grafil innecesarias, etc.

**Figura 16. Mallas electrosoldadas de las torres 1, 2 y 6**



Fuente: Fotografía tomada por Juan Diego García López.

El practicante de ingeniería tuvo la fortuna de estar a cargo de este proceso para las torres 7 y 8, ya que siendo edificaciones iguales a las torres 5 y 7, se quiso hacer un redistribución de la malla para tratar de reducir la cantidad de acero en kg.

Primero se hizo un pedido de malla para los pisos de sótanos (2 pisos) y luego se hizo el pedido total de malla para los pisos de apartamentos con programación de llegada. En las tablas 4 y 5 se encuentra el segundo pedido, el cual se hizo directamente en la hoja de cálculo de Laminados Andinos S.A. (LASA), proveedor de la malla electrosoldada. La distribución de la malla realizada para las torres 7 y 8, no se puede publicar, ya que se estaría mostrando el diseño estructural lo cual no ha sido permitido.

En las siguientes tablas de las cantidades de mallas, las mallas que aparecen con (\*) son mallas que llegaron en un primer viaje, luego no aparecen en la programación de llegada de la malla.

**Tabla 4. Pedido de malla electrosoldada para los pisos de apartamentos de torre 7**

Tipo de malla	Cant. mallas unitar.	Dimensiones		Separación		Cantidad de varillas		Pelos				Diámetro unid		Constante total		Constante unid	Peso total	Peso malla	Unidad mallas	
		Long.	Trans.	Long.	Trans.	Long.	Trans.	Long.		Grafil kg/m		Long.	Trans.	Long.	Trans.	kg	kg	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	
		m	m	m	m			Sup.	Inf.	Sup.	Inf.									
<b>TORRE 7 PLACAS</b>																				
1	104	6,00	2,00	0,15	0,15	13	40	0,075	0,075	0,100	0,100	6,0	6,0	0,222	0,222	35,076	3647,904	12,00	1248,00	
2	156	3,70	2,20	0,15	0,15	15	25	0,050	0,050	0,050	0,050	6,0	6,0	0,222	0,222	24,531	3826,836	8,14	1269,84	
3	91	4,00	2,20	0,15	0,15	15	27	0,050	0,050	0,050	0,050	6,0	6,0	0,222	0,222	26,507	2412,119	8,80	800,80	
4	67	4,00	2,20	0,15	0,15	15	27	0,050	0,050	0,050	0,050	6,5	6,5	0,261	0,261	31,163	2087,948	8,80	589,60	
5	182	5,80	2,00	0,15	0,15	13	39	0,050	0,050	0,100	0,100	7,0	7,0	0,302	0,302	46,327	8431,478	11,60	2111,20	
6	4	2,45	2,20	0,15	0,15	15	16	0,100	0,100	0,050	0,050	7,0	7,0	0,302	0,302	21,729	86,916	5,39	21,56	
7	12	2,45	2,20	0,15	0,15	15	16	0,100	0,100	0,050	0,050	8,0	8,0	0,395	0,395	28,420	341,043	5,39	64,68	
<b>TORRE 7 MUROS</b>																				
8	208	2,75	1,85	0,15	0,15	12	17	0,325	0,100	0,100	0,100	7,0	7,0	0,302	0,302	19,464	4048,491	5,09	1058,20	
9	52	2,75	0,95	0,15	0,15	6	17	0,325	0,100	0,100	0,100	7,0	7,0	0,302	0,302	9,860	512,736	2,61	135,85	
10	52	2,75	1,20	0,15	0,15	8	17	0,325	0,100	0,075	0,075	7,0	7,0	0,302	0,302	12,805	665,850	3,30	171,60	
11	60	2,75	2,25	0,15	0,15	15	17	0,325	0,100	0,075	0,075	7,0	7,0	0,302	0,302	24,009	1440,540	6,19	371,25	
12	104	2,75	2,00	0,15	0,15	13	17	0,325	0,100	0,100	0,100	5,5	5,5	0,187	0,187	13,043	1356,498	5,50	572,00	
13	416	2,75	1,90	0,15	0,15	13	17	0,325	0,100	0,050	0,050	5,5	5,5	0,187	0,187	12,725	5293,746	5,23	2173,60	
14	104	2,75	1,15	0,15	0,15	8	17	0,325	0,100	0,050	0,050	5,5	5,5	0,187	0,187	7,770	808,064	3,16	328,90	
15	240	2,75	2,20	0,15	0,15	15	17	0,325	0,100	0,050	0,050	5,5	5,5	0,187	0,187	14,708	3529,812	6,05	1452,00	
16	24	4,75	1,65	0,15	0,15	11	30	0,325	0,050	0,075	0,075	5,5	5,5	0,187	0,187	19,027	456,654	7,84	188,10	
17	8	4,75	1,50	0,15	0,15	10	30	0,325	0,050	0,075	0,075	5,5	5,5	0,187	0,187	17,298	138,380	7,13	57,00	
18	200	2,75	2,20	0,15	0,15	15	17	0,325	0,100	0,050	0,050	6,0	6,0	0,222	0,222	17,460	3492,060	6,05	1210,00	
19 *	270	2,75	1,75	0,15	0,15	12	17	0,325	0,025	0,050	0,050	6,5	6,5	0,261	0,261	16,378	4421,993	4,81	1299,38	
	<b>2354</b>	<b>MALLAS EN TOTAL</b>														<b>TOTAL KILOS</b>		<b>46999</b>		

Fuente: MARVAL Torres de Monterrey, 2005.

Nota: se eliminaron algunas columnas con información poco relevante para disminuir el tamaño de la tabla. En la tabla 6 se puede ver la cantidad de mallas por piso y en la tabla 7 la programación de llegada de la malla.

**Tabla 5. Pedido de malla electrosoldada para los pisos de apartamentos de torre 8**

Tipo de malla	Cant. mallas unitar.	Dimensiones		Separación		Cantidad de varillas		Pelos				Diámetro Grafil		Constante Grafil kg/m		Peso unid kg	Peso total kg	Unidad malla m <sup>2</sup>	Total mallas m <sup>2</sup>		
		Long.	Trans.	Long.	Trans.	Long.	Trans.	Long.		Trans.		Long.	Trans.	Long.	Trans.						
								Sup.	Inf.	Sup.	Inf.										
<b>TORRE 8 PLACAS</b>																					
20	135	6,00	2,00	0,15	0,15	13	40	0,075	0,075	0,100	0,100	6,0	6,0	0,222	0,222	35,076	4735,260	12,00	1620,00		
21	130	4,00	2,00	0,15	0,15	13	27	0,050	0,050	0,100	0,100	6,0	6,0	0,222	0,222	23,532	3059,160	8,00	1040,00		
22	145	6,00	2,20	0,15	0,15	15	40	0,075	0,075	0,050	0,050	6,0	6,0	0,222	0,222	39,516	5729,820	13,20	1914,00		
23	52	4,00	2,20	0,15	0,15	15	27	0,050	0,050	0,050	0,050	6,0	6,0	0,222	0,222	26,507	1378,354	8,80	457,60		
24	130	5,80	2,00	0,15	0,15	13	39	0,050	0,050	0,100	0,100	6,5	6,5	0,261	0,261	40,037	5204,862	11,60	1508,00		
25	52	5,80	2,20	0,15	0,15	15	39	0,050	0,050	0,050	0,050	6,5	6,5	0,261	0,261	45,101	2345,242	12,76	663,52		
26	4	2,45	2,20	0,15	0,15	15	16	0,100	0,100	0,050	0,050	7,0	7,0	0,302	0,302	21,729	86,916	5,39	21,56		
27	12	2,45	2,20	0,15	0,15	15	16	0,100	0,100	0,050	0,050	8,0	8,0	0,395	0,395	28,420	341,043	5,39	64,68		
<b>TORRE 8 MUROS</b>																					
28	104	2,75	1,85	0,15	0,15	12	17	0,325	0,100	0,100	0,100	7,0	7,0	0,302	0,302	19,464	2024,246	5,09	529,10		
29	52	2,75	1,20	0,15	0,15	8	17	0,325	0,100	0,075	0,075	7,0	7,0	0,302	0,302	12,805	665,850	3,30	171,60		
30	52	2,75	1,05	0,15	0,15	7	17	0,325	0,100	0,075	0,075	7,0	7,0	0,302	0,302	11,204	582,618	2,89	150,15		
31	189	2,75	1,95	0,15	0,15	13	17	0,325	0,100	0,075	0,075	7,0	7,0	0,302	0,302	20,808	3932,674	5,36	1013,51		
32	104	2,75	2,00	0,15	0,15	13	17	0,325	0,100	0,100	0,100	5,5	5,5	0,187	0,187	13,043	1356,498	5,50	572,00		
33	312	2,75	1,80	0,15	0,15	12	17	0,325	0,100	0,075	0,075	5,5	5,5	0,187	0,187	11,893	3710,678	4,95	1544,40		
34	284	2,75	2,20	0,15	0,15	15	17	0,325	0,100	0,050	0,050	5,5	5,5	0,187	0,187	14,708	4176,944	6,05	1718,20		
35	104	2,75	1,00	0,15	0,15	7	17	0,325	0,100	0,050	0,050	5,5	5,5	0,187	0,187	6,779	704,990	2,75	286,00		
36	112	2,75	1,90	0,15	0,15	13	17	0,325	0,100	0,050	0,050	5,5	5,5	0,187	0,187	12,725	1425,239	5,23	585,20		
37	16	4,75	1,85	0,15	0,15	12	30	0,325	0,050	0,100	0,100	5,5	5,5	0,187	0,187	21,038	336,600	8,79	140,60		
38	12	4,75	1,60	0,15	0,15	11	30	0,325	0,050	0,050	0,050	5,5	5,5	0,187	0,187	18,747	224,961	7,60	91,20		
39 *	252	2,75	1,90	0,15	0,15	13	17	0,325	0,025	0,050	0,050	6,0	6,0	0,222	0,222	15,107	3806,989	5,23	1316,70		
40	104	2,75	0,85	0,15	0,15	6	17	0,325	0,100	0,050	0,050	6,5	6,5	0,261	0,261	8,078	840,107	2,34	243,10		
41	208	2,75	1,85	0,15	0,15	12	17	0,325	0,100	0,100	0,100	6,5	6,5	0,261	0,261	16,821	3498,862	5,09	1058,20		
	<b>2565</b>	<b>MALLAS EN TOTAL</b>															<b>TOTAL KILOS</b>		<b>50168</b>		

Fuente: MARVAL Torres de Monterrey, 2005.

Nota: se eliminaron algunas columnas con información poco relevante para disminuir el tamaño de la tabla. En la tabla 6 se puede ver la cantidad de mallas por piso y en la tabla 7 la programación de llegada de la malla, ambas en hoja de cálculo.

**Tabla 6. Cantidad de mallas electrosoldadas por piso**

Tipo de malla	Cantidad de mallas por pisos														Cant. mallas unit.	
	Piso 1	Piso 2	Piso 3	Piso 4	Piso 5	Piso 6	Piso 7	Piso 8	Piso 9	Piso 10	Piso 11	Piso 12	Piso 13	Alti- llo		
<b>TORRE 7 PLACAS</b>																
1		8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	104	
2		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	156	
3		7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	91	
4		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	7	67	
5		14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	182	
6														4	4	
7														12	12	
<b>TORRE 7 MUROS</b>																
8	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16		208	
9	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		52	
10	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		52	
11	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	8	60	
12	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8		104	
13	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32		416	
14	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8		104	
15	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	32	32	32	24	240
16														24	24	
17														8	8	
18	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20				200	
19 *	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	10	270	
<b>TORRE 8 PLACAS</b>																
20		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	15	135	
21		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	130	
22		11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	13	145	
23		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	52	
24		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	130	
25		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	52	
26														4	4	
27														12	12	
<b>TORRE 8 MUROS</b>																
28	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8		104	
29	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		52	
30	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		52	
31	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	7	189	
32	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8		104	
33	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24		312	
34	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	24	284	
35	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8		104	
36										28	28	28	28		112	
37														16	16	
38														12	12	
39 *	28	28	28	28	28	28	28	28	28						252	
40	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8		104	
41	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16		208	
<b>TOTAL MALLAS</b>														<b>7273</b>		

Nota: la malla de placa del piso 1 no figura porque esta se pidió con la malla de sótanos.

**Tabla 7. Programación de llegada de la malla electrosoldada de las torres 7 y 8**

Piso	Elem.	TORRE 7				TORRE 8				Fecha de llegada	No. de envío	Cant. Mallas	kg
		01	02	03	04	04	03	02	01				
	Cubierta	7-Nov-05				9-Nov-05							
Alt.	Muros	4-Nov-05	5-Nov-05			7-Nov-05	8-Nov-05			27-Oct-05	7	604	13432
	Pla.	2-Nov-05	3-Nov-05			4-Nov-05	5-Nov-05						
P. 13	Muros	31-Oct-05	1-Nov-05			2-Nov-05	3-Nov-05			18-Oct-05	6	690	13573
	Placa	28-Oct-05	29-Oct-05			31-Oct-05	1-Nov-05						
P. 12	Muros	26-Oct-05	27-Oct-05			28-Oct-05	29-Oct-05			9-Oct-05	5	662	13326
	Placa	24-Oct-05	25-Oct-05			26-Oct-05	27-Oct-05						
P. 11	Muros	21-Oct-05	22-Oct-05			24-Oct-05	25-Oct-05			29-Sep-05	4	634	12970
	Placa	19-Oct-05	20-Oct-05			21-Oct-05	22-Oct-05						
P. 10	Muros	17-Oct-05	18-Oct-05			19-Oct-05	20-Oct-05			20-Sep-05	3	634	12970
	Placa	14-Oct-05	15-Oct-05			17-Oct-05	18-Oct-05						
P. 9	Muros	12-Oct-05	13-Oct-05			14-Oct-05	15-Oct-05			11-Sep-05	2	634	12970
	Placa	10-Oct-05	11-Oct-05			12-Oct-05	13-Oct-05						
P. 8	Muros	7-Oct-05	8-Oct-05			10-Oct-05	11-Oct-05			4-Sep-05	1	539	9698
	Placa	5-Oct-05	6-Oct-05			7-Oct-05	8-Oct-05						
P. 7	Muros	3-Oct-05	4-Oct-05			5-Oct-05	6-Oct-05			<b>TOTAL kg 88938</b>			
	Placa	30-Sep-05	1-Oct-05			3-Oct-05	4-Oct-05						
P. 6	Muros	28-Sep-05	29-Sep-05			30-Sep-05	1-Oct-05						
	Placa	26-Sep-05	27-Sep-05			28-Sep-05	29-Sep-05						
P. 5	Muros	23-Sep-05	24-Sep-05			26-Sep-05	27-Sep-05						
	Placa	21-Sep-05	22-Sep-05			23-Sep-05	24-Sep-05						
P. 4	Muros	19-Sep-05	20-Sep-05			21-Sep-05	22-Sep-05						
	Placa	16-Sep-05	17-Sep-05			19-Sep-05	20-Sep-05						
P. 3	Muros	14-Sep-05	15-Sep-05			16-Sep-05	17-Sep-05						
	Placa	12-Sep-05	13-Sep-05			14-Sep-05	15-Sep-05						
P. 2	Muros	9-Sep-05	10-Sep-05			12-Sep-05	13-Sep-05						
	Placa	7-Sep-05	8-Sep-05			9-Sep-05	10-Sep-05						
P. 1	Muros	5-Sep-05	6-Sep-05			7-Sep-05	8-Sep-05						
	Placa	1-Sep-05	2-Sep-05			5-Sep-05	6-Sep-05						

La programación anterior se hizo a partir de la programación ideal de la estructura de las torres, contemplando el descanso del domingo, la cual tuvo que ser congelada por un par de

semanas ya que el inicio de la estructura de los pisos de apartamentos se atrasó por problemas eléctricos con la torre grúa, indispensable para la construcción de estas torres.

La reducción en los kg de malla pedida se logró con la nueva distribución de malla de manera bastante satisfactoria, ya que el nuevo pedido fue de 97.167 kg mientras que el pedido anterior fue de 113.235 kg.

### **3.3.2 Placas**

Para la construcción de los muros y placas reforzados con malla electrosoldada, se le entregó al subcontratista encargado de las torres, una copia de los planos con la distribución de la malla, diferenciando los diferentes tipos de mallas con colores, para su fácil interpretación, y también se le entregaron las cantidades totales de mallas por piso y tipos de mallas que debe sacar de almacén para placa o muros, según sea el caso.

#### **▪ Espesores de las placas**

Para la construcción de las placas, lo primero que se hace es la colocación de la formaleta, y luego su nivelación teniendo en cuenta los espesores de las placas. En Torres de Monterrey, la mayoría de placas son de 10 cm pero algunas luces largas vienen especificadas para 12 cm. Esta diferencia de espesor se deja con la formaleta reduciendo en 2 cm la altura de entrepiso del piso inferior.

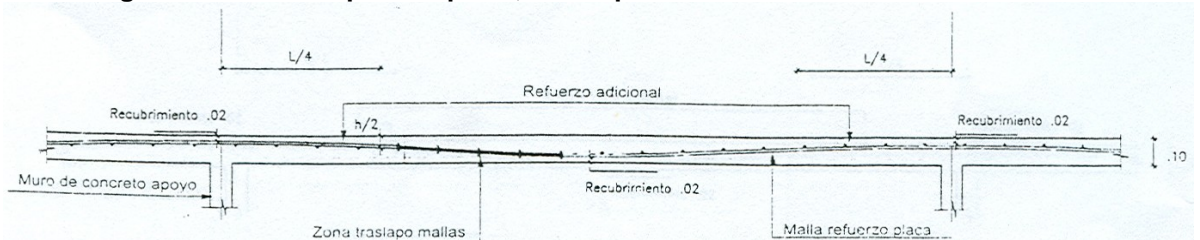
#### **▪ Dinteles**

Dentro de los planos de las placas, aparecen unos dinteles como vigas descolgadas, cuyo refuerzo debe quedar por debajo de la malla electrosoldada (ver figura 19). Estos dinteles deben considerarse como parte del sistema de losa y deben vaciarse monolíticamente con la placa. Se revisa que tengan el recubrimiento suficiente, la longitud de gancho indicada y el refuerzo especificado en planos (refuerzo longitudinal del diámetro determinado y los estribos con los espaciamientos y dimensiones necesarias).

## ▪ Enmallado

Las placas de las torres, fueron diseñadas con enmallado sencillo, es decir, el refuerzo de las placas tipo solo tiene una malla. Esto implica que a la malla se le debe dar una curvatura en ambos sentidos, tal y como se muestra en la figura 17.

**Figura 17. Corte típico de placa, válido para ambos sentidos del refuerzo**



Fuente: PCA, Planos estructurales Torres de Monterrey, 2004.

Para garantizar esta curvatura, se utilizan paneles de 3 alturas diferentes: de 2,0 cm, de 4,5 cm y de 7,0 cm. Las paneles de 2,0 cm se colocan en la mitad de la luz, las de 4,5 cm se colocan a un cuarto de la luz y las de 7,0 cm se colocan encima o al lado de los muros sobre los cuales se apoya la placa (ver figura 18).

**Figura 18. Curvatura fijada en obra para la malla de refuerzo de placa**



Fuente: Fotografía tomada por Juan Diego García López.

También se revisa que la malla quede colocada encima de la armadura de las vigas descolgadas o dinteles, y no por entre el refuerzo longitudinal de las vigas (ver figura 19).

Contrario a lo anterior, la malla debe quedar en el medio del refuerzo adicional de borde (ver figura 20). Todo lo anterior se hace según detalles mostrados en los planos estructurales.

**Figura 19. Malla colocada sobre el refuerzo de la viga descolgada**



Fuente: Fotografía tomada por Juan Diego García López.

**Figura 20. Malla entre refuerzo adicional de borde**



Fuente: Fotografía tomada por Juan Diego García López.

La malla debe quedar distribuida según la distribución de malla entregada al subcontratista, cumpliendo con el traslapo mínimo indicado en los planos.

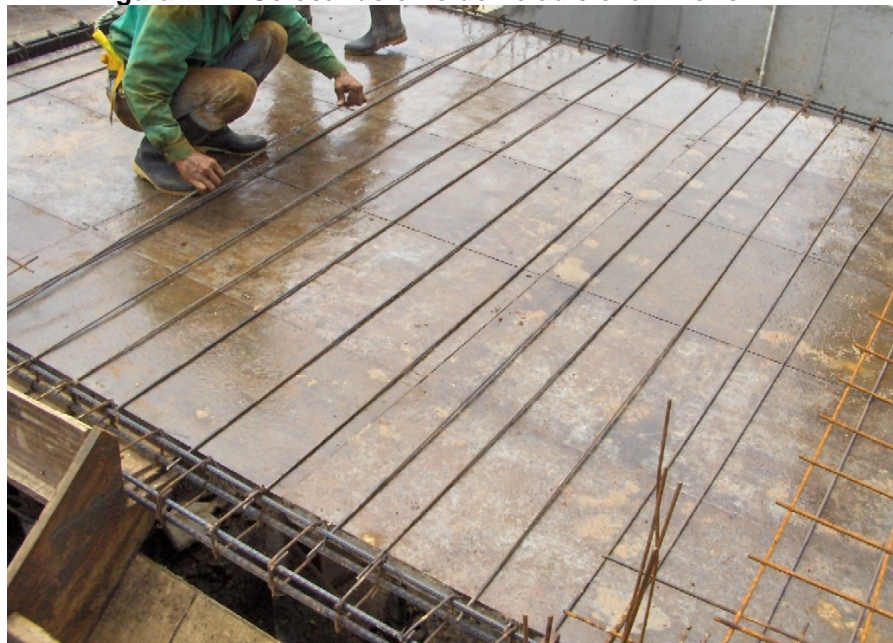
## ▪ Refuerzo adicional

En los planos de las placas se especifica un refuerzo adicional en algunas zonas críticas y detalles especiales. Estos refuerzos son básicamente: el refuerzo adicional de borde de placa (ver figura 20), refuerzos inferiores en zonas de momento máximo (ver figuras 21 y 22), refuerzos superiores en las zonas de gran momento negativo (ver figura 23), y refuerzos en las esquinas de muros en forma de T (ver figura 24), doble T (ver figura 25) y en muros en forma de L. El refuerzo en las esquinas de los muros es llamado por los maestros como espina de pescado debido a la forma como se ve desde arriba (ver figura 24).

Se revisa que estos refuerzos adicionales sean colocados en los lugares especificados en planos, con el espaciamiento determinado, la longitud y los diámetros de las varillas. Este refuerzo se debe revisar con el mismo cuidado que al revisar el refuerzo principal.

El refuerzo adicional inferior debe quedar por debajo de la malla, así que primero se coloca este refuerzo sobre la formaleta (ver figura 21) para amarrarlo luego a la malla una vez esta sea colocada (ver figura 22).

**Figura 21. Colocando el refuerzo adicional inferior**



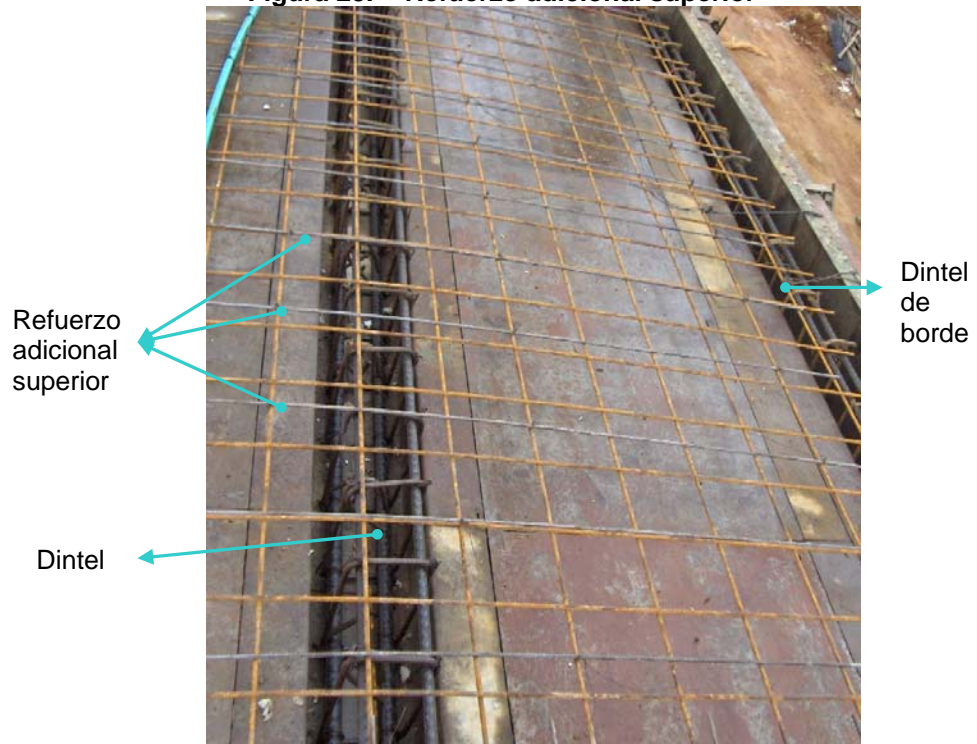
Fuente: Fotografías tomadas por Juan Diego García López.

**Figura 22. Colocando la malla sobre el refuerzo adicional inferior**



Fuente: Fotografías tomadas por Juan Diego García López.

**Figura 23. Refuerzo adicional superior**



Fuente: Fotografía tomada por Juan Diego García López.

**Figura 24. Refuerzo adicional en esquinas de muros en T**



Fuente: Fotografías tomadas por Juan Diego García López.

**Figura 25. Refuerzo adicional en esquinas de muros en doble T**



Fuente: Fotografías tomadas por Juan Diego García López.

#### ▪ Tuberías

Se debe verificar que las tuberías hidráulicas y eléctricas no sean colocadas en el centro de las luces ya que este punto es la zona de momento máximo y la tubería le reduce espesor a la sección transversal en ese lugar. Además, se revisa que la tubería eléctrica se coloque siguiendo trayectorias curvas (ver figura 26). Esto con el fin de evitar que la placa se fisure a lo largo del eje de la tubería, ya que la tubería al estar embebida dentro de la placa de concreto, ocupa un espacio del espesor de la placa que significa una disminución de la

sección transversal de la placa, lo cual puede inducir el fisuramiento siguiendo trayectorias rectas.

**Figura 26. Curvatura de la tubería eléctrica para evitar fisuramiento de la placa**



Fuente: Fotografía tomada por Juan Diego García López.

Cuando las tuberías hidráulicas atraviesan un elemento estructural, se deben colocar dentro de un tubo de mayor diámetro en ese tramo, para que la tubería no reciba la carga del elemento (ver figura 27). Las tuberías no debe atravesar muros estructurales ni columnas.

Las cajas eléctricas se deben rellenar bien con papel o algún material similar para evitar que se llenen de concreto, y deben ser amarradas firmemente a la malla electrosoldada para que no sean movidas por el flujo de concreto dentro de la formaleta y que estas queden a ras de la superficie plana (ver figura 28).

**Figura 27. Pases para tubería hidráulica a través de muros de concreto**



Fuente: Fotografía tomada por Juan Diego García López.

**Figura 28. Caja eléctrica lista para la fundida**



Fuente: Fotografía tomada por Juan Diego García López.

#### ▪ **Negativos**

Para la conducción de las tuberías de desagüe y montantes de gas, red de consumo, tuberías eléctricas y redes de comunicaciones, se deben dejar los espacios necesarios dentro de la placa para la continuidad de los buitrones. Esto se hace con formaleta para negativos.

También se dejan pases con pedazos de tubos de PVC de mayor diámetro para la posterior colocación de los sifones de la tubería sanitaria. Se debe revisar que estos negativos sean dejados en los espacios especificados y con el refuerzo adicional alrededor del vano, especificado en planos (ver figura 29).

**Figura 29. Negativos para buitrón y pases de tubería**



Fuente: Fotografía tomada por Juan Diego García López.

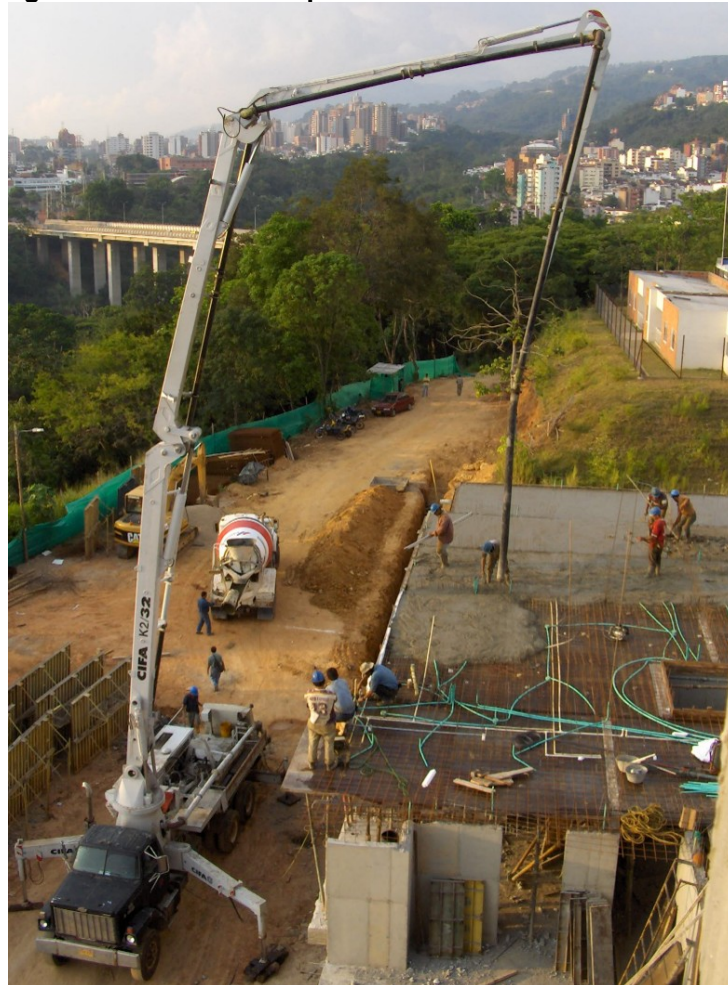
#### ▪ Fundida de placa

El concreto utilizado en la fundida de las placas es concreto outinord de  $210 \text{ kg/cm}^2$  (3000 psi) con tamaño máximo de agregado de  $\frac{3}{4}$ ". En el momento de la fundida, se revisa que el concreto sea manejable, que se esté vibrando el concreto, especialmente dentro de los dinteles, y además que se esté dejando el espesor indicado para no tener grandes desperdicios ni espesores variables a lo largo y ancho de la placa.

Cuando el concreto es bombeado para pisos muy altos, donde la manguera del camión autobomba no alcanza a quedar levantada del piso, se debe tener cuidado de no colocar la

manguera sobre las tuberías instaladas en la placa ya que el peso de la manguera del camión autobomba es bastante y el movimiento que le es producido por el bombeo del concreto puede romper algunas tuberías. En los pisos bajos no se presenta este problema (ver figura 30).

**Figura 30. Fundida de placa con camión autobomba**



Fuente: Fotografía tomada por Juan Diego García López.

#### ▪ Desencofrada

La construcción en sistema túnel está planeada y diseñada para que al amanecer del día siguiente sea posible desencofrar, tras un periodo mínimo de endurecimiento del concreto de 14 horas. Esta es la razón por la cual se necesita de un concreto que adquiera altas resistencias iniciales: el concreto outinord.

La desencofrada se hace en el mismo orden en que fueron fundidos los elementos. Al momento de quitar las mesas voladoras, las placas son retrancadas con parales y cerchas en el medio de la luz (ver figura 31) o en los dos tercios de la luz si esta es grande, hasta que la estructura avance tres pisos más, es decir, si se construye con un rendimiento ideal de 1,5 pisos por semana, los parales de una placa fundida hoy se estarían quitando 2 semanas después (ver figura 32), tiempo suficiente en el cual un concreto ha alcanzado una resistencia aceptable.

**Figura 31. Soporte temporal de placas con parales y cerchas**



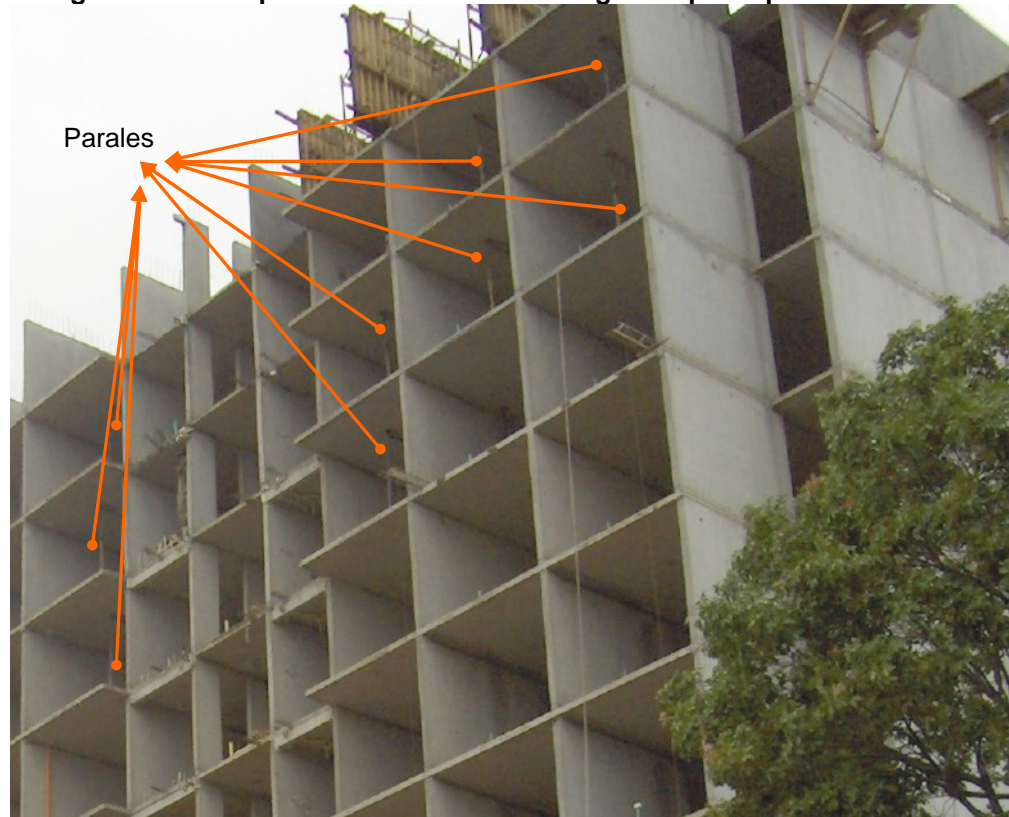
Fuente: Fotografía tomada por Juan Diego García López.

En resumen, para la construcción de placas se verifican los siguientes aspectos:

- Espesores de la placa.
- Dinteles (refuerzo longitudinal, estribos, dimensiones, separación entre barras, recubrimientos, etc.).
- Distribución y colocación de la malla electrosoldada (panelas, traslajos, grafiles, etc).
- Refuerzos adicionales (superior, inferior, alrededor de vanos y en esquinas).
- Negativos y pases de tuberías.
- Trayectoria y fijación de las tuberías y relleno de cajas eléctricas.
- Fundida de la placa.

- Desencofrado.

**Figura 32. Los parales son retirados al llegar a 3 pisos por encima.**



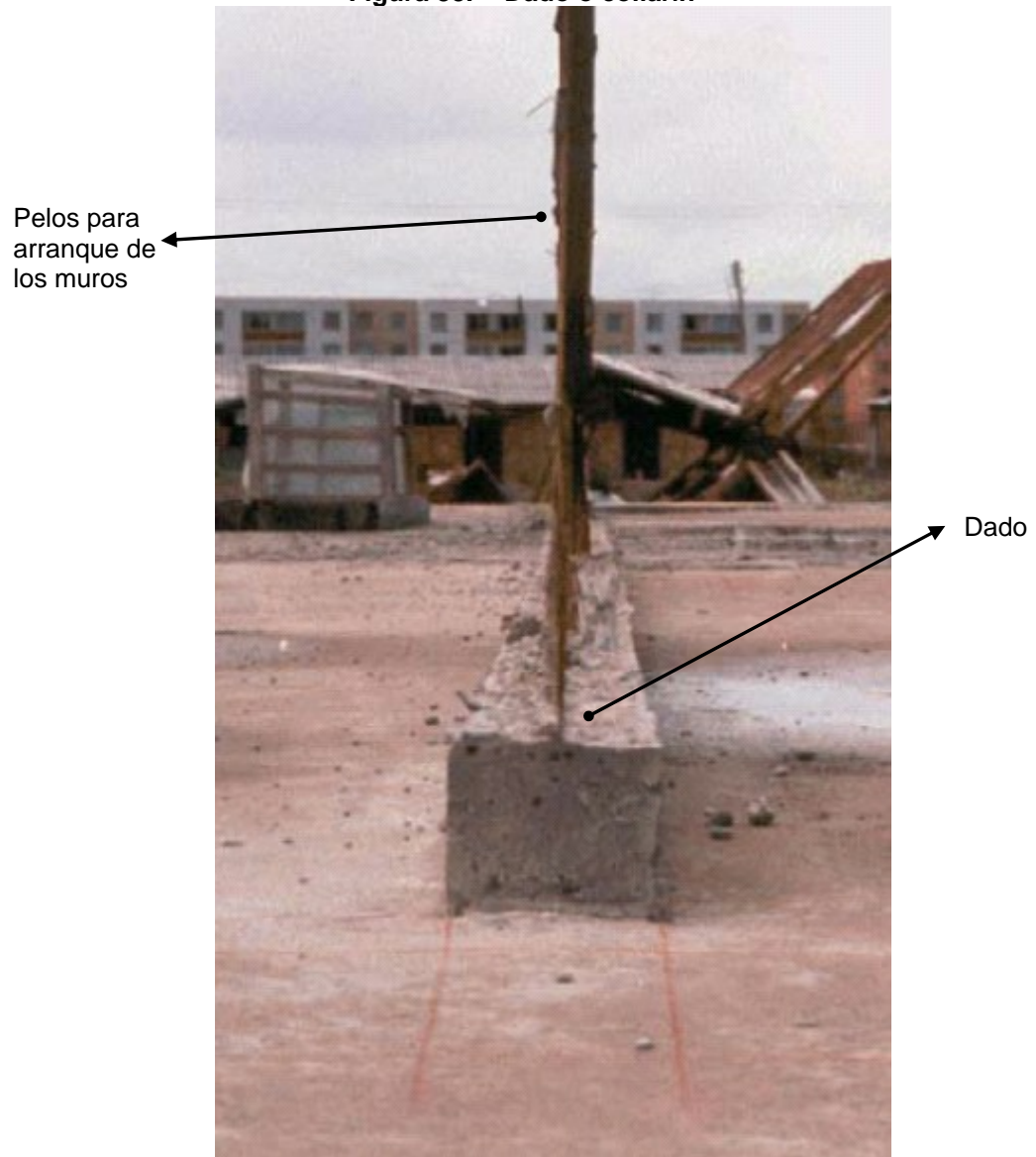
Fuente: Fotografía tomada por Juan Diego García López.

### 3.3.3 Muros estructurales

- **Dados**

Los dados, o también llamados collarines, son el arranque de los muros, y hacen las veces del replanteo en un muro de concreto, con el fin de facilitar la colocación de la formaleta (ver figura 33) y por esto muy importante que los dados queden ubicados en la posición exacta. Cuando se van a fundir los primeros dados, es muy importante verificar que el concreto que se coloque en los dados sea concreto de la misma resistencia del muro, puesto que la cantidad de concreto necesaria para fundir los dados es muy poca, y generalmente los muros deben ser de  $280 \text{ kg/cm}^2$  (4.000 psi) hasta cierto nivel, y las plantas de concreto premezclado no siempre están dispuestas a enviar un viaje con cantidades muy pequeñas de un concreto de 4.000 psi.

**Figura 33. Dado o collarín**



Fuente: ICPC, 2005.

Cuando la estructura va avanzando normalmente, se acostumbra a sacar un poco del concreto de la fundida actual de los muros para hacer los dados de la próxima fundida de muros (ver figura 34). La cantidad de concreto necesaria para los dados se vacía sobre la placa para ser colocada con valdes entre los ángulos o alineadores que sirven de formaleta.

**Figura 34. Concreto para fundida de dados**



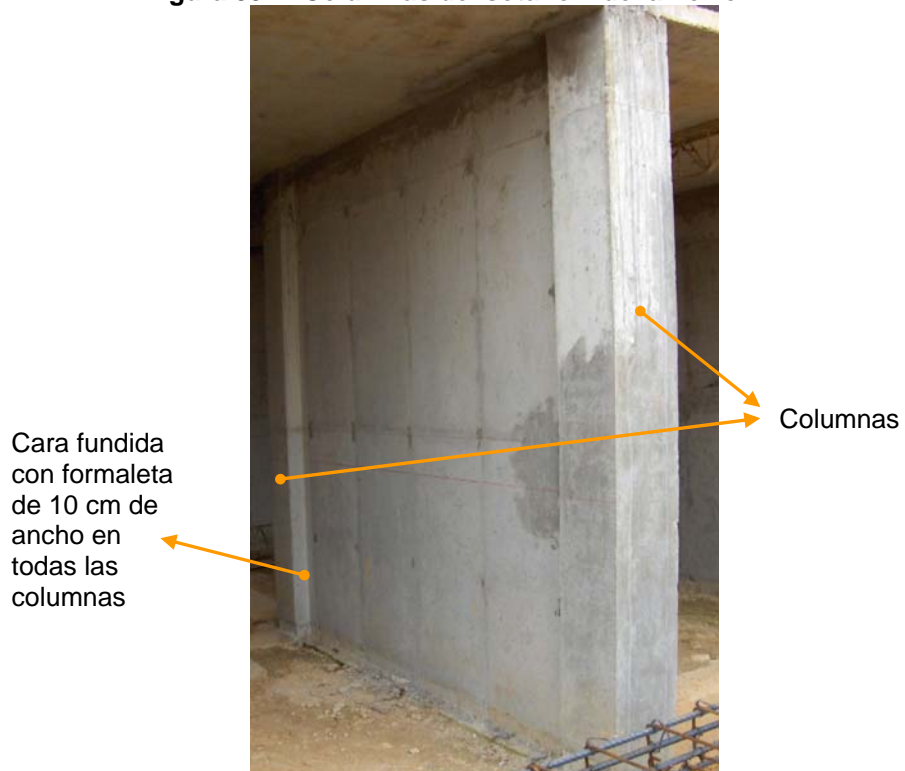
Fuente: Fotografía tomada por Juan Diego García López.

#### ▪ Columnas

En los pisos de los sótanos de las edificaciones de Torres de Monterrey, algunos muros nacen con columnas desde el cimiento (ver figura 35).

En los planos estructurales de los sótanos, estas columnas figuran con dimensiones de 30 cm de ancho, en su cara perpendicular a la longitud del muro estructural entre columnas. Este muro estructural aparece en planos en algunas torres con un espesor de 12 cm y 15 cm en otras. La formaleta, para hacer la escuadra en la cara interior de la columna tiene 10 cm de ancho, luego fue necesario fundir estas columnas con dimensiones mayores: las que tienen muro de espesor de 12 cm quedaron de 32 cm de ancho y las que tenían muro de 15 cm de espesor, quedaron con 35 cm de ancho en esa cara.

**Figura 35. Columnas del sótano 2 de la Torre 2**



Fuente: Fotografía tomada por Juan Diego García López.

Para estas columnas se utilizó formaleta Metalex, independientemente de la formaleta que se estuviera utilizando para la estructura en general (ver figura 36).

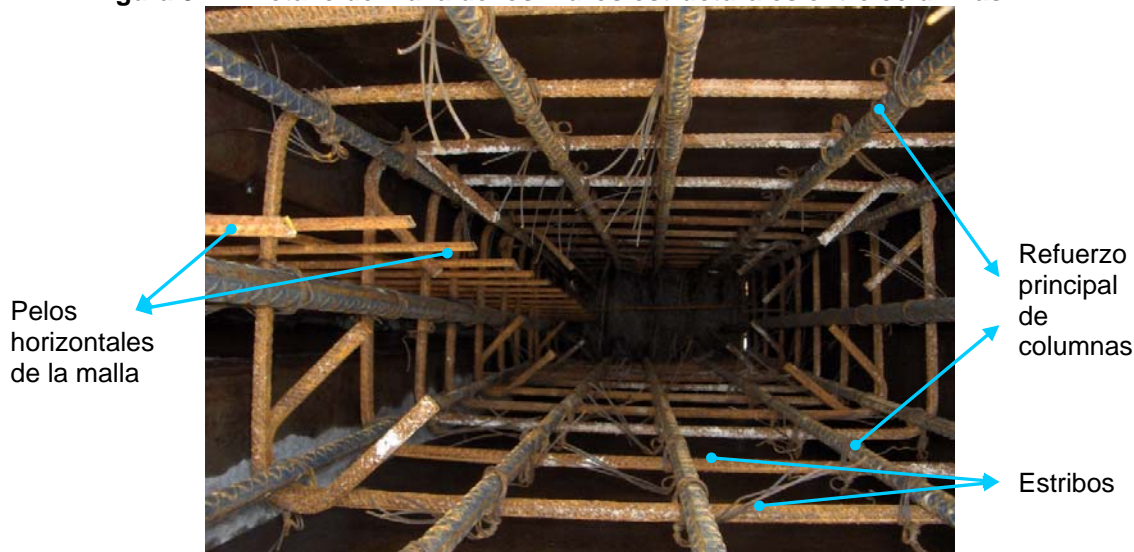
**Figura 36. Columnas formaleteadas en el sótano 1 de la Torre 7**



Fuente: Fotografía tomada por Juan Diego García López.

Para la colocación de la malla de los muros estructurales que quedan entre las columnas, se determinó que los pelos horizontales de la malla entrarían a la columna, tal como se muestra en la figura 37.

**Figura 37. Detalle de malla de los muros estructurales entre columnas**



Fuente: Fotografía tomada por Juan Diego García López.

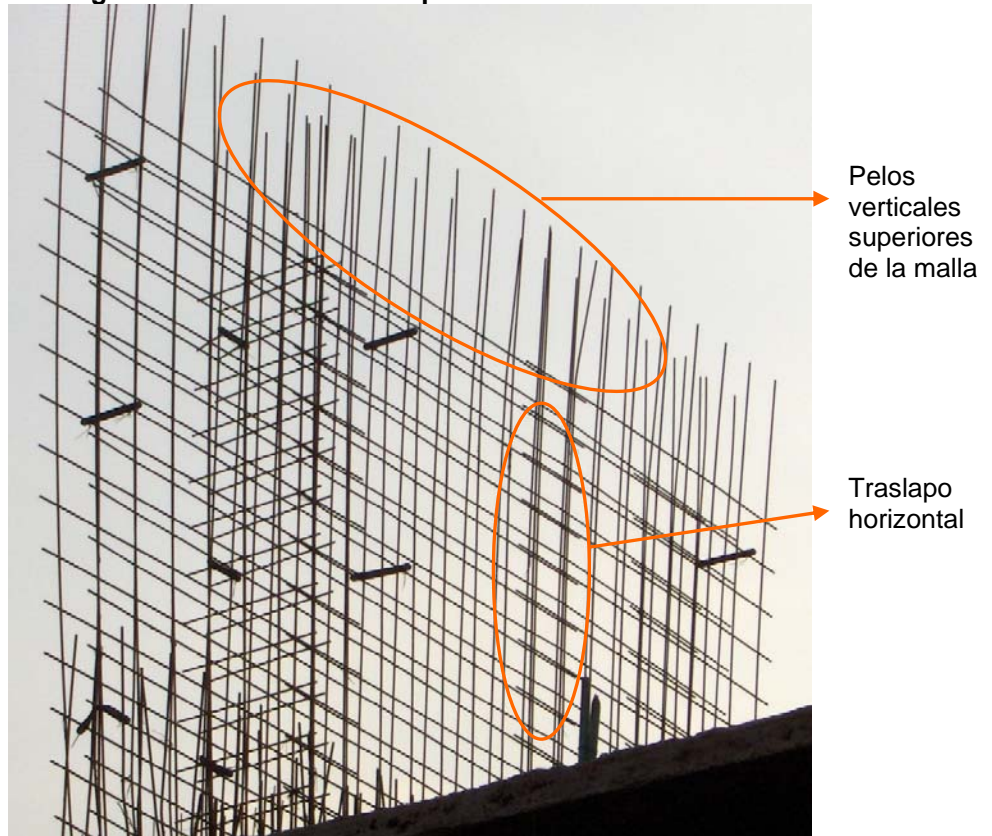
Como se puede apreciar en la figura 37, los muros son fundidos monólicamente con las columnas. Se revisó el refuerzo longitudinal, verificando cantidad de barras y diámetros, y los estribos, verificando las dimensiones del mismo, espaciamiento entre estribos, etc. El inspector de obra es el encargado de revisar la verticalidad de los muros y columnas.

#### ▪ Enmallado

Como se dijo al inicio del numeral 3.3.2, la distribución de la malla es entregada con un esquema gráfico que sea de fácil interpretación para el subcontratista. Una vez colocada en el sitio, se revisa que cada malla esté en el lugar correcto.

La malla es pedida de tal manera que se cumplan los traslapos horizontales y verticales especificados en planos, por ende, si la malla está colocada correctamente, estos se deben cumplir (ver figura 38). Aún así, los traslapos son verificados en el sitio ya que es posible que en una hilera de varias mallas (ejemplo: en el muro ortogonal) se deje un traslazo mayor en un par de mallas lo que significa que va a hacer falta traslazo en otro par de mallas.

**Figura 38. Malla colocada para muro de Torre 2**



Pelos  
verticales  
superiores  
de la malla

Traslapo  
horizontal

Fuente: Fotografía tomada por Juan Diego García López.

#### ▪ Separadores

Los separadores plásticos son elementos utilizados para mantener la separación especificada entre la malla y la formaleta y entre dos mallas cuando el muro está reforzado con doble malla. Estos deben ser colocados con una distribución uniforme para que la separación sea constante y que la malla no se pegue a la formaleta cuando se vacíe el concreto. En la figura 39 se puede observar un separador sencillo y en la figura 40 un separador para doble malla.

**Figura 39. Separador plástico sencillo para muros de 12 cm de espesor**



Fuente: Fotografía tomada por Juan Diego García López.

**Figura 40. Separador plástico para muros de doble malla**

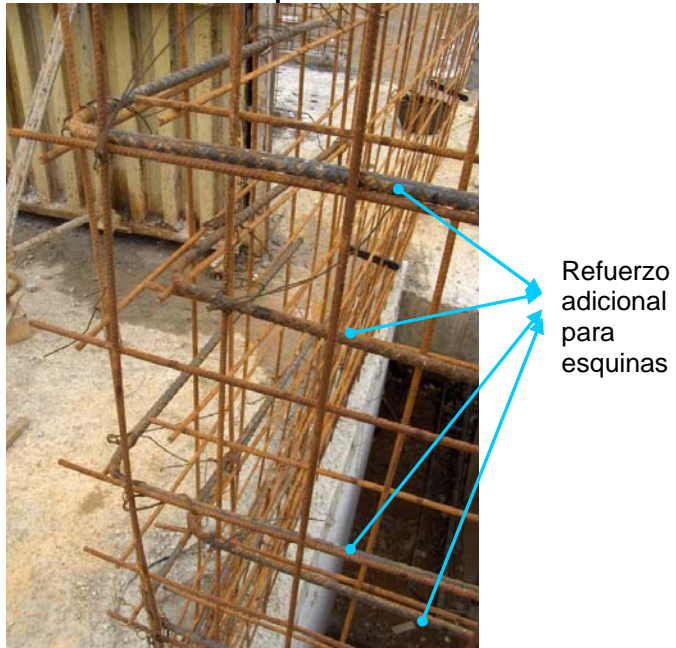


Fuente: Fotografía tomada por Juan Diego García López.

#### ▪ **Detalles en esquinas**

Para las esquinas en las uniones de los muros, se especifica en planos un refuerzo adicional en forma de ángulo, el cual es revisado, verificando espaciamiento entre los ángulos y el diámetro y longitud de la varilla (ver figura 41).

**Figura 41. Refuerzo adicional en esquinas de uniones de muros**



Fuente: Fotografía tomada por Juan Diego García López.

#### ▪ Formaleta

En la obra Torres de Monterrey se han utilizado dos tipos de formaleta: la formaleta Con-tech fabricada por Metalex (ver figura 42) y la formaleta Outinord (ver figura 43).

**Figura 42. Formaleta Metalex en muros de Torre 6**



Fuente: Fotografía tomada por Juan Diego García López.

**Figura 43. Formaleta Outinord en muros de sótano de Torre 8**



Fuente: Fotografía tomada por Juan Diego García López.

En ambos tipos de formaleta se verifica que esta esté bien fijada, que se dejen los vanos de las dimensiones requeridas, la verticalidad.

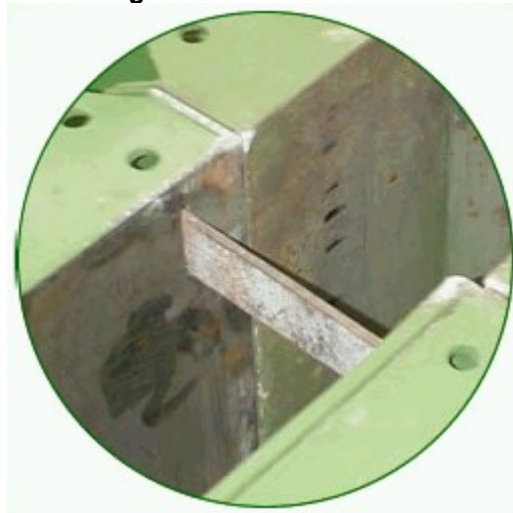
En la formaleta Metalex, se debe verificar que todas las chapetas y todos los pines y corbatas estén colocadas y de la forma correcta (ver figuras 44, 45 y 46), ya que por falta de algún elemento de estos la formaleta se puede abrir con la presión que genera el concreto.

**Figura 44. Chapeta**



Fuente: <http://www.metalex.com.co>

**Figura 45. Corbata**



Fuente: <http://www.metalex.com.co>

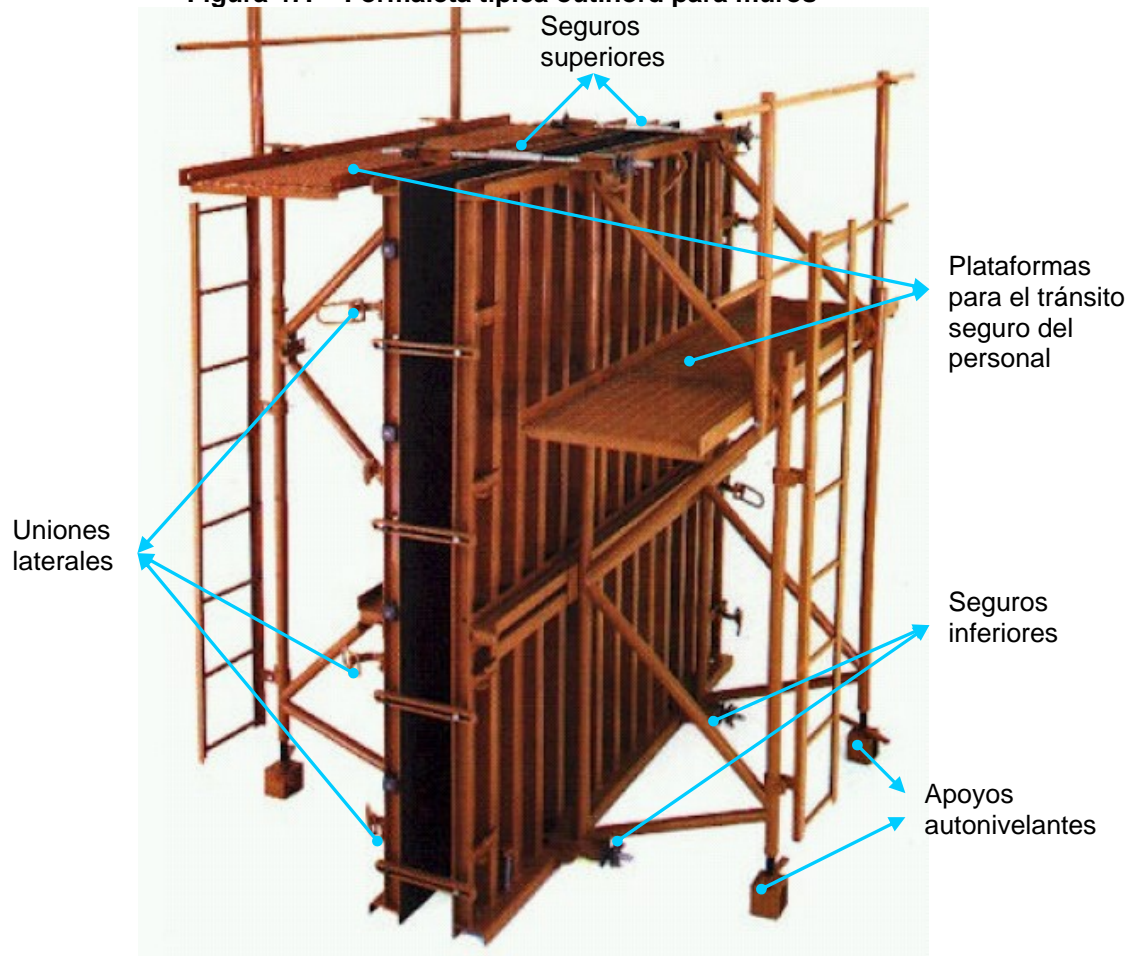
**Figura 46. Pines**



Fuente: <http://www.metalex.com.co>

En la formaleta outinord, se verifica que está bien atornillada en la parte superior e inferior, con los espaciamientos adecuados, y que esté apoyada directamente sobre la placa maciza y no sobre algún ladrillo o elemento que no asegure la firmeza y estabilidad necesaria (ver figura 47).

**Figura 47. Formaleta típica outinord para muros**



Fuente: ICPC, 2003.

### **3.4 OBRAS DE URBANISMO**

Para algunas de las obras de urbanismo de Torres de Monterrey, se hallaron las cantidades de obra para el pedido de los materiales (ver Anexo B), se hicieron las respectivas adiciones a los contratos (ver numeral 3.6) y se vigiló su proceso constructivo.

#### **3.4.1 Sótanos**

Los sótanos de las torres también hacen parte del urbanismo del conjunto, y el control de calidad que se ejerce en los muros y placas macizas aéreas es el expuesto en los numerales 3.3.2 y 3.3.3 ya que hacen parte de la estructura túnel de las edificaciones.

Las placas de contrapiso de los sótanos fueron fundidas como pavimento de concreto. El inspector de obra recibe del contratista el suelo listo sobre el cual se va a colocar el pavicrete. Se debe revisar que el espesor de la placa sea el especificado ya que un espesor mayor incide directamente en un consumo elevado de concreto.

### 3.4.2 Compartimientos estancos

En la construcción de los compartimientos estancos (piscinas y tanques), además de revisar la correcta colocación del refuerzo, las dimensiones de los elementos formaleteados y la fundida, es muy importante verificar la correcta colocación de la cinta PVC en la junta de construcción y la correcta aplicación de los productos impermeabilizantes según especificaciones técnicas de los proveedores. Se debe instruir claramente al personal encargado de su colocación y/o aplicación. En la figura 48 aparece una imagen de la fundida del tanque subterráneo junto a la portería principal.

**Figura 48. Fundida del tanque subterráneo de la portería principal**



Fuente: Fotografía tomada por Juan Diego García López.

### 3.4.3 Edificaciones de urbanismo

El conjunto residencial Torres de Monterrey, cuenta con una amplia zona social, con construcciones de grandes dimensiones poco comunes en otros conjuntos de la ciudad y su área metropolitana. La portería principal del conjunto fue terminada antes de la primera entrega (ver figura 49) para poder recibir a todos los propietarios por la entrada real. El salón comunal, la guardería, el gimnasio, los cuartos de basuras se están terminando actualmente y la inspección y el control de calidad en todas estas obras se ha hecho a conformidad, desde la cimentación hasta los acabados, con gran intervención de parte de la gerencia de la empresa quienes se preocupan mucho por la calidad, el buen gusto y la amplitud de estas áreas.

**Figura 49. Portería principal, vista desde adentro**



Fuente: Fotografía tomada por Juan Diego García López.

### 3.5 REFORMAS

Durante la ejecución del proyecto, varios propietarios acceden a la opción de solicitar reformas, las cuales se deben notificar con tiempo a los subcontratistas y se debe gestionar su correcta realización. En el Anexo C se encuentra el cuadro de las reformas de Torres de Monterrey actualizado a fecha de 8 octubre del 2005, cuya gestión y realización fue dirigida por el practicante de ingeniería. Son en total 88 reformas de 68 apartamentos, con un

promedio de 1,29 solicitudes de reformas por apartamentos, en donde cada solicitud de reforma puede incluir varios ítems, lo que exige una completa organización de la información para su correcta distribución y su oportuna programación y realización.

Para esto existe el *Formato de control de reformas* (ver tabla 8), en el cual se clasifican por actividades los diferentes de ítems de una solicitud de reforma de un apartamento para facilitar la verificación de las reformas en el sitio. Se aconseja ordenar en orden ascendente o descendente según la nomenclatura de los apartamentos para facilitar la búsqueda de una reforma y la revisión de las mismas en el sitio.

**Tabla 8. Ejemplo del cuadro de reformas**

Torre	Apto	Ref. No.	Fecha solicita reforma	Descripción de ítems de reformas							Observaciones
				Pisos y enchapes	Eléctricos	Carpintería	Pintura	Hidráulic y sanitarios	Aparatos sanitarios	Otros	
1	802	1	29-Abr-05	No instalar en wc's ni enchape de cocina		No instalar mueble inf cocina.	No pintar ni estucar baño.		No instalar lavaplatos ni mezclador	No instalar mesón en concreto	

Fuente: MARVAL, R-ING-081 Torres de Monterrey, 2005.

Se debe ser muy previsor con los materiales de estas reformas, ya que hay ciertos materiales que no se encuentran en la obra porque son diferentes a los estándares y se deben pedir en el momento oportuno para que la reforma no afecte la programación de avance del apartamento, sin retrasos ni reprocesos que impliquen gastos de mano de obra y materiales.

El formato de control de reformas se entrega a los encargados de la revisión de calidad en obra (inspector de obra e ingenieros auxiliares) como también al almacenista, para que tenga conocimiento previo de la diferencia de material que se deba pedir o no entregar para estos apartamentos.

### 3.6 CREACIÓN Y MODIFICACIÓN DE CONTRATOS

Durante la ejecución del proyecto, se da la necesidad de hacer nuevos contratos o de modificar los contratos ya existentes, generalmente para adicionar nuevos ítems de actividades que se van presentando con el avance de la obra.

El practicante de ingeniería estuvo a cargo de varias de estas modificaciones de contratos, principalmente las de estructura y mampostería de algunas obras de urbanismo y áreas comunes del conjunto en general. En las tablas 9, 10 y 11 aparecen las cantidades verificadas de estas adiciones a los contratos (los precios de los contratos no se colocan ya que es información confidencial de la empresa).

El procedimiento para hacer la creación o modificación de los contratos, empieza por sacar las cantidades a contratar, lo cual corre por cuenta de los ingenieros auxiliares o del practicante de ingeniería. Estas cantidades se deben montar en el formato R-ING-002 *Creación y modificación de contratos* fin y se envían al Departamento de control de costos y presupuesto, quienes son los encargados de revisar y aprobar los contratos de acuerdo al presupuesto de la obra.

**Tabla 9. Cantidades para las adiciones al contrato de estructura**

Actividad		Cant. contrato	Unid a pagar	Cantidad parcial
<b>CANCHA</b>				
REPLANTEO MANUAL	UN	1,00	M2	379,67
EXCAVACION A MANO	UN	1,00	M3	40,00
RETIRO DE TIERRA	UN	1,00	M3	123,30
ANTEPISO CONCRETO NIVELADO	UN	1,00	M2	379,67
<b>SALÓN COMUNAL</b>				
<i>CIMENTACIÓN SALÓN COMUNAL</i>				
REPLANTEO MANUAL	UN	1,00	M2	314,88
EXCAVACION A MANO	UN	1,00	M3	26,00
RETIRO DE TIERRA	UN	1,00	M3	72,70
CONCRETO DE LIMPIEZA	UN	1,00	M2	55,73
CONCRETO CICLOPEO	UN	1,00	M3	5,63
ZAPATA REFORZADA	M3	0,26	UN	28,00
VIGA DE AMARRE CIMIENTO	UN	1,00	M3	10,36
FIGURADA DE HIERRO	UN	1,00	KG	143,25
VIBRADO DE CONCRETO	UN	1,00	M3	17,64
<i>ESTRUCTURA SALÓN COMUNAL</i>				
EXCAVACION A MANO	UN	1,00	M3	28,52
COLUMNA CONCRETO < 0.20 M2	M3	0,23	UN	28,00
VIGA AEREA	UN	1,00	ML	96,00
VIBRADO DE CONCRETO	UN	1,00	M3	44,02
ANTEPISO CONCRETO NIVELADO	UN	1,00	M2	285,13
FIGURADA DE HIERRO	UN	1,00	KG	1015,00

Actividad		Cant. contrato	Unid a pagar	Cantidad parcial
VIGA DE CUBIERTA = VIGA CINTA	UN	1,00	ML	36,11
MESON EN CONCRETO	UN	1	ML	5,60
PLACA METALEX MACIZA	UN	1,00	UN	21,78
<b>MAMP SALÓN COMUNAL</b>				
REPLANTEO MAMPOSTERIA	UN	1,00	ML	93,30
MAMP. EXTRUBLOCK FACHADA M2	UN	1,00	M2	329,10
MAMP. EXTRUBLOCK FACHADA ML	UN	1,00	ML	19,20
VANOS MAMPOSTERIA	UN	1,00	M2	13,80
MAMP. EXTRUBL FACH ALTURAS M2	UN	1,00	M2	33,42
GROUTING = CASTILLOS	UN	1,00	ML	40,00
<b>FRISO SALÓN COMUNAL</b>				
FRISO INTERNO M2	UN	1,00	M2	63,00
DILATACION FRISO	UN	1,00	ML	71,20
FRISO IMPERMEABILIZADO M2	UN	1,00	M2	27,60
FRISO IMPERMEABILIZADO ML	UN	1,00	ML	10,80
FILOS INTERNOS	UN	1,00	ML	14,40
<b>TANQUE SUB CUARTO BASURAS CARR. ANTIGUA</b>				
CONCRETO CICLOPEO	UN	1,00	M3	35,00
RETIRO DE TIERRA	UN	1,00	M3	49,00
MURO CONCRETO ARMADO 2 CARAS	UN	1,00	M3	11,50
VIBRADO DE CONCRETO	UN	1,00	M3	11,50
RELLENO CON PLANCHA - RANA	UN	1,00	M3	400,00
<b>PORTERÍA</b>				
<b>MAMPOSTERÍA PORTERÍA</b>				
REPLANTEO MAMPOSTERIA	UN	1,00	ML	166,07
MAMP. EXTRUBLOCK FACHADA M2	UN	1,00	M2	155,54
MAMP. EXTRUBLOCK FACHADA ML	UN	1,00	ML	102,41
MAMP. EXTRUBL FACH ALTURAS M2	UN	1,00	ML	28,70
MAMP. H-10 M2	UN	1,00	M2	72,00
MAMP. H-10 ML	UN	1,00	ML	28,57
MAMP. H-15 M2	UN	1,00	M2	41,57
MAMP. H-15 ML	UN	1,00	ML	12,00
VANOS MAMPOSTERIA	UN	1,00	M2	25,92
GROUTING = CASTILLOS	UN	1,00	ML	142,00
PISANTE MAMPOSTERIA EXTRUBLOCK	UN	1,00	ML	131,91
<b>FRISO JARDINERAS DE PORTERÍA</b>				
FRISO INTERNO M2	UN	1,00	M2	116,11
FRISO INTERNO ML	UN	1,00	ML	20,50
DILATACION FRISO	UN	1,00	ML	19,60

Actividad		Cant. contrato	Unid a pagar	Cantidad parcial
FILOS INTERNOS	UN	1,00	ML	9,80
AFINADO PISO - MORTERO	UN	1,00	M2	19,45
<b>ESTRUCTURA PORTERÍA</b>				
ZAPATA REFORZADA	UN	1,00	M3	20,00
MURO CONCRETO ARMADO 2 CARAS	UN	1,00	M3	39,00
VIBRADO DE CONCRETO	UN	1,00	M3	59,00
ANTEPISO CONCRETO NIVELADO	UN	1,00	M2	208,75
VIGA AEREA	UN	1,00	ML	171,65
MESON EN CONCRETO	UN	1,00	ML	8,66
IMPERMEABILIZACION ASFALTO	UN	1,00	M2	84,26
COLUMNETA FORMALETEADA 2 CARAS	UN	1,00	ML	16,50
ESCALERA EN CONCRETO REFORZADO	UN	1,00	M2	20,52
DINTEL SOLO HIERRO	UN	1,00	ML	10,45
DINTEL DESCOLGADO	UN	1,00	ML	4,00
<b>JARDINERAS EXTERIORES PORTERÍA</b>				
EXCAVACION A MANO	UN	1,00	M3	2,66
CONCRETO CICLOPEO	UN	1,00	M3	2,00
REPLANTEO MAMPOSTERIA	UN	1,00	ML	35,75
MAMP. EN EXTRUBLOCK ML	UN	1,00	ML	30,26
PISANTE MAMPOSTERIA EXTRUBLOCK	UN	1,00	ML	32,32
MAMP. H-10 ML	UN	1,00	ML	8,59
SARDINEL EN LADRILLO DE BARRO	UN	1,00	ML	3,43
<b>MUROS DE CONTENCIÓN COSTADO VIVERO</b>				
EXCAVACION A MANO	UN	1,00	M3	104,00
RELLENO CON PLANCHA - RANA	UN	1,00	M3	216,00
ZAPATA REFORZADA	UN	1,00	M3	40,33
MURO CONCRETO ARMADO 2 CARAS	UN	1,00	M3	59,39
VIBRADO DE CONCRETO	UN	1,00	M3	99,72
IMPERMEABILIZACION ASFALTO	UN	1,00	M2	163,50
<b>MAMPOSTERÍA EN SÓTANO 2</b>				
<b>ANTEPECHOS SOT-2 COSTADO CARR ANTIGUA</b>				
MAMP. H-10 M2	UN	1,00	M2	181,58
COLUMNETA FORMALETEADA 2 CARAS	UN	1,00	ML	44,10
FRISO INTERNO M2	UN	1,00	M2	363,16
FRISO INTERNO ML	UN	1,00	ML	201,76
DILATACION FRISO	UN	1,00	ML	243,84
FILOS INTERNOS	UN	1,00	ML	403,52
<b>LOCKERS Y BUITRÓN WC SOT-2 TORRES 1,2,3,4</b>				
REPLANTEO MAMPOSTERIA	ML	37,45	UN	4,00
MAMP. H-10 M2	M2	102,11	UN	4,00

Actividad		Cant. contrato	Unid a pagar	Cantidad parcial
MAMP. H-10 ML	ML	14,00	UN	4,00
ANCLAJE MAMPOSTERIA	UN	296,00	UN	4,00
FRISO INTERNO M2	M2	193,03	UN	4,00
FRISO INTERNO ML	ML	85,00	UN	4,00
VANOS FRISO	M2	12,60	UN	4,00
FILOS INTERNOS	ML	24,75	UN	4,00
DILATACION FRISO	ML	264,25	UN	4,00
DINTEL SOLO HIERRO	ML	6,30	UN	4,00
<b>PISCINAS</b>				
<i>PISCINA ADULTOS</i>				
EXCAVACION A MANO	UN	1,00	M3	55,56
RETIRO DE TIERRA	UN	1,00	M3	114,70
REPLANTEO MANUAL	UN	1,00	M2	304,65
CONCRETO CICLOPEO	UN	1,00	M3	26,00
CONCRETO DE LIMPIEZA	UN	1,00	M2	304,65
VIGA DE AMARRE CIMIENTO	UN	1,00	M3	46,80
PLACA TANQUE	UN	1,00	M2	229,36
MURO CONCRETO ARMADO 2 CARAS	UN	1,00	M3	23,82
VIBRADO DE CONCRETO	UN	1,00	M3	116,50
RELLENO CON PLANCHA - RANA	UN	1,00	M3	80,00
FILTRO CON MANGUERA	UN	1,00	ML	85,00
IMPERMEABILIZACION ASFALTO	UN	1,00	M2	123,23
<i>PISCINA NIÑOS</i>				
EXCAVACION A MANO	UN	1,00	M3	2,95
RETIRO DE TIERRA	UN	1,00	M3	11,64
REPLANTEO MANUAL	UN	1,00	M2	57,81
CONCRETO DE LIMPIEZA	UN	1,00	M2	57,81
VIGA DE AMARRE CIMIENTO	UN	1,00	M3	4,92
PLACA TANQUE	UN	1,00	M2	47,97
MURO CONCRETO ARMADO 2 CARAS	UN	1,00	M3	2,75
VIBRADO DE CONCRETO	UN	1,00	M3	17,26
RELLENO CON PLANCHA - RANA	UN	1,00	M3	14,00
FILTRO CON MANGUERA	UN	1,00	ML	25,00
IMPERMEABILIZACION ASFALTO	UN	1,00	M2	16,03
<i>AREA ALREDEDOR DE PISCINAS</i>				
ANTEPISO CONCRETO NIVELADO	UN	1,00	M2	553,00
<b>VIAS</b>				
<i>RAMPA VEHICULAR SOTANOS</i>				
EXCAVACION A MANO	UN	1,00	M3	24,51
RETIRO DE TIERRA	UN	1,00	M3	32,67

Actividad		Cant. contrato	Unid a pagar	Cantidad parcial
RELLENO CON PLANCHA - RANA	UN	1,00	M3	13,64
REPLANTEO MANUAL	UN	1,00	M2	92,00
CONCRETO DE LIMPIEZA	UN	1,00	M2	39,37
ZAPATA REFORZADA	UN	1,00	M3	2,75
VIGA DE AMARRE CIMIENTO	UN	1,00	M3	21,73
COLUMNA CONCRETO < 0.20 M2	UN	1,00	M3	3,15
VIGA DESCOLGADA	UN	1,00	ML	63,95
HUECOS ANCLAJE	UN	1,00	UN	28,00
PLACA MACIZA	UN	1,00	M2	105,88
PLACA ALIGERADA CON CASETON	UN	1,00	M2	56,65
PLACA PISO EN CONCRETO	UN	1,00	M2	39,37
MURO METALEX	UN	1,00	M2	42,06
SARDINEL / BORDILLO	UN	1,00	ML	22,93
VIBRADO DE CONCRETO	UN	1,00	M3	72,08
MAMP. H-15 ML	UN	1,00	ML	5,85
<i>ESCALERAS PLAZOLETA T-1 A CANCHA</i>				
RELLENO CON PLANCHA - RANA	UN	1,00	M3	56,00
ESCALERA SOBRE TIERRA	UN	1,00	M2	12,80
IMPERMEABILIZACION ASFALTO	UN	1,00	M2	56,00
<i>ESCALERAS RAMPA A SOT-2</i>				
ESCALERA EN CONCRETO REFORZADO	M2	8,63	UN	1,00
COLUMNETA FORMALETEADA 2 CARAS	ML	1,25	UN	4,00
MAMP. H-15 M2	UN	1,00	M2	8,63

Fuente: MARVAL, R-ING-002 Torres de Monterrey, 2005.

**Tabla 10. Cantidades para la creación del contrato de vías peatonales**

Actividad		Cant. contrato	Unid a pagar	Cantidad parcial
<i>ANDEN TRANSVERSAL 93</i>				
REPLANTEO ANDEN	UN	1,00	M2	930,00
ANDEN EN CONCRETO	UN	1,00	M2	930,00
SARDINEL EN CONCRETO	UN	1,00	ML	89,50
DEMOLICION PAVIMENTO	UN	1,00	M2	182,15
EXCAVACION A MANO	UN	1,00	M3	100,00
RETIRO DE TIERRA	UN	1,00	M3	150,00
ADOQUÍN	UN	1,00	M2	930,00
ADOQUÍN (sobre rampa entrada)	UN	1,00	M2	66,00
<i>SEPARADOR PORTERÍA</i>				
ANDEN EN CONCRETO ESCOBIADO	UN	1,00	M2	4,68
SARDINEL EN CONCRETO	UN	1,00	ML	14,40

Actividad		Cant. contrato	Unid a pagar	Cantidad parcial
<i>ANDENES INTERIORES URBANISMO</i>				
ANDEN EN CONCRETO ESCOBIADO	UN	1,00	ML	26,19
ANDEN EN CONCRETO	UN	1,00	ML	16,00

Fuente: MARVAL, R-ING-002 Torres de Monterrey, 2005.

**Tabla 11. Cantidades para las adiciones al contrato de mampostería**

Actividad		Cant. contrato	Unid a pagar	Cantidad parcial
<i>CERRAMIENTO COSTADO VIVERO</i>				
REPLANTEO MANUAL	M2	1,00	M2	68,10
EXCAVACION A MANO	M3	1,00	M3	27,00
VIGA DE AMARRE CIMIENTO	ML	1,00	ML	300,00
MAMP. EN EXTRUBLOCK M2	M2	1,00	M2	427,28
MAMP. EN EXTRUBLOCK ML	ML	1,00	ML	290,25
PISANTE MAMPOSTERIA EXTRUBLOCK	ML	1,00	ML	340,88
GROUTING = CASTILLOS	ML	1,00	ML	729,00
ACTIVIDAD AYUDANTE	UN	1,00	UN	1,00
<i>CERRAMIENTO SUR</i>				
REPLANTEO MANUAL	M2	1,00	M2	15,35
EXCAVACION A MANO	M3	1,00	M3	6,91
VIGA DE AMARRE CIMIENTO	ML	1,00	ML	76,77
MAMP. EN EXTRUBLOCK M2	M2	1,00	M2	180,41
PISANTE MAMPOSTERIA EXTRUBLOCK	ML	1,00	ML	76,77
GROUTING = CASTILLOS	ML	1,00	ML	145,60
<i>CERRAMIENTO CORONA TALUD</i>				
REPLANTEO MANUAL	M2	1,00	M2	153,08
EXCAVACION A MANO	M3	1,00	M3	91,85
VIGA DE AMARRE CIMIENTO	ML	1,00	ML	306,15
MAMP. EN EXTRUBLOCK M2	M2	1,00	M2	321,46
PISANTE MAMPOSTERIA EXTRUBLOCK	ML	1,00	ML	306,15
GROUTING = CASTILLOS	ML	1,00	ML	307,50
MURO EN CICLOPEO 1 CARA	M3	1,00	M3	73,48
<i>CERRAMIENTO PIE TALUD CARR. ANTIGUA</i>				
REPLANTEO MANUAL	M2	1,00	M2	61,20
EXCAVACION A MANO	M3	1,00	M3	27,54
VIGA DE AMARRE CIMIENTO	ML	1,00	ML	306,00
MAMP. EN EXTRUBLOCK ML	ML	1,00	ML	275,40
PISANTE MAMPOSTERIA EXTRUBLOCK	ML	1,00	ML	275,40
COLUMNETA FORMALETEADA 2 CARAS	ML	1,00	ML	107,80

Fuente: MARVAL, R-ING-002 Torres de Monterrey, 2005.

### 3.7 SELECCIÓN Y CONTROL DE FLEXÓMETROS MANUALES

Una de las actividades que comprende el control de calidad en obra, es la selección y control de equipos de inspección, medición y ensayo. En este grupo de equipos, está contemplado el flexómetro manual, la herramienta más común en la obra, que portan casi todos los oficiales, maestros, almacenistas e ingenieros de la obra.

En la inspección que se realiza a los flexómetros manuales, se verifica la precisión de los mismos de acuerdo a los siguientes criterios:

- Para elementos de medición de 3 metros, el criterio de rechazo es de  $\pm 1$  mm.
- Para elementos de medición de 5 metros o más, el criterio de rechazo es de  $\pm 3$  mm.
- De acuerdo al estado de limpieza y desgaste en que se encuentren (que los números y la marcación milimétrica sea legible).

Para revisar la precisión milimétrica de los flexómetros, se utiliza como patrón un metro metálico calibrado que hay en la obra. Cuando los flexómetros no son aceptados, son retenidos y destruidos para obligar a su reemplazo. En todas las revisiones que se hicieron, no se rechazó ningún flexómetro por ninguna de las dos primeras causas; todos fueron rechazados por desgaste. En la figura 50 se observa una muestra de ejemplares típicos que se retuvieron en las revisiones que se hicieron, y vale la pena resaltar el de la figura 51.

**Figura 50. Flexómetros rechazados por desgaste**



Fuente: Fotografía tomada por Juan Diego García López.

**Figura 51. Flexómetro rechazado por desgaste total**



Fuente: Fotografía tomada por Juan Diego García López.

Los flexómetros mostrados en las figuras anteriores son solo una muestra de los flexómetros que son rechazados, todos por desgaste. La cantidad de ejemplares como estos que se retuvieron en la primera inspección fue mucho mayor a las demás, ya que antes de esta solo se revisaba una cantidad muy pequeña de flexómetros, inclusive mayor que la segunda revisión donde se revisaron más flexómetros. Esto es apenas obvio ya que todo el personal al que se le retuvo el flexómetro quedó obligado a reponerlo. En la tabla 13 se puede observar la cantidad de flexómetros revisados y retenidos por meses.

**Tabla 12. Flexómetros revisados y rechazados por mes**

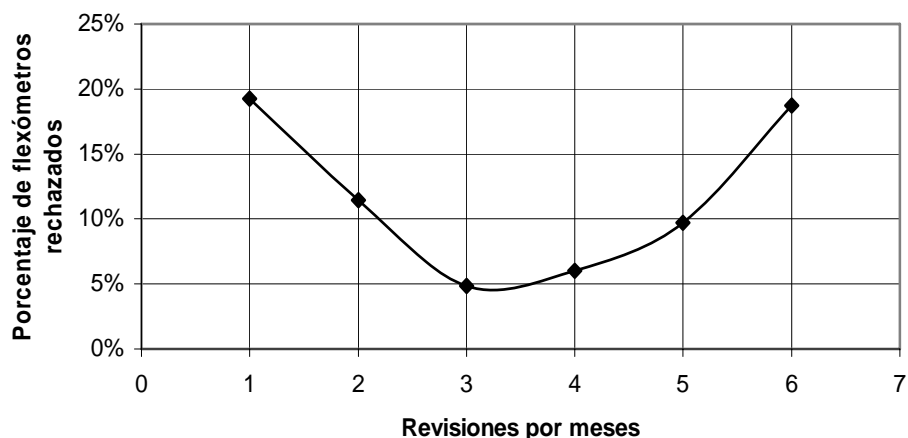
Revisión No.	Mes	Cantidad de flexómetros revisados	Cantidad de flexómetros rechazados	% rechazados
1	Abril	109	21	19%
2	Mayo	131	15	11%
3	Junio	41	2	5%
4	Julio	50	3	6%
5	Agosto	72	7	10%
6	Septiembre	16	3	19%
	TOTAL	419	51	12%

De la tabla anterior se hizo una gráfica de tendencia del porcentaje de flexómetros desgastados encontrados en cada revisión (ver figura 52), en donde se puede apreciar claramente que si ahora en octubre se realizara una revisión completa de todos los flexómetros seguramente se retendrían muchos ejemplares, tantos como en la revisión de abril. La importancia de esta revisión, es la de asegurar herramientas confiables en obra, ya

que con elementos de medición como los de las figuras 50 y 51 resulta muy difícil dar una medida exacta y obtener productos terminados de las dimensiones especificadas.

De cierta manera atrevida, a partir de la figura anterior, se podría decir que la frecuencia para la revisión de los flexómetros se puede disminuir a una cada 3 meses, ya que es luego de este tiempo donde la curva vuelve a levantarse. Esto con el fin de reducir el tiempo que se le dedica a esta tarea que demanda mucho tiempo para una obra como Torres de Monterrey.

**Figura 52. Tendencia del porcentaje de flexómetros desgastados**



### 3.8 REVISIÓN PREENTREGA

La revisión preentrega es una revisión muy minuciosa que se hace 4 días antes de la entrega de una vivienda. La entrega de apartamentos en Torres de Monterrey comenzó desde el 30 de septiembre del 2005, y a todos los apartamentos programados para entrega se les ha hecho esta revisión en su debido momento. En este chequeo se verifica la conformidad de todos los detalles de acabados y especificaciones técnicas del apartamento, de acuerdo a la lista de la tabla 13.

**Tabla 13. Aspectos que se revisan en la revisión preentrega**

<b>Puertas</b>
Al cerrar las puertas deben ajustan suavemente, sin ruidos
La madera es pareja, sin rayaduras, lisa.
Desde adentro poner seguro a la chapa, no se debe poder abrir desde afuera
La pintura debe ser pareja, sin manchones.
El borde de la puerta está bien terminado.

<b>Ventanas</b>
Las ventanas abren y cierran bien, suavemente, no quedan luces con el marco al cerrarlas.
Si se les coloca el seguro, no se pueden abrir
El sello de silicona esta bien puesto, sin bultos, no deja luces con los bordes de los muros, la ventana esta bien fijada.
<b>Closets</b>
Al cerrar las puertas deben ajustar suavemente, sin ruidos, sin luces.
La madera debe ser pareja, sin rayones.
La pintura debe ser pareja, sin manchones
Los cajones deben cerrar y abrir fácilmente.
Los entrepaños y el cuelga ropa deben estar completamente horizontales, la madera no debe estar pandeada.
Borde de la puerta bien terminados.
Manijas bien instaladas.
<b>Baños</b>
Los aparatos sanitarios están bien pegados, el biscocho del inodoro esta bien sujeto; la tapa se sostiene sola al levantarla, igual que el biscocho
Las incrustaciones sanitarias están bien pegadas, sin luces ni fisuras y limpias.
La llave del lavamanos y la ducha abren suavemente, quedan bien cerradas, no tienen fuga de agua.
El color de los aparatos sanitarios y las incrustaciones es el mismo
Aparatos sanitarios e incrustaciones sin fisuras, rayones o desportillados
El lavamanos no tiene fuga en el empaque
El tapón del lavamanos cierra y abre bien y fácilmente.
El inodoro baja completamente, la manija esta bien ajustada y regresa a su lugar al soltarla
La división de baño abre y cierra bien, suavemente, queda bien ajustada, sin luces, el agua no se sale de la ducha, esta bien ajustada a la pared y al piso.
<b>Cocina</b>
El mesón no tiene rayones, bien pegado.
Si el mesón es enchapado, la brecha es completa, sin manchones.
El pegue entre el lavaplatos y el mesón no deja pasar el agua
Al derramar agua en el mesón, va hacia el lavaplatos y no a las esquinas ni se empoza
El mesón esta completamente horizontal, tiene una altura conveniente
Las puertas y cajones de los muebles ajustan bien, abren y cierran suavemente, no quedan luces, permiten maniobrar bien.
Interior de los muebles de cocina completos (rejilla, platillero, etc.)
El lavaplatos esta bien pegado, sin rayones ni desportillado
La llave del lavaplatos abre y cierra bien, no gotea, no salpica, sale suficiente agua, no tiene fuga bajo el mesón.
La pintura de los muebles es pareja.
La superficie de los muebles es lisa, sin rayaduras, ni torceduras.
La parte superior de los muebles están limpios.
<b>Pisos y enchapes</b>
La cerámica es del mismo tono
La cerámica de pisos, guarda escobas y enchapes de baños y cocinas esta completa, sin bordes rotos
Las brechas están completas y sin manchas, son parejas
Los pisos están alineados respecto a la pared (paralelos)
Los enchapes están verticales respecto a piso y techo (a plomo)
El piso de la ducha, baño y patio tiene una buena pendiente, que permita que el agua llegue al sifón sin empozarse
Si se entrega en concreto, que este liso, sin abolladuras, ni huecos
En patio, baño, etc, las rejillas están bien sujetas, completas
<b>Aparatos eléctricos</b>
Los aparatos eléctricos están colocados a alturas y distancias convenientes

Están bien sujetos a la pared
Son de color uniforme
Están paralelos al piso (a nivel)
Encienden y apagan bien las luces, los enchufes funcionan.
Funcionan los suiches
Las cajas externas ajustan bien, no están torcidas ni oxidadas, la pintura es pareja y la superficie lisa
Los tacos de la luz son fácilmente manipulables.
Los plafones de la luz están bien pegados, sin luces, ubicados convenientemente y están limpios
Están lejos de el agua
<b>Carpintería metálica</b>
Esta bien ajustada al piso y la pared
La pintura es pareja
La superficie es lisa
No esta oxidada
No tiene partes sueltas
Remate de soldadura sin rebaba
<b>Muros y fachada</b>
La pintura es pareja, sin manchones
Los muros están lisos y terminan en esquinas lisas
En muros en ladrillo limpio, tienen la brecha en cemento pareja, hiladas horizontales y libres de cemento.
Los filos están completos, sin golpes, ni escarapelados, bien alineados.
El color de la pintura es el mismo en la vivienda
No hay fisuras
No hay humedades
Las dilataciones están bien marcadas, rectas
<b>Cubiertas</b>
Placa con pintura pareja, sin manchones
Placa sin fisuras ni humedades
Machimbre de color homogéneo, y limpio.
Machimbre sin fisuras, completo, sin humedades
Buen ajuste del machimbre a los muros y las vigas.
Vigas alineadas (paralelas)
<b>Aseo</b>
Pisos, carpintería metálica, ventanas, divisiones de baño, etc sin manchones de pintura
Paredes limpias, sin mugre
Libre de escombros, materiales, desperdicios toda la vivienda
Aseo en general completo y bien hecho
<b>Servicios públicos</b>
Contadores de servicios públicos instalados.

Fuente: MARVAL, 2005.

### 3.9 ENTREGA DE VIVIENDAS

Para la entrega de apartamentos en Torres de Monterrey, Marval institucionalizó dentro de su sistema de gestión de la calidad, que los apartamentos deben ser entregados por los ingenieros auxiliares y/o el residente de obra, con la filosofía de que son ellos quienes han estado presentes durante todo el proceso constructivo de la urbanización, con el fin de

explicarle al cliente cada detalle de su vivienda y poder resolver cualquier duda técnica o informativa del cliente, y dado el caso también para dar solución inmediata a cualquier no conformidad que salga a brote en el momento de la entrega. Hasta el momento el practicante de ingeniería entregó 15 apartamentos y todos fueron recibidos por el cliente con satisfacción.

### **3.10 CONTROL DE CALIDAD POR PARTE DE LOS CONTRATISTAS**

El control de calidad que se ejerce en Marval, no es solo por parte de los ingenieros auxiliares y residentes de obra de la empresa. También se le exige a los contratistas que revisen el trabajo de su gente, de acuerdo a unos formatos donde se especifican los aspectos a revisar para cada actividad. Este formato se le revisa periódicamente a los contratistas para verificar que estén cumpliendo con su labor de ser también jueces de su propio trabajo y comprometerlos de esta manera con la calidad de la construcción.

## 4. CALIDAD DE MATERIALES CRÍTICOS

Los materiales críticos en el sistema túnel son el concreto y el acero; este último representado en mallas de grafil y barras de refuerzo corrugado. Es de vital importancia verificar la calidad de estos materiales ya que de la resistencia de estos depende la capacidad de la estructura para resistir movimientos sísmicos.

El control de calidad de estos materiales está reglamentado por la NSR-98 y así mismo por el Sistema de gestión de calidad de MARVAL en el *Plan de control de calidad de materiales*. En este se determina que a los proveedores de materiales se le exigirán resultados de los ensayos que realizan a sus productos.

### 4.1 CONCRETO

Según la NSR-98 un concreto se considera conforme cuando se cumplen las dos condiciones siguientes, del numeral C.5.6.2.3 de la norma:

- (a) Que los promedios aritméticos de todos los conjuntos de tres resultados consecutivos de ensayos de resistencia iguallen o excedan el valor nominal especificado para  $f'c$ .
- (b) Que ningún resultado individual de los ensayos de resistencia, tenga una resistencia inferior en 3,5 MPa ( $35 \text{ kg/cm}^2 = 500 \text{ psi}$ ), o más, a  $f'c$ .

En el instructivo del *Plan de control de calidad de materiales* de Marval, se especifica que un concreto es conforme si obtiene una resistencia a la compresión a los 28 días igual o superior al  $f'c$  especificado en planos. Cuando el resultado a los 28 días no cumple con este requisito, se solicita al proveedor de concreto hacer pruebas de esclerómetro en todos los elementos fundidos con ese mismo concreto para analizar la resistencia de estos.

La prueba de esclerómetro (o *Rebound Hammer*, ver figura 53) es un método no destructivo utilizado para medir de manera aproximada la resistencia del concreto, de acuerdo al número de rebotes del aparato luego de liberar cierta energía con un golpe sobre algún elemento en concreto. El método es normalizado por la ASTM. Los proveedores de concreto ofrecen esta

prueba sin costo alguno para satisfacer cualquier duda o inquietud de sus clientes con respecto a la calidad de sus productos.

**Figura 53. Esclerómetro calibrado de Cemex.**



Fuente: Fotografía tomada por Juan Diego García López.

De acuerdo a los dos criterios anteriores para la aceptación del concreto (el de la NSR-98 y el del S.G.C. de Marval), se diseñó una hoja de cálculo para llevar el control de los resultados de resistencia de los concretos, organizando conjuntamente los resultados entregados por el proveedor y los resultados de los ensayos de resistencia de las muestras extraídas en obra (ver Anexo D).

En lo que va corrido del año, se han hecho 328 ensayos de resistencia del concreto de la obra Torres de Monterrey, distribuidos tal y como se muestra en la tabla 14.

En esta tabla,  $n$  es el número de ensayos por tipo de concreto,  $S$  es la desviación estándar,  $V$  es el coeficiente de variación calculado como  $S \cdot 100 / \text{media}$  y  $R$  es el rango de resultados de un mismo tipo de concreto calculado como la diferencia entre el resultado máximo y el mínimo.

**Tabla 14. Resultados generales de pruebas de resistencia del concreto**

$f_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	280	245	210	36
$n$	45	8	274	1
media (kg/cm <sup>2</sup> )	335	301	276	50
$S$ (kg/cm <sup>2</sup> )	44	48	39	
$V$	13%	16%	14%	
máx (kg/cm <sup>2</sup> )	431	403	391	50
mín (kg/cm <sup>2</sup> )	203	259	147	50
$R$ (kg/cm <sup>2</sup> )	228	144	244	

De acuerdo a los valores de desviación estándar  $S$ , los concretos de 210 kg/cm<sup>2</sup> (3000 psi), son concretos que indican un grado de control calificado como “bueno”, según la tabla 15. Diferente a los resultados de los concretos de 280 kg/cm<sup>2</sup> (4000 psi) en donde la calificación quedaría como “aceptable”. De los concretos de 245 y 36 kg/cm<sup>2</sup> (3500 psi y el Pavicreto respectivamente), no hay suficientes resultados como para hacer algún juicio acertado, ya que la NSR-98 habla de un mínimo de 30 ensayos para el análisis estadístico.

**Tabla 15. Desviación estándar para diferentes grados de control en pruebas de control de campo (en obra o planta)**

Excelente	Muy bueno	Bueno	Aceptable	Pobre
por debajo de 25	de 25 a 35	de 35 a 40	de 40 a 50	sobre 50

Fuente: INSTITUTO DEL CONCRETO, 2004.

Según el Instituto del Concreto de ASOCRETO, de acuerdo con la experiencia, la calificación de los grados de control de la tabla 15, maneja de manera aproximada las siguientes situaciones para el control de campo:

- Excelente: caracteriza la producción de concreto certificado en plantas automatizadas con mezclado central.
- Muy bueno: caracteriza la producción de concreto certificado en plantas con sistemas de dosificación manual con mezclado central.
- Bueno: caracteriza la producción del concreto certificado en plantas dosificadoras automatizadas sin mezclado central.
- Aceptable: caracteriza la producción de concreto en plantas dosificadoras manuales sin mezclado central.
- Deficiente: caracteriza la producción de concreto con sistemas de dosificación volumétrico.

Para el caso de las plantas que proveen de concreto a Marval, la dosificación es automatizada y el mezclado no es central; este se hace en los camiones mezcladores durante el transporte del concreto, lo cual es el caso de las plantas con calificación “bueno”. En definitiva, se puede calificar el grado de control en la producción del concreto de los proveedores de la obra Torres de Monterrey como “bueno”.

A partir de la lista del Anexo D, se hace una ampliación de los casos especiales, que son los concretos que aparecen resaltados con color.

- Muestra 13, del 14-ene-05: el resultado a los 28 días no corresponde con el valor a los 7 días, ni tampoco con la tendencia de los concretos del día anterior y el posterior. Se probó con esclerómetro y se verificó que la resistencia sí cumple.
- Muestras 91, 114, 248 y 260 del 17-Feb-05, 2-Mar-05, 29-Jun-05 y 12-Jul-05 respectivamente: los resultados cumplen con la NSR-98 y no alcanzan a cumplir con el S.G.C. de Marval por proporción muy pequeña, inferiores al 3%, por la cual se aceptaron los concretos si necesidad de más pruebas.
- Muestras 58, 88, 206, 265 y 298 del 1-Feb-05, 16-Feb-05, 20-May-05, 19-Jul-05 y 10-Ago-05 respectivamente: los resultados cumplen con la NSR-98 pero no con el S.G.C. de Marval; se probaron con esclerómetro y se obtuvieron resistencias superiores al f'c especificado.
- Muestra 101, del 25-Feb-05: el resultado NO cumple con el numeral C.5.6.2.3 (b) de la NSR-98 ni con el S.G.C. de Marval; se probó con esclerómetro y se obtuvo una resistencia superior al f'c.
- Muestra 156, del 19-Abr-05: el resultado NO cumple con el numeral C.5.6.2.3 (a) de la NSR-98 ni con el S.G.C. de Marval; se probó con esclerómetro y además se ensayaron dos cilindros testigos que se tenían y se verificó que la resistencia es superior, cumpliendo prácticamente con todos los criterios (ver figura 54).

Todos los concretos que llegan a la obra se registran en el formato de *Control para la recepción, toma de pruebas y resultados de materiales críticos* (R-ING-004) de Marval. Aquí se debe diligenciar clara y específicamente el lugar destino del concreto, de tal manera que permita hacer una trazabilidad acertada para cualquier viaje de concreto que haya entrado a la obra.

**Figura 54. Ensayo a cilindros testigos de la muestra 156 del 19 de abril del 2005**



Fuente: Fotografía tomada por Juan Diego García López.

De acuerdo al estudio anterior, se puede afirmar que el concreto utilizado en la obra Torres de Monterrey durante el presente año es un concreto conforme para los requisitos mínimos de resistencia sísmica.

Como se dijo en un párrafo anterior de este aparte, algunos de los ensayos anteriores fueron realizados por los proveedores de concreto y otros en un laboratorio externo certificado, contratado por Marval. De las 328 muestras de concreto, hubo 10 casos en los cuales coincidió que del mismo viaje de concreto se sacó muestra en la planta de concreto y en la obra. Es interesante analizar la variación de los resultados, para demostrar de cierta manera la diferencia del concreto en la planta y del concreto que llega a la obra (ver tabla 16). Estos son concretos todos de 3000 psi.

**Tabla 16. Comparación resistencia de concreto de 3000 psi en planta vs. en obra**

Fecha de fundida	Resultado de Concreto en Planta (psi)	Resultado de concreto en Obra (psi)	Diferencia (psi)
19-Ene-05	4110	3088	1022
01-Feb-05	3420	2717	703
11-Feb-05	3720	3021	699
17-Feb-05	4110	2937	1173
20-May-05	3840	3239	601
23-Jun-05	4200	3919	281
29-Jun-05	4320	2999	1321
12-Jul-05	3960	2992	968
02-Ago-05	3557	3021	536
10-Ago-05	4129	2792	1337
		<i>media</i> =	864
		<i>máx.</i> =	1337
		<i>mín.</i> =	281
		<i>R</i> =	1056
		<i>S</i> =	337
		<i>V</i> =	39%

Además de que el número de ensayos es muy reducido ( $n = 10$ ), de la tabla 16 se puede observar que el coeficiente de variación es muy alto, por lo cual no se puede tomar el valor promedio como una diferencia en la resistencia entre el concreto en planta y el concreto en obra, pero sí es claro que el concreto durante su transporte sufre cambios que afectan la resistencia del mismo.

La variación en la diferencia de la resistencia puede deberse al tiempo de transporte, al tamaño de las partículas del agregado, a la plasticidad del concreto y obviamente, a los aditivos.

Este es un tema que da para una investigación más profunda, pues sería muy útil hallar una correlación entre la resistencia del concreto en planta y la del concreto recibido en obra.

## 4.2 ACERO

El *Plan de control de calidad de materiales* de Marval indica que se deben sacar 2 muestras de cada pedido de acero igual o superior a 2 ton que llegue a una obra.

El acero utilizado en obra se puede clasificar básicamente como acero en barras de refuerzo corrugado y el acero en malla electrosoldadas.

#### 4.2.1 Barras de refuerzo corrugado

En este año se han sacado 87 muestras de barras de refuerzo corrugado con un esfuerzo de fluencia de diseño ( $f_y$ ) de 4200 kg/cm<sup>2</sup> (420 MPa = 60.000 psi), las cuales han sido ensayadas arrojando los resultados totales resumidos en la tabla 17.

**Tabla 17. Cuadro resumen de resultados de barras corrugadas**

$f_y$ (kg/cm <sup>2</sup> )	4200
$N$	87
$media$ (kg/cm <sup>2</sup> )	4767,32
$S$ (kg/cm <sup>2</sup> )	264,38
$V$	5,55%
$máx$ (kg/cm <sup>2</sup> )	5268,10
$mín$ (kg/cm <sup>2</sup> )	3711,30
$R$ (kg/cm <sup>2</sup> )	1556,90

De las 87 muestras que se sacaron solo una arrojó un resultado por debajo del  $f_y$  especificado, lo que indica que el acero es un material en el cual se manejan factores de seguridad altos.

Para verificar el cumplimiento de la resistencia de la muestra cuyo resultado fue inferior al  $f_y$ , bastó con revisar los demás resultados de las muestras del mismo día (del mismo lote), los cuales figuran en la tabla 18.

**Tabla 18. Resultados de las muestras de acero de barras del 13 de abril del 2005**

Diámetro (pulg.)	$f_y$ real (MPa)
3/4	495,30
3/4	499,70
3/4	501,70
3/4	501,70
3/4	494,30
3/4	501,10
3/4	493,00
3/4	487,50

Diámetro (pulg.)	$f_y$ real (MPa)
3/4	481,20
3/4	478,90
3/8	512,71
3/8	509,15
3/8	506,82
3/8	525,80
3/8	516,89
3/8	526,81
3/8	517,39
3/8	496,94
3/8	505,96
3/8	507,80
5/8	371,12
5/8	493,00
5/8	496,60
5/8	480,80

Fuente: U.P.B., 2005.

Además, el coeficiente de variación  $V$  de los resultados de todas las muestras es bajo (ver tabla 17), lo que indica que en la producción de las barras de acero corrugado existe un grado de control alto, además de que es un material más homogéneo que el concreto. Se puede afirmar con seguridad que el acero utilizado en la obra Torres de Monterrey es un insumo que cumple con los requisitos de calidad del S.G.C. de Marval.

#### 4.2.2 Mallas electrosoldadas

Para la aceptación de las mallas electrosoldadas se han sacado 118 muestras. Para el ensayo de materiales críticos Marval contrata al laboratorio de la Universidad Pontificia Bolivariana (U.P.B.), que es el único laboratorio certificado por el ICONTEC para realizar este tipo de ensayos en la zona. La máquina del laboratorio de la U.P.B. es una máquina universal *Shimadzu* de 50 ton, la cual no arroja valores del  $f_y$  cuando es configurada para ensayar mallas, pero sí arroja el valor de resistencia máxima. En la tabla 19 se pueden observar el análisis estadístico de estos resultados.

Coincidentalmente, el coeficiente de varianza de los resultados de la resistencia máxima de las mallas electrosoldadas es el mismo que el de las barras de refuerzo corrugado.

**Tabla 19. Cuadro resumen de resultados de malla electrosoldada**

$f_y$ (kg/cm <sup>2</sup> )	4200
$N$	118
$media$ (kg/cm <sup>2</sup> )	6924,09
$S$ (kg/cm <sup>2</sup> )	759,10
$V$	5,55%
$máx$ (kg/cm <sup>2</sup> )	8835,59
$mín$ (kg/cm <sup>2</sup> )	4330,07
$R$ (kg/cm <sup>2</sup> )	6924,09

Para el diseño de estructuras en concreto reforzado, siempre se asume que la resistencia máxima del acero es igual al  $f_y$ , es decir, que cuando el acero empieza a fluir este “supuestamente” no aumenta su capacidad de resistir carga, lo cual en realidad no es cierto, pues es bien sabido que el acero, luego de alcanzar el  $f_y$  es capaz de resistir cargas mayores al  $f_y$  hasta llegar al esfuerzo máximo y luego al de rotura, el cual sí es más bajo que el máximo.

De los resultados obtenidos en las pruebas de resistencia de la malla electrosoldada, ninguna arrojó un resultado inferior al  $f_y$ , por lo cual se puede decir con seguridad que la malla electrosoldada utilizada en la obra Torres de Monterrey cumple con los requisitos de resistencia.

Además de estos ensayos de resistencia, es importante para el control de calidad del acero (para mallas y barras de refuerzo) verificar el diámetro de las varillas, con calibrador, responsabilidad que corre por cuenta del personal del almacén de la obra ya que son los encargados de recibir y aceptar los materiales de la obra de acuerdo a su estado y concordancia con las especificaciones dadas.

## 5. EFICIENCIA EN EL SISTEMA TÚNEL

### 5.1 MARCO TEÓRICO

Como ya se dijo en el numeral 1.2, la calidad no solo se refiere a la calidad física del producto terminado, sino también al precio, entre otras cosas, para poder ofrecer un producto viable y al alcance del cliente, que satisfaga las expectativas del cliente al menor costo<sup>1</sup>. Por esto es necesario hacer un uso óptimo de los materiales y del tiempo, para aprovechar al máximo los recursos disponibles. Este es el tema del **aporte de la práctica empresarial**: la eficiencia de la construcción en sistema túnel.

El objetivo de cualquier proceso productivo es lograr una alta productividad, lo que se consigue con una alta eficiencia y alta efectividad, como se observa en la figura 55.

Figura 55. Relación entre la eficiencia, efectividad y productividad

UTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS		
Pobre	Alta	
EFFECTIVO PERO INEFICIENTE	EFFECTIVO Y EFICIENTE <u>ÁREA DE ALTA</u> <u>PRODUCTIVIDAD</u>	Alto OBTENCIÓN DE LAS METAS
INEFECTIVO E INEFICIENTE	EFICIENTE PERO INEFECTIVO	Bajo

Fuente: BOTERO BOTERO, Luis Fernando y ÁLVAREZ VILLA, Martha Eugenia. EAFIT, 2004.

La eficiencia es entonces, el grado de utilización de los recursos, siendo estos materiales y tiempo. De acuerdo a lo anterior, se enfocó el estudio que se realizó en Torres de Monterrey

<sup>1</sup> SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE. Introducción a la calidad. Bucaramanga: SENA, 2004. p. 1

a dos frentes: (1) el rendimiento de la construcción en sistema túnel, y (2) el desperdicio del concreto, ya que es el insumo principal de la construcción de las torres.

Para la primera parte del estudio, se valoró la eficiencia como la relación entre la cantidad realizada sobre la cantidad ideal a realizar, en un periodo de tiempo dado. La recolección de la información se hizo de acuerdo al porcentaje de asignaciones completadas (PAC) por semana, propuesto por el profesor Glenn Barllard del *Lean Construction Institute* de Estados Unidos con la metodología del *last planner* (el último planificador). El PAC se define como el número de actividades completadas dividido por el número de actividades programadas. El número de actividades programadas se asumió como la cantidad ideal de construcción, en m<sup>2</sup> de construcción y/o m<sup>3</sup> de concreto.

De una manera mas amplia, se define la productividad en la construcción como "la medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un proyecto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado" (Serpell, 1999). El logro de la productividad involucra entonces la eficiencia y la efectividad, ya que no tiene sentido producir una cantidad de obra si ésta presenta problemas de calidad.<sup>1</sup> Por esto la importancia de la calidad en obra y los materiales, tratados en los capítulos anteriores.

## **5.2 INCIDENCIA EN EL PRESUPUESTO**

Primero se hizo un estudio para identificar las actividades que influyen más en el presupuesto de la obra, para enfocar este estudio a alguna de estas actividades. Se organizaron las actividades del presupuesto de la obra, de mayor a menor incidencia en el costo, y se hizo un diagrama de Pareto.

Para la obra Torres de Monterrey se manejan 4 presupuestos, dividiendo el presupuesto de toda la obra así:

- Torres 1, 2, 3 y 4
- Torres 5 y 7

---

<sup>1</sup> BOTERO BOTERO, Luis Fernando y ÁLVAREZ VILLA, Martha Eugenia. Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda (Lean construction como estrategia de mejoramiento). En: REVISTA Universidad EAFIT. Vol. 40, No. 136 (2004); p. 50-64.

- Torres 6 y 8
- Urbanismo

El presupuesto de las torres se subdivide en el presupuesto de lo que hace parte de viviendas tipo y en el presupuesto del altillo (segundo piso de los apartamentos pent-house), ya que la configuración de este es diferente al resto de apartamentos. Estas divisiones del presupuesto, y las anteriores, se hacen para facilitar el trabajo del departamento de Control y costos de presupuestos de Marval.

Para organizar la información y saber la incidencia de cada actividad en el valor total del presupuesto, se agruparon los presupuestos en 3 grupos: viviendas tipo (tabla 20), altillos (tabla 21) y urbanismo (tabla 22). Las actividades aparecen listadas de mayor a menor incidencia. Los valores en pesos de los presupuestos no son publicados ya que es información confidencial de la empresa pero se manejaron los porcentajes de incidencia, con previa autorización por parte de la empresa.

**Tabla 20. Incidencias por actividades en el presupuesto para viviendas tipo**

Prioridad	Descripción	% Incid.	% Incid. Acum
1	ESTRUCTURA	33,67%	33,67%
2	PISOS	10,14%	43,81%
3	EQUIPOS ESPECIALES	6,73%	50,54%
4	CARPINTERIA MADERA	6,49%	57,03%
5	INST ELECTRICAS	6,37%	63,40%
6	CARPINTERIA METALICA	5,40%	68,81%
7	INST HIDRAULICAS Y SANITARIAS	4,82%	73,62%
8	PINTURA	4,34%	77,96%
9	FRISOS	4,27%	82,23%
10	MUROS	3,84%	86,07%
11	APARATOS SANITARIOS	3,34%	89,41%
12	CIMENTACION	2,81%	92,22%
13	ADMINISTRACION	2,45%	94,67%
14	VARIOS	1,62%	96,29%
15	CUBIERTAS	1,32%	97,61%
16	ENCHAPES	1,14%	98,76%
17	PRELIMINARES	0,57%	99,32%
18	CERRAJERIA	0,34%	99,66%
19	DESAGUES E INST SUBTERRANEAS	0,34%	100,00%

Fuente: MARVAL, 2004.

**Tabla 21. Incidencias por actividades en el presupuesto para altillos**

Prioridad	Descripción	% Incid.	% Incid. Acum
1	ESTRUCTURA	29,70%	29,70%
2	PISOS	26,01%	55,70%
3	CARPINTERIA METALICA	11,99%	67,70%
4	FRISOS	8,60%	76,30%
5	MUROS	6,12%	82,42%
6	PINTURA	5,56%	87,99%
7	INST ELECTRICAS	3,31%	91,29%
8	VARIOS	2,93%	94,22%
9	CARPINTERIA MADERA	2,22%	96,44%
10	INST. HIDRAULICAS Y SANITARIAS	1,73%	98,17%
11	APARATOS SANITARIOS	1,23%	99,40%
12	ENCHAPES	0,43%	99,83%
13	CERRAJERIA	0,17%	100,00%

Fuente: MARVAL, 2004.

**Tabla 22. Incidencias por actividades en el presupuesto para urbanismo**

Prioridad	Descripción	% Incid.	% Incid. Acum
1	SOTANOS PARQUEADEROS	51,73%	51,73%
2	OBRAS EXTERIORES	17,11%	68,83%
3	REDES ELECTRICAS Y TELEFONICAS	11,73%	80,56%
4	MOVIMIENTO DE TIERRA	9,37%	89,93%
5	ACUEDUCTO	5,53%	95,46%
6	ALCANTARILLADO	2,05%	97,51%
7	PORTERIA	1,54%	99,05%
8	VIAS	0,51%	99,56%
9	PARQUES Y ZONAS VERDES	0,44%	100,00%

Fuente: MARVAL, 2004.

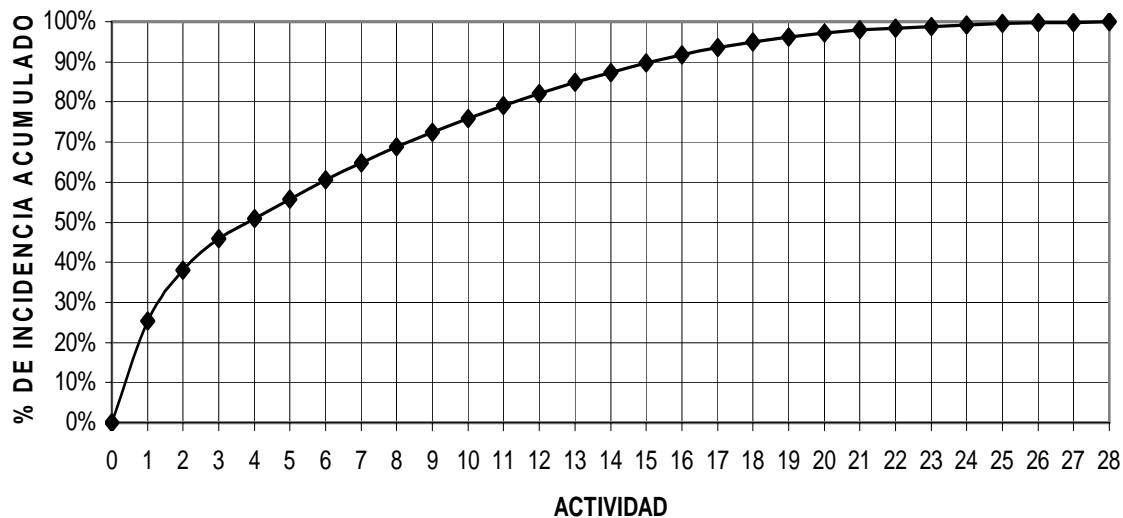
Para saber la incidencia de las actividades en el costo total de la obra, se agrupó la información anterior sumando el costo de actividades semejantes en los diferentes presupuestos y se halló el porcentaje correspondiente del presupuesto total. La información anterior se organizó de mayor a menor incidencia (tabla 23). En la figura 56 se puede observar el diagrama de Pareto del presupuesto total de la obra.

**Tabla 23. Incidencias por actividades en el presupuesto total de la obra Torres de Monterrey**

Prioridad	Descripción	% Incid.	% Incid. Acum
1	ESTRUCTURA	25,36%	25,36%
2	SOTANOS PARQUEADEROS	12,65%	38,02%
3	PISOS	7,94%	45,96%
4	EQUIPOS ESPECIALES	4,97%	50,92%
5	CARPINTERIA MADERA	4,83%	55,75%
6	INST ELECTRICAS	4,76%	60,51%
7	CARPINTERIA METALICA	4,20%	64,71%
8	OBRAS EXTERIORES	4,18%	68,89%
9	INST HIDRAULICAS Y SANITARIAS	3,58%	72,47%
10	FRISOS	3,30%	75,78%
11	PINTURA	3,30%	79,07%
12	MUROS	2,94%	82,02%
13	REDES ELECTRICAS Y TELEFONICAS	2,87%	84,88%
14	APARATOS SANITARIOS	2,49%	87,37%
15	MOVIMIENTO DE TIERRA	2,29%	89,66%
16	CIMENTACION	2,07%	91,73%
17	ADMINISTRACION	1,81%	93,54%
18	ACUEDUCTO	1,35%	94,89%
19	VARIOS	1,25%	96,14%
20	CUBIERTAS	0,97%	97,12%
21	ENCHAPES	0,85%	97,97%
22	ALCANTARILLADO	0,50%	98,47%
23	PRELIMINARES	0,42%	98,89%
24	PORTERIA	0,38%	99,26%
25	CERRAJERIA	0,26%	99,52%
26	DESAGUES E INST SUBTERRANEAS	0,25%	99,77%
27	VIAS	0,12%	99,89%
28	PARQUES Y ZONAS VERDES	0,11%	100,00%

Fuente: MARVAL, 2004.

**Figura 56. Diagrama de Pareto del presupuesto total de la obra**



Siendo la estructura de los apartamentos en su totalidad en sistema túnel, se observa que el costo de la estructura en sistema túnel es más del 25% del costo total de toda la obra.

Por esto se enfoca el estudio de la eficiencia en la construcción a esta actividad: la estructura en sistema túnel, ya que seguramente sea esta la actividad en la cual los resultados de un estudio afecten más el presupuesto .

### **5.3 EFICIENCIA Y RENDIMIENTO EN LA CONSTRUCCIÓN**

#### **5.3.1 Metodología**

Para este estudio se acomodó la metodología del último planificador, comparando el avance real en estructura por semana contra el avance ideal por semana. Para esto se recopiló en varios esquemas gráficos las fechas de las fundidas de las 6 torres terminadas en estructura hasta el momento de la obra Torres de Monterrey, entre pisos 1 y 13, ya que son los pisos cuyas dimensiones son constantes o muy poco variables en cada torre. Los datos se organizaron así:

- Torres 1 y 2, las cuales se iniciaron construyendo una a la vez (primero la torre 2 hasta el piso 7 y luego la torre 1 hasta el mismo piso), y posteriormente, del piso 8 en adelante se terminó construyendo simultáneamente. Se utilizó formaleta Outinord. (Ver anexos E y F).

- Torres 3 y 4, las cuales se construyeron en su totalidad de manera simultánea, con formaleta Outinord. (Ver anexo G).
- Torre 5, la cual se construyó con ambas formaletas en cada piso, pero en mayor proporción de formaleta Outinord. (Ver anexo H).
- Torre 6 que ha sido la única en la obra fundida completamente con formaleta Metalex. (Ver anexo I.)

Esta información se sacó del mismo formato para el control de calidad del concreto, R-ING-004, donde se lleva también la fecha de la fundida con el volumen de cada viaje de concreto y su lugar destino específico.

Para analizar la eficiencia en la construcción, es necesario tener en cuenta la cantidad de concreto por piso tipo de cada torre, en placa y muros, los metros cuadrados de construcción por piso y el personal utilizado en cada torre (ver tablas 24 y 26).

Esta información se organizó por semanas, para hallar la cantidad de concreto fundido por hombre ( $m^3/H$ ) por semana, para confrontar con este valor el rendimiento en las diferentes torres y los dos tipos de formaleta.

### 5.3.2 Recopilación de la información

En la tabla 24 se encuentra la cantidad exacta de concreto necesaria para la construcción de los pisos tipo en las diferentes torres y el área de construcción por piso, halladas a partir de los planos estructurales.

**Tabla 24. Volumen de concreto y área de construcción por piso tipo**

Elemento / piso	Torres 1, 2, 3 y 4	Torre 5	Torre 6
Muros ( $m^3$ )	34,49	44,67	47,74
Placa ( $m^3$ )	28,12	35,67	41,35
Vol. concreto ( $m^3$ / piso tipo)	62,61	80,35	89,09
Área de construcción ( $m^2$ / piso tipo)	281,21	356,74	371,07

En la tabla 25 figura la proporción de tipos de formaleta utilizada en cada torre, por piso.

**Tabla 25. Proporción de tipo de formaleta por torre**

Formaleta	Torres 1, 2, 3 y 4	Torre 5	Torre 6
Outinord	93,95%	64,84%	0%
Metalex	6,05%	35,16%	100%

Por otro lado, el personal de trabajo utilizado por parte del contratista de estructura en la obra Torres de Monterrey se puede dividir en dos: los que hacen parte directa del proceso productivo (generando costos directos) y los que hacen labores administrativas necesarias pero que no agregan valor directamente al proceso productivo (generando costos indirectos).

El personal que influye directamente en el proceso productivo está conformado por la cuadrilla de la estructura por torres o pares de torres, el ayudante que fabrica las panelas, el oficial y el ayudante encargados de ubicar en la obra el hierro y figurarlo, el ayudante para la descacilada y el ayudante del aseo en el sitio de construcción. La cuadrilla de construcción está constituida por un subcontratista o contraamaestre, oficiales y ayudantes (ver tabla 26)

El personal que hace parte de las actividades administrativas son la secretaria del contratista y el oficial encargado de las herramientas, los cuales no fueron tenidos en cuenta para hallar el rendimiento, ni tampoco el operador de la torre grúa.

**Tabla 26. Personal del proceso productivo**

Cargo	Torre 1 y 2 Pisos 1-7 (una a la vez)	Torre 1 y 2 Pisos 8-13 (simultáneas)	Torre 3 y 4 (simultáneas)	Torre 5	Torre 6
Contraamaestre	2	2	1	1	1
Oficiales	6	6	6	5	6
Armadores	0	0	0	6	4
Ayudantes	4	10	12	11	18
<b>TOTAL CUADRILLA</b>	<b>12</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>23</b>	<b>29</b>
Ayudante panelas	1	1	1	1	1
Oficial hierros	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Ayudante hierros	1	1	1	1	1
Ayudante descacilada y corte rebaba	2	2	2	3	3
Ayudante aseo	1	1	1	1	1
<b>TOTAL</b>	<b>17,5</b>	<b>23,5</b>	<b>24,5</b>	<b>29,5</b>	<b>35,5</b>

Teniendo en cuenta la información recopilada en los esquemas de los anexos E, F, G, H e I, se promediaron las cantidades de concreto y m<sup>2</sup> de construcción terminadas por semana y se obtuvieron rendimientos reales por semana. En la tabla 27 se confrontan los dos rendimientos, el ideal vs. el real.

El sistema constructivo túnel permite construir con formaleta Outinord para muros y placas fundidos por aparte, 2 apartamentos por día, cuando se construyen 2 torres simultáneamente. Es decir, contemplando el descanso del domingo, 12 apartamentos por semana en edificaciones de 4 apartamentos por piso, como es el caso en Torres de Monterrey, lo que vienen a ser 3 pisos por semana (1,5 pisos por torre por semana), siguiendo el avance diario de la figura 57.

**Figura 57. Avance ideal en estructura para 2 torres simultáneas con formaleta Outinord**

Piso	Elemento	Torre 1				Torre 2			
		01	02	03	04	04	03	02	01
	Placa								
Piso 4	Muros								
	Placa					13 <sup>o</sup> día	12 <sup>o</sup> día		
Piso 3	Muros	13 <sup>o</sup> día	12 <sup>o</sup> día			11 <sup>o</sup> día	10 <sup>o</sup> día		
	Placa	11 <sup>o</sup> día	10 <sup>o</sup> día			9 <sup>o</sup> día	8 <sup>o</sup> día		
Piso 2	Muros	9 <sup>o</sup> día	8 <sup>o</sup> día			6 <sup>o</sup> día	5 <sup>o</sup> día		
	Placa	6 <sup>o</sup> día	5 <sup>o</sup> día			4 <sup>o</sup> día	3 <sup>o</sup> día		
Piso 1	Muros	4 <sup>o</sup> día	3 <sup>o</sup> día			2 <sup>o</sup> día	1 <sup>o</sup> día		

Nota: las casillas de un mismo color corresponden a una misma semana

Como se observa en la figura 57, el sistema tiene un rendimiento ideal menor durante los 2 primeros días, ya que no hay placas para fundir, pero una vez llega el tercer día, el rendimiento ideal es el que se especificó en el párrafo anterior. Esto es posible gracias a la rotación diaria de la formaleta, que permite que en un solo día se haga todo el proceso de desformaleta, colocación del refuerzo, formaleta y fundida. Es importante recalcar que ese ritmo de trabajo solo se logra si se alcanzan dos torres simultáneamente.

Cuando se construye una torre a la vez con este sistema, la eficiencia se reduce mucho, como se observa comparando los anexos E y F.

En el anexo F, se puede apreciar que el número de pisos ideal por semana en la edificación con formaleta Metalex es de 1 piso por semana. Hay que aclarar también que con esta formaleta, la eficiencia no se afecta si se hacen varias torres simultáneamente, ya que la formaleta es manoportante y toda la formaleta es utilizada para la misma torre.

El valor de la eficiencia en cada torre fue hallado dividiendo el número de pisos fundido por semana por el número ideal de pisos a fundir por semana.

**Tabla 27. Rendimiento por semana ideal vs. real**

		<b>Outinord (una torre a la vez)</b>	<b>Outinord (2 torres simultáneas)</b>	<b>Outinord: 65% Metalex: 35% (una sola torre)</b>	<b>Metalex</b>
<b>IDEAL</b>	Pisos / semana	1,5	3 (1,5 / torre)	1,5	1
	m <sup>3</sup> / semana	93,91	187,82	120,52	89,09
	m <sup>3</sup> /Hombre	5,37	7,77	4,09	2,51
	m <sup>2</sup> / semana	421,82	843,63	535,11	371,07
	M <sup>2</sup> de construcción / Hombre	24,10	34,90	18,14	10,45
<b>PROM REAL</b>	Pisos / semana	1,10	1,94	1,06	0,85
	m <sup>3</sup> / semana	68,83	121,75	85,18	75,83
	m <sup>3</sup> /Hombre	3,93	5,04	2,89	2,14
	m <sup>2</sup> / semana	309,16	546,87	378,21	315,85
	M <sup>2</sup> de construcción / Hombre	17,67	22,62	12,82	8,90
<b>EFICIENCIA (REAL / IDEAL)</b>		<b>73%</b>	<b>65%</b>	<b>71%</b>	<b>85%</b>

### 5.3.3 Análisis de datos

La construcción con formaleta Metalex es más eficiente que con formaleta Outinord, ya que con la formaleta Metalex el rendimiento real se acerca mucho más al rendimiento ideal, pero esto no indica que el rendimiento sea mayor.

Esto era de esperarse, ya que como se puede observar comparando las figuras de los anexos E, F, G y H (torres fundidas con formaleta Outinord) el avance no es tan regular como

lo es en la figura del anexo I (torre fundida con formaleta Metalex). La dependencia de la torre grúa es total para la formaleta Outinord (ver figura 58) para poder trastear la formaleta de un lado para otro, lo cual es una limitante para cumplir con la programación si esta sufre algún daño, mientras que con la formaleta Metalex, la cual es manoportante, las probabilidades para sufrir un retraso en la estructura son mínimas o ajenas (ejemplo: disponibilidad de la bomba de concreto).

**Figura 58. Torre grúa**



Fuente: <http://www.marval.com.co>

El operador de la grúa no aparece contemplado en la tabla 26 ya que este es un empleado contratado por administración de Marval, que no tiene nada que ver con el personal del contratista de la estructura.

Según Outinord, una cuadrilla de trabajo puede lograr una producción diaria de 120 m<sup>2</sup> de área de construcción, es decir 720 m<sup>2</sup> de construcción por semana. En Torres de Monterrey, el rendimiento promedio semanal en las torres construidas simultáneamente con formaleta Outinord fue de 547 m<sup>2</sup> de construcción, pero en algunas semanas se alcanzó el ideal de 12 apartamentos por semana, 844 m<sup>2</sup> construidos por semana y en alguna ocasión hasta 14 apartamentos en una semana que se trabajó el domingo, 984 m<sup>2</sup> de construcción en una semana.

Hay que aclarar que este rendimiento en m<sup>2</sup> de construcción por semana depende mucho de la distribución de los muros y de la modulación de la formaleta, así que para lograr un buen rendimiento es bien importante una fase de planeación y diseño bien estudiada.

En la tabla 28 se muestran las relaciones entre el rendimiento ideal y real de la construcción con formaleta Outinord y con formaleta Metalex.

**Tabla 28. Relaciones del rendimiento Outinord vs. Metalex**

RELACIONES	
Indicador	Outinord :Metalex
Pisos/semana (ideal)	3 :1
m <sup>3</sup> /H (ideal)	3,10 :1
m <sup>2</sup> /H (ideal)	3,34 :1
Pisos/semana (real)	2,28 :1
m <sup>3</sup> /H (real)	2,36 :1
m <sup>2</sup> /H (real)	2,54 :1

Como se puede observar, el rendimiento es bastante mayor con la formaleta Outinord, siempre y cuando se fundan 2 edificaciones simultáneamente, ya que cuando se construye una sola torre a la vez, el rendimiento ideal en m<sup>2</sup> de construcción y m<sup>3</sup> de concreto fundidos se reduce obligatoriamente al 69% del rendimiento ideal.

## 5.4 DESPERDICIO DE CONCRETO

El alcance de este estudio es simplemente la cuantificación de la cantidad de desperdicio de concreto obtenido durante la construcción de las torres, específicamente en sistema túnel. Adicionalmente, se compararon los datos con el desperdicio producido en el sistema Con-tech, aprovechando que la torre 6 fue construida en su totalidad con formaleta Metalex.

### 5.4.1 Recopilación de la información

En el anexo J se encuentra una tabla con la información recopilada para este estudio: la cantidad exacta necesaria de concreto, la cantidad real utilizada de concreto y el porcentaje de desperdicio. Estos valores se sacaron para cada fundida, de muros, placas y cimentación

de las torres 1, 2, 3, 4, 5 y 6. Las torres 7 y 8 no se han terminado luego no vale la pena tomarlos para este análisis. Las torres 1, 2, 3, 4 y 5 fueron analizadas por aparte de la torre 6, ya que esta última fue en la que se utilizó formaleta Metalex en su totalidad.

La cantidad exacta de concreto para las fundidas de cimentación, placas y muros fueron halladas al detalle a partir de los planos estructurales, teniendo en cuenta que para la fundida de vigas descolgadas se hace monolíticamente con la fundida de las placas macizas.

Las cantidades reales de concreto gastado en la cimentación y estructura de las torres se hallaron sumando el volumen de concreto de todos los viajes para las torres, datos que se llevan en el registro *Control para la recepción, toma de pruebas y resultados de materiales críticos* (R-ING-004) de Marval. Todas las cantidades fueron verificadas con las remisiones de concreto de los proveedores.

#### 5.4.2 Análisis de los datos

En el anexo J, los datos que aparecen resaltados con azul son los calculados a partir de los planos estructurales. Las casillas que aparecen resaltadas con rosado son las cantidades de concreto que figuran con un desperdicio mayor al 5% (se toma el valor del 5% como una cantidad normal de desperdicio ya que este el porcentaje que se toma en obra generalmente para calcular las cantidades de obra). Los datos que aparecen resaltados con amarillo son las cantidades de concreto que figuran por debajo del valor exacto necesario.

#### ▪ Cimentación

En la tabla 29 se encuentran las sumas de todo el concreto calculado, consumido y desperdiciado en la cimentación de todas las torres; incluye torres 7 y 8 ya que la cimentación de estas torres ya se finalizó por completo.

**Tabla 29. Desperdicio de concreto en cimentación de torres**

Cantidad de concreto		Desperdicio	
Calculado (m <sup>3</sup> )	Consumido (m <sup>3</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Porcentaje
540,89	648,50	107,61	16,59%

Claramente se aprecia que la cimentación tuvo una cantidad muy elevada de desperdicio, y se debe principalmente a que esta fue fundida sin formaleta, utilizando las paredes del suelo como molde, y el suelo en algunas partes resultó ser muy rocoso y tocó extraer las rocas completas, dejando estos espacios libres para ser ocupados por el concreto (ver figura 59). También hay que sumar las razones mencionadas en la tabla 3, donde se hablaba de la caída de las paredes por el paso de la gente, dejando las superficies muy irregulares, con grandes vacíos (figura 9). En algunos lugares donde el hueco era muy grande se colocaba formaleta para minimizar este efecto pero en general las paredes del suelo de cimentación no tenían una superficie uniforme (ver figura 60).

**Figura 59. Vacíos por extracción de rocas encontradas en las paredes del suelo y por el paso de la gente**



Fuente: Fotografía tomada por Juan Diego García López.

**Figura 60. Formaleta colocada para reducir el desperdicio**



Fuente: Fotografía tomada por Juan Diego García López.

## ▪ Muros y placas

En los muros y placas, en algunos casos, las cantidades que se sobrepasan en una proporción pequeña, se deben a que se utilizaba concreto de ese mismo viaje registrado para las torres, en alguna otra actividad exterior que no requería grandes cantidades de concreto, y evitar así la mezcla del concreto en obra que significa tiempo para la empresa y mano de obra para los contratistas.

Los valores negativos del desperdicio en proporciones pequeñas, pueden ser reales, si se asumen como pequeñas disminuciones no significativas de los espesores de las placas o muros.

En la torre 5 se aprecia fácilmente que en la fundida de los muros se gastó menos concreto del necesario y en las placas bastante más del necesario. Esto puede deberse a que en la fundidas de las torres, primero se fundían muros o placa de una torre y luego muros o placa de la otra, y la cantidad de concreto que sobraba de la fundida de una torre se vaciaba inmediatamente en la formaleta de la otra, para continuar con la fundida de esa torre. Las torres 3, 4 y 5 fueron construidas simultáneamente en su mayor parte a finales del 2004, y por ende el practicante de ingeniería no es testigo de ello pero una prueba es, tal y como se observa en la tabla del anexo J, que en la mayoría de los pisos de la torre 5 donde el concreto de los muros es inferior al necesario, en los muros de la torre 4, el volumen de concreto sobrepasa el desperdicio del 5%; es decir, muy seguramente, primero se fundía en la torre 4 y se continuaba con la torre 5, entonces si terminaban la fundida de la torre 4 pasaban a seguir fundiendo en la torre 5 con el mismo viaje que había llegado para la torre 4. Al final del día, hay un viaje de concreto menos registrado en los muros de la torre 5 que hace la diferencia.

En los muros del sótano 2 y el piso 1 de las torres 3 y 4, también hay grandes diferencias en el concreto consumido y seguramente se debe a un mal registro del despachador del concreto en la planta, pues en las remisiones de concreto aparecen distribuidas así las cantidades. Pero esto no afecta para el resultado del estudio ya que lo que interesa son las cantidades totales, y mientras las diferencias se presenten en elementos del mismo tipo (muros o placas), las sumas de los volúmenes totales no varían.

En la tabla 30 se encuentra un resumen de las cantidades totales de concreto, necesarias y reales, para los diferentes elementos (cimentación, muros y placas) de las torres 1, 2, 3, 4 y 5 construidas con formaleta Outinord, y la cantidad de desperdicio con el porcentaje que representa de la cantidad consumida.

**Tabla 30. Desperdicio de concreto en muros y placa fundidos con formaleta Outinord**

Cantidad de concreto				Desperdicio			
Calculado (m <sup>3</sup> )		Consumido (m <sup>3</sup> )		Volumen (m <sup>3</sup> )		Porcentaje	
Muros	Placas	Muros	Placas	Muros	Placas	Muros	Placas
2933,68	2220,29	3093,25	2356,00	159,57	135,71	5,16%	5,76%
5153,97		5449,25		295,28		5,42%	

En general, el porcentaje de desperdicio es algo mayor en las placas lo cual es de esperarse ya que es mucho más probable tener sobreespesores en las placas que en los muros. En la tabla 31 se encuentra el mismo cuadro resumen anterior para la torre 6, fundida en su totalidad con formaleta Metalex.

**Tabla 31. Desperdicio de concreto en muros y placa fundidos con formaleta Metalex**

Cantidad de concreto				Desperdicio			
Calculado (m <sup>3</sup> )		Consumido (m <sup>3</sup> )		Calculado (m <sup>3</sup> )		Consumido (m <sup>3</sup> )	
Muros	Placas	Muros	Placas	Muros	Placas	Muros	Placas
780,12	619,49	844,75	662,50	64,63	43,01	7,65%	6,49%
1399,61		1507,25		107,64		7,14%	

En esta torre se observa un porcentaje de desperdicio mayor para los muros y en general un desperdicio mayor de concreto en la construcción de toda la torre que en las torres fundidas con formaleta Outinord. Esto puede ser causado principalmente por dos razones: primera (y la más probable), que las corbatas de la formaleta estén desgastadas razón por la cual los huecos de los pines van cogiendo forma ovalada, aumentando en algunos milímetros los espesores de los muros, y segundo, que la formaleta Metalex es una formaleta de paneles pequeños, luego tiene muchos pliegues, por los cuales se pueden salir cantidades mínimas de la pasta aglutinante. Por otro lado, puede que en la manipulación de la manguera del camión autobomba se pierdan cantidades de concreto que no caigan dentro de la formaleta.

Esto confirma que el sistema túnel sí reduce la cantidad de desperdicio de concreto como lo afirma la empresa Outinord y el ICPC, aumentando en este sentido, la eficiencia en el uso de los materiales.

▪ **Costo del desperdicio de concreto**

En la tabla 32 figuran los precios comerciales por metro cúbico de algunos de los concretos que ofrecen los dos proveedores de este insumo en Marval, a fecha del 5 de septiembre del 2005.

**Tabla 32. Precios comerciales del concreto por M3**

Material	CEMEX		HOLCIM	
	1 1/2- 3/4	3/8	1 1/2- 3/4	3/8
CONCRETO 3000	240.000	252.000	253.000	266.000
CONCRETO 4000	270.000	282.000	284.000	295.000
CONCRETO 3000 OUTINOR	260.000	260.000	273.000	273.000
CONCRETO 4000 OUTINOR	290.000	290.000	304.000	304.000
BOMBA	20.000		20.000	
FIBRA	20.000		20.000	

Fuente: MARVAL, 2005.

De acuerdo a estos precios, se halló el costo total del desperdicio, sumando el volumen total de concreto en cimentación, muros y placa y multiplicando por el precio de cada tipo de concreto de cada elemento (ver tabla 33). El costo total del desperdicio de concreto durante la construcción de las torres 1, 2, 3, 4, 5 y 6 y la cimentación de las torres 7 y 8, es de aproximadamente 134 millones de pesos, valor muy superior al precio de cualquier apartamento en Torres de Monterrey, lo cual es suficiente razón para afirmar que sí vale la pena ejercer un control sobre el desperdicio de concreto, ya que parte del desperdicio también se debe a la manipulación de este.

**Tabla 33. Costo del desperdicio de concreto en las torres**

Elemento	Tipo de concreto	% desp	Vol. (m <sup>3</sup> )	Precio por M3	Valor total
CIMENTACIÓN	3000 1 1/2"	16,59%	107,61	\$ 240.000	\$ 25.826.368
MUROS	3000-4000 3/8"	5,69%	224,21	\$ 275.000*	\$ 61.656.858
PLACAS	3000 3/4"	5,92%	178,72	\$ 260.000	\$ 46.466.910
			510,54		<b>\$ 133.950.135</b>

\* Para efectos prácticos se utilizó el promedio entre los precios del concreto de 3000 y el de 4000 psi, outinord, ya que los primeros niveles de muros de las torres son con concreto de 4000 psi, y el resto en concreto de 3000 psi.

## 6. CONCLUSIONES

Se aplicaron los procesos del sistema de gestión de calidad de MARVAL para el control de calidad de la construcción en la obra Torres de Monterrey.

El proceso de inspección de la estructura llevado a cabo en la obra Torres de Monterrey garantiza la calidad de la construcción, por lo cual se puede decir que el avance de la obra y en las estructuras de urbanismo durante el periodo de realización de la práctica son productos de construcción de calidad confiable.

Se comprobó el cumplimiento de la resistencia mínima exigida por la NSR-98 y el Sistema de gestión de la calidad de MARVAL para todas las muestras de concreto del presente año en la obra Torres de Monterrey, y además se calificó el grado de control en planta de los proveedores de concreto como “bueno”, por lo cual se puede de decir que el concreto utilizado en la obra Torres de Monterrey es un producto de calidad.

Se halló un coeficiente de variación muy bajo para el acero de las barras de refuerzo corrugado y la malla electrosoldada utilizado en obra, lo que indica un grado de control en planta bastante confiable.

Todas las muestras de acero (de barras corrugadas y malla electrosoldada) cumplieron con las resistencias y los diámetros especificados.

El rendimiento ideal de la construcción con formaleta Outinord puede ser de 34,9 m<sup>2</sup> de construcción / hombre o 7,77 m<sup>3</sup> de concreto por hombre en una semana; entre 3,3 y 3,1 veces mayor que el rendimiento ideal de la construcción con formaleta Metalex.

El rendimiento promedio real de la construcción con formaleta Outinord en la obra Torres de Monterrey es de 22,62 m<sup>2</sup> de construcción / hombre o 5,04 m<sup>3</sup> de concreto por hombre en una semana; entre 2,5 y 2,36 veces mayor que el rendimiento promedio real de la construcción con formaleta Metales.

El rendimiento para construir una sola torre en sistema Outinord se reduce a un 69% del rendimiento ideal cuando se construyen dos torres simultáneamente.

La construcción con formaleta Metalex es más eficiente que con la formaleta Outinord, debido principalmente a la total dependencia de la torre grúa en el sistema Outinord.

La construcción con formaleta Metalex generó una cantidad de desperdicio del orden del 7,14%, mayor que el desperdicio en la construcción con formaleta Outinord el cual fue del orden de 5,42%.

La actividad relacionada con el concreto que generó mayor desperdicio de este material fue la cimentación de las torres, con un valor promedio del 16,59% para un total de 107,61 m<sup>3</sup> desperdiciados, debido principalmente a que no se usó formaleta para estas fundidas.

Se aplicaron conocimientos teórico-prácticos de ingeniería civil durante el tiempo de realización de la práctica empresarial en la obra Torres de Monterrey.

La práctica empresarial es una excelente manera para complementar el conocimiento adquirido en la universidad, que permite que los estudiantes de último nivel adquieran experiencia para aplicar los conocimientos en situaciones de la vida real antes de ser profesionales, brindando la seguridad necesaria al recién egresado de sus propios conocimientos y por ende competencia para la vida profesional que apenas comenzará a ejercer, abriéndole las puertas a su carrera.

Se cumplió satisfactoriamente con los objetivos planteados y con los 6 meses de trabajo en la empresa Marval S.A. con dedicación de tiempo completo, cumpliendo con los requisitos del proyecto de grado en la modalidad de práctica empresarial.

## 7. RECOMENDACIONES

Para futuros estudios del desperdicio de concreto en cimentaciones, se recomienda comparar los resultados aquí obtenidos con las cantidad de desperdicio de concreto producido formaleteando la cimentación y para así poder evaluar con datos reales la diferencia de los dos tipos de molde.

Para complementar el estudio de rendimientos realizado a la construcción en sistema túnel, sería interesante cronometrar los tiempos de cada tarea necesaria para llevar a cabo un ciclo diario de la construcción en este sistema industrializado. Estos estudios se han llevado a cabo en otros países para este sistema industrializado, pero debido a que los resultados pueden variar dependiendo de las condiciones climáticas y laborales, no se pueden asumir como datos reales para nuestro medio los que se consigan del exterior.

La frecuencia de la revisión de flexómetros manuales puede reducirse a 4 por año, es decir, es decir, una cada 3 meses.

Siempre que se va a construir con formaleta Outinord de banches y mesas voladoras, se hace imperioso planear la construcción de tal manera que se fundan muros y placas en un mismo día, ya que de esta manera se puede lograr el rendimiento máximo posible para no tener tiempos muertos de alguno de los dos tipos de formaleta.

Para aplicar métodos para la optimización de la eficiencia en la construcción se recomienda profundizar en el tema del *Lean Construction*. Para disminuir la cantidad de escombros saliente de una obra, se recomienda estudiar técnicas de reciclaje de material en la obra, ya que en nuestro medio el porcentaje de reciclaje en obra es casi nulo, debido a la creencia de que vivimos en un país con recursos ilimitados (lo cual está muy lejos de la realidad), y es una técnica muy utilizada en varios países europeos, donde el grado de reciclaje llega a ser del 85%<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> GARCÍA BOTERO, Laura. Sostenibilidad de la disposición de escombros de construcción y demolición en Bogotá. Bogotá: Universidad de los Andes, 2003. p. 14.

## BIBLIOGRAFÍA

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. Normas colombianas de diseño y construcción sismo resistente. Tomo 2. Título C: Concreto estructural. Santa Fe de Bogotá: AIS, 1998. p. 5-11, 16-17, 30-32. (NSR-98)

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Tomo 4. Título I: Supervisión técnica. Santa Ge de Bogotá: AIS, 1998. 14 p. (NSR-98)

ASTM. Standard test method for rebound number of hardened concrete. United States: ASTM, 1998. 3 p. (C 805 – 97)

BOTERO BOTERO, Luis Fernando y ÁLVAREZ VILLA, Martha Eugenia. Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda (Lean construction como estrategia de mejoramiento). En: REVISTA Universidad EAFIT. Vol. 40, No. 136 (2004); p. 50-64.

CASTANYER FIGUERAS, Francesc. Control de métodos y tiempos. Santafé de Bogotá: Alfaomega, 1999. p. 18-19.

CEMEX. Cemex Colombia [en línea]. Colombia: Cemex, 2005 [citada 24 sep, 2005]. Disponible en internet: <<http://www.cemex.com.co>>

DAS, Braja M. Principios de ingeniería de cimentación. 4 ed. México: Internacional Thomson, 2001. p. 156.

GARCÍA BOTERO, Laura. Sostenibilidad de la disposición de escombros de construcción y demolición en Bogotá. Bogotá: Universidad de los Andes, 2003. 97 p.

GARCÍA LÓPEZ, Juan Diego et al. Ensayo a la compresión de hormigón. Bucaramanga: Los autores, 2002. 26 p.

GARCÍA-HERREROS OCHOA, Vitelo. Sistema túnel. s.l.: ICPC – Escuela de Arte y Diseño de Arquitectura e Ingeniería, 2004. 56 p.

GÓMEZ ACOSTA, Esther Milena. Ejecución del control de calidad soportado en la norma NTC-ISO:9001:2000 en el proyecto Parque Central Cañaveral [base de datos Biblioteca UIS]. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2005. 145 p. (115967.pdf)

INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE CONCRETO. Ensayos y normativa de estructuras de muros de concreto [Presentación en pdf]. s.l.: ICPC, 2003. 43 p.

\_\_\_\_\_. Muros de concreto: sistema túnel [Presentación en pdf]. s.l.: ICPC, 2003. 82 p.

\_\_\_\_\_. Sistema túnel: Módulo 2 Proceso constructivo [Presentación en pdf]. s.l.: ICPC, 2004. 25 p.

INSTITUTO DEL CONCRETO. Control estadístico de la calidad. s.l.: ASOCRETO, 2004. p. 161-173.

ISO. ISO - Internacional Organization for Standardization [en línea]. s.l.: Livelink, 2005 [citada 8 oct, 2005]. Disponible en internet: <<http://www.iso.org>>

LAMINADOS ANDINOS S.A. Laminados Andinos S.A. [en línea]. Bogotá: LASA, 2005 [citada 1 oct, 2005]. Disponible en internet: <<http://www.laminadosandinos.com>>

MARVAL S.A. Construcción con Calidad y Proyección Humana [en línea]. Bucaramanga (Colombia): Grupo Cóndor, 2005 [citada 24 sep, 2005]. Disponible en internet: <<http://www.marval.com.co>>

\_\_\_\_\_. Creación y modificación de contratos [hoja de cálculo en Excel]. Bucaramanga: MARVAL, 2005. 2 p. (R-ING-002 VER07)

\_\_\_\_\_. Creación y modificación de requerimientos [hoja de cálculo en Excel]. Bucaramanga: MARVAL, 2005. 2 p. (R-ING-067 VER01)

MARVAL S.A. Descripción del cargo: Practicante de ingeniería. Bucaramanga: MARVAL, 2005. 2 p. (R-REC-014 VER03)

\_\_\_\_\_. Formato de control de reformas [hoja de cálculo en Excel]. Bucaramanga: MARVAL, 2005. (R-ING-081 VER01)

\_\_\_\_\_. Instructivos: Instructivo Plan de control de calidad de materiales. Bucaramanga: MARVAL, 2005. 5 p. (I-ING-013 VER12)

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Bucaramanga: MARVAL, 2004. 5 p. (I-ING-013 VER10)

\_\_\_\_\_. Lista de chequeo de revisión preentrega. Bucaramanga: MARVAL, 2005. 2 p. (R-ING-086 VER00).

\_\_\_\_\_. Manual de procedimientos: Instructivo para la selección y control de equipos de inspección, medición y ensayo. Bucaramanga: MARVAL, 2005. 3 p. (I-ING-014 VER06)

\_\_\_\_\_. Manual de procedimientos: Procedimiento para control de calidad en obra. Bucaramanga: MARVAL, 2005. 2 p. (P-ING-001 VER12)

\_\_\_\_\_. Plan de calidad Urbanización Torres de Monterrey. Bucaramanga: MARVAL, 2005. 5 p. (PC-ING-050 VER02)

MEJÍA AGUILAR, Guillermo. Planeación de operación en obras de construcción [presentación en pdf]. Bucaramanga: el autor, 2005. 55 p.

METALEX. Formaleta metálica para construcción [en línea]. Bucaramanga (Colombia): La Red, 2004 [citada 24 sep, 2005]. Disponible en internet: <<http://www.metalex.com.co>>

OUTINORD. Outinord coffrages et technologies de gros oeuvre - Formwork and concrete technologies : wallform,tunnel,tunnelform,shutter,coffrage,wallforms,formwork,coffrages... [en línea]. France: David Plouchart, s.f. [citada 1 oct, 2005]. Disponible en internet <[www.outinord.com](http://www.outinord.com)>

PROYECTISTAS CIVILES ASOCIADOS. Torres de Monterrey: Planos estructurales. Bogotá: PCA, 2004.

REY SOTO, Álvaro. Laboratorio de resistencia de materiales. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 1996. p. 72.

SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE. Introducción a la calidad. Bucaramanga: SENA, 2004. p. 1.

TORRES CAMARGO, José Rubén. Práctica empresarial como auxiliar de ingeniero residente en la construcción del edificio del Instituto de Lenguas, primera etapa, de la U.I.S. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2003. 65 p.

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. Con-tech [en línea]. Bogotá: Uniandes, s.f. [citada 4 oct, 2005] Disponible en internet: <<http://micigc.uniandes.edu.co/VIS/inventario.htm>>

### Anexo A. Cantidades estándar por vivienda de las torres 5 y 7

Información del material		Estándar			Observaciones
Insumo	Und	Cant / viv	# viv	# cant Tot	
<i>CIMENTACIÓN</i>					
CEMENTO GRIS 50 KG.	BT	0,25	1	0,25	
ARENA	M3	0,1	1	0,1	
ALAMBRE NEGRO CAL. 18	KG	36	1	36	
HIERRO 3/8 (L=12) PDR -60	VA	218	1	218	
HIERRO 1/2 (L=12) PDR-60	VA	71	1	71	
HIERRO 5/8 (L=12) PDR-60	VA	28	1	28	
HIERRO 3/4 (L=12) PDR- 60	VA	151	1	151	
HIERRO PR-60 CORRU/FIG 3/8"	KG	1071,54	1	1071,54	
CONCRETO 1 1/2 3000	M3	80	1	80	
CONCRETO 3/4 1500	M3	3	1	3	
<i>DESAGÜES SUBTERRÁNEOS *</i>					
CONCRETO 3/4 3000	M3	5	1	5	
HIERRO 3/8 (L=12) PDR -60	VA	15	1	15	
YEE SANIT REDUCIDA 6 * 4	UN	6	1	6	
BUJE SOLDADO SANIT. 6 * 4	UN	4	1	4	
BUJE SOLDADO 4 X 3 SANIT.	UN	21	1	21	
YEE PVC SANITARIA 4"	UN	20	1	20	
CODO 90 C * C 4	UN	40	1	40	
CODO 90 C * E 4"	UN	6	1	6	
CODO 45 C * C 4	UN	64	1	64	
CODO 45 C * C 6	UN	12	1	12	
TUBERIA PVC SANITARIA 6"	UN	10	1	10	
TUBERIA PVC SANITARIA 4"	UN	14	1	14	
UNION PVC SANITARIA 6"	UN	6	1	6	
SOLDADURA PVC 1 / 4	UN	3	1	3	
LIMPIADOR 1/4 GALON	UN	2	1	2	
TUBERIA SANIT 3	UN	1	1	1	
TAPON LIMPIEZA 4	UN	6	1	6	
<i>MAMPOSTERÍA</i>					
ARENA	M3	0,75	56	42	Pega mamp. sucio
CEMENTO GRIS 50 KG.	BT	4,75	56	266	Pega mamp. sucio
LADRILLO ARCILLA H-10	UN	233	52	12116	Pisos 1 al 13, incluye buitrón y foso
LADRILLO ARCILLA H-7	UN	365	52	18980	Pisos 1 al 13
LADRILLO M-25	UN	754	52	39208	Pisos 1 al 13
LADRILLO ARCILLA H-10	UN	480	4	1920	Alttilo
LADRILLO M-25	UN	282	4	1128	Alttilo
ARENA	M3	0,5	56	28	Pega mamp. limpio
CEMENTO GRIS 50 KG.	BT	3	56	168	Pega mamp. limpio
SIKADUR 31	KG	0,5	52	26	Anclajes
GRAFIL 6.5 MM (L=6MTS)	VA	3	52	156	Anclajes
HIERRO 3/8 (L=12) PDR -60	VA	4,25	52	221	Dinteles y meson de concreto
SIKA TRANSPARENTE	KG	3,08	52	160	Fachada ladrillo a la vista

Información del material		Estándar			Observaciones
Insumo	Und	Cant / viv	# viv	# cant Tot	
<i>PAÑETES</i>					
ARENA	M3	1,4	52	72,8	Friso interno, pisos 1-13
CEMENTO GRIS 50 KG.	BT	8,5	52	442	Friso interno, pisos 1-13
SIKA 1	KG	8,67	52	450,84	Friso baños, pisos 1-13
ARENA	M3	0,07	13	0,91	Punto fijo
CEMENTO GRIS 50 KG.	BT	0,5	13	6,5	Punto fijo
ARENA	M3	0,15	52	7,8	Friso fachada, pisos 1-13
CEMENTO GRIS 50 KG.	BT	1	52	52	Friso fachada, pisos 1-13
SIKALATEX	KG	0,4	52	20,8	Friso fachada, pisos 1-13
ARENA	M3	1,75	4	7	Friso altillo
CEMENTO GRIS 50 KG.	BT	11	4	44	Friso altillo
SIKA 1	KG	6,5	4	26	Friso baño altillo
ARENA	M3	0,38	52	19,76	Rústico aptos, pisos 1-13
CEMENTO GRIS 50 KG.	BT	3	52	156	Rústico aptos, pisos 1-13
<i>ESTRUCTURA</i>					
CONCRETO 3/8 4000	M3	11,25	16	180	Pisos 1 al 4 concreto para muros
CONCRETO 3/8 3000	M3	11,25	40	450	Piso 5 al 14 concreto para muros
CONCRETO 3/4 3000	M3	8,75	52	455	Concreto para placa
CONCRETO 3/4 3000	M3	1,25	13	16,25	Concreto para escalera
HIERRO PR-60 CORRU/FIG 3/8"	KG	45,32	56	2537,92	
HIERRO 3/8 (L=12) PDR -60	VA	0,5	56	28	
HIERRO 1/2 (L=12) PDR-60	VA	3,72	56	208,32	
HIERRO 5/8 (L=12) PDR-60	VA	0,43	56	24,08	
HIERRO 3/4 (L=12) PDR- 60	VA	2,58	56	144,48	
HIERRO 1/4	KG	2,22	56	124,32	
HIERRO 7/8 (L=12) PDR -60	UN	0,1	56	5,6	
HIERRO 1 (L=12 ) PDR-60	VA	0,75	56	42	
GRAFIL 7 MM (L=6MTS)	VA	14,81	56	829,36	
GRAFIL 6.5 MM (L=6MTS)	VA	3,75	56	210	
GRAFIL 4 MM (L=6MTS)	VA	7,75	56	434	
GRAFIL 7.5 MM (L=6mts)	UN	47	56	2632	
HIERRO 1/4 PDR-60 FIG.	KG	0,2	56	11,2	
ALAMBRE NEGRO CAL. 18	KG	5	56	280	
MALLA ELECTROSOLDADA	KG	864,37	56	48404,72	
SEPARADOR PLASTICO MURO 12 CM	UN	35	56	1960	
SEPARADOR PLASTICO MURO 15 CM	UN	55	56	3080	
SEPARADOR PLASTICO MURO 20 CM	UN	20	56	1120	
CEMENTO GRIS 50 KG.	BT	1	56	56	
ICOPOR 2"	UN	12,5	28	350	
<i>Cubiertas *</i>					
CERCO 6 * 9 * 3	UN	12	4	48	
CERCO 6 X 12 X 4.00 MTS	UN	10	4	40	
MADERA EN BRUTO	RA	5,75	4	23	
XILAMON TR INMUNIZANTE	LT	11,25	4	45	
PUNTILLA 1 1/2"	LB	2,25	4	9	

Información del material		Estándar			Observaciones
Insumo	Und	Cant / viv	# viv	# cant Tot	
CEMENTO GRIS 50 KG.	BT	1,5	4	6	
TEJA BARRO GRANDE	UN	1003,25	4	4013	
<i>PISOS</i>					
ARENA	M3	2,8	56	156,8	Mortero de nivelación, aptos y alt
CEMENTO GRIS 50 KG.	BT	24	56	1344	Mortero de nivelación, aptos y alt
SIKA 1	KG	2,5	52	130	Mortero baños, pisos 1-13
SIKA 1	KG	20	4	80	Mortero altillo
PISO 44 X 44 ILLINOIS	M2	61,5	48	2952	Incluido guardaescoba, pisos 1-12
ALFA LISTO	KG	350	52	18200	Pisos 1-13
CEMENTO BLANCO	BT	0,5	52	26	
BLANCO DE ZINC	KG	0,5	52	26	
DILATACION PLASTICA	UN	0,9	52	46,8	
PISO 30 X 30 VERONA	M2	6	52	312	Incluido guardaescoba y bordillo
GRAVILLA	M3	0,25	13	3,25	Incluido escaleras
ALFAGRES 10*20	M2	4,5	48	216	Balcón pisos 1-12
ALFAGRES 10*20	M2	16,5	13	214,5	Punto fijo y escaleras
ALFA LISTO	KG	150	13	1950	Punto fijo y escaleras
CEMENTO GRIS 50 KG.	BT	0,13	13	1,69	Gravilla
CEMENTO BLANCO	BT	0,75	4	3	
ARENA	M3	0,15	13	1,95	Mortero punto fijo
CEMENTO GRIS 50 KG.	BT	1,25	13	16,25	Mortero punto fijo
PISO 44 X 44 ILLINOIS	M2	66	4	264	Piso 13
PISO 44 X 44 ILLINOIS	M2	31,5	4	126	Altillo
ALFAGRES 10*20	M2	40,5	4	162	Altillo
ALFA LISTO	KG	450	4	1800	Altillo
LISTON DE 1 X 1	UN	2	52	104	
<i>ENCHAPES</i>					
ALFA LISTO	KG	75	52	3900	
ENCHAPE 25 X 35 VERONA	M2	9,75	52	507	Baños, 26 cajas / piso
PERFIL ALUMINIO	UN	1	52	52	
PISO 30 X 30 GRANILLA	M2	2,23	52	115,96	Mesón
ENCHAPE 25 X 35 ASIS	M2	3,75	52	195	Cocina
<i>INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS *</i>					
YEE SANIT DOBLE REDUCIDA 3X4X3	UN	1	52	52	Sanit
YEE REDUCIDA 3 * 2	UN	3	52	156	Sanit
YEE SANIT 2	UN	2,66	52	138,32	Sanit
YEE SANIT 3	UN	2	52	104	Sanit
CODO 45 C * E 3	UN	4	52	208	Sanit
CODO REVENTILADO 3 * 2	UN	2	52	104	Sanit
SIFON SANIT. 2	UN	8	52	416	Sanit
CODO 90 C * C 2	UN	6	52	312	Sanit
BUJE SOLDADO 3 * 2 SANITARIO	UN	2	52	104	Sanit
CODO 90 C * E 2	UN	6	52	312	Sanit
CODO 45 C * C 2	UN	3,5	52	182	Sanit
TEE SANIT DOBLE REDUCIDA 3 * 2	UN	1	52	52	Sanit

Información del material		Estándar			Observaciones
Insumo	Und	Cant / viv	# viv	# cant Tot	
TEE SANIT 2	UN	1	52	52	Sanit
TUBERIA PVC SANITARIA 4"	UN	0,5	52	26	Sanit
TUBERIA SANIT 3	UN	1,5	52	78	Sanit
TUBERIA PVC SANITARIO 2"	UN	1,5825	52	82,29	Sanit
TUBERIA VENT. 3	UN	2	52	104	Sanit
TUBERIA VENT. 2	UN	1,25	52	65	Sanit
BUJE 2 * 1 1/2 SANITARIO	UN	4	52	208	Sanit
TAPON DE PRUEBA 2"	UN	6	52	312	Sanit
TAPON DE PRUEBA 1.1/2"	UN	4	52	208	Sanit
TAPON DE PRUEBA 3"	UN	2,5	52	130	Sanit
YEE REDUCIDA 4 * 2	UN	0,33	52	17,16	Sanit
UNION SANIT 3	UN	1,25	52	65	Sanit
SOLDADURA PVC 1 / 4	UN	0,5	52	26	Sanit
LIMPIADOR 1/4 GALON	UN	0,5	52	26	Sanit
TEE REDUCIDA SANIT. 3 * 2	UN	2	52	104	Sanit
CODO 45 C * C 1 1/2	UN	1	52	52	Sanit
CODO REVENTILADO 3 * 2	UN	1	4	4	Sanit para altillos
CODO 45 C * E 3	UN	0,5	4	2	Sanit para altillos
CODO 45 C * C 3	UN	3	4	12	Sanit para altillos
CODO 90 C * C 3	UN	4	4	16	Sanit para altillos
CODO 45 C * C 2	UN	2,5	4	10	Sanit para altillos
CODO 90 C * C 2	UN	2	4	8	Sanit para altillos
BUJE SOLDADO 4 X 3 SANIT.	UN	1	4	4	Sanit para altillos
YEE SANIT 3	UN	1,5	4	6	Sanit para altillos
YEE REDUCIDA 3 * 2	UN	1	4	4	Sanit para altillos
SIFON SANIT.3	UN	1	4	4	Sanit para altillos
UNION SANIT 3	UN	1	4	4	Sanit para altillos
TUBERIA VENT. 2	UN	1	4	4	Sanit para altillos
TUBERIA VENT. 3	UN	3	4	12	Sanit para altillos
TUBERIA SANIT 3	UN	0,5	4	2	Sanit para altillos
SOLDADURA PVC 1 / 4	UN	0,25	4	1	Sanit para altillos
LIMPIADOR 1/4 GALON	UN	0,25	4	1	Sanit para altillos
TUBERIA SANIT 1 1/2	UN	0,25	52	13	
UNION SANIT 2	UN	1	52	52	
ICOPOR 2"	UN	0,5	52	26	
CODO 45 C * C 3	UN	0,5	52	26	
TAPON DE PRUEBA 4"	UN	0,25	52	13	
CODO 90 * 1/2 CPVC	UN	9,5	52	494	
CODO 90 * 3/4 CPVC	UN	1,5	52	78	
TEE CPVC 1/2	UN	2	52	104	
TEE CPVC 3 / 4	UN	1	52	52	
TAPON SOLDADO CPVC 1 / 2	UN	4	52	208	
TAPON SOLDADO CPVC 3 / 4	UN	1	52	52	
BUJE SOLDADO CPVC 3/4 * 1/2	UN	2	52	104	
UNION CPVC 1 / 2	UN	6,5	52	338	

Información del material		Estándar			Observaciones
Insumo	Und	Cant / viv	# viv	# cant Tot	
UNION CPVC 3 / 4	UN	1	52	52	
ADAPTADOR MACHO CPVC 3/4	UN	1	52	52	
ADAPTADOR MACHO CPVC 1/2	UN	8	52	416	
CODO 45 * 1/2 CPVC	UN	2	52	104	
CODO 45 * 3/4 CPVC	UN	1	52	52	
TUBERIA CPVC 1 / 2	UN	8	52	416	
TUBERIA CPVC 3/4"	UN	0,75	52	39	
SOLDADURA CPVC 1 / 8	UN	0,5	52	26	
CODO PVC-P 90 * 3/4	UN	1	52	52	
CODO 90 PVC-P 1/2"	UN	20	52	1040	
CODO 45 * 1/2" PVC-P	UN	2	52	104	
TEE PVC-P 1/2"	UN	8,5	52	442	
TEE PVC 3/4	UN	1	52	52	
BUJE SOLDADO 3/4 * 1/2	UN	2	52	104	
UNION PVC 1 / 2	UN	11	52	572	
UNION PVC 3 / 4	UN	0,25	52	13	
TAPON SOLDADO PVC-P 1/2"	UN	10	52	520	
TAPON ROSCADO 1 / 2	UN	7	52	364	
ADAPTADOR MACHO 1/2	UN	10	52	520	
NIPLE HG 1/2 X 10 CM	UN	7	52	364	
CODO HG 3/4 * 90	UN	1	52	52	
CODO HG 1/2	UN	6	52	312	
SOLDADURA PVC 1 / 4	UN	1	52	52	
LIMPIADOR 1/4 GALON	UN	1	52	52	
TUBERIA 1/2 RDE 9 E.L	UN	5	52	260	
TUBERIA PVC-P 3/4 RDE 11 E.L	UN	0,5	52	26	
CINTA TEFLON	RL	5	52	260	
TEE PVC 3/4	UN	4	4	16	Hidraul. para altillos
BUJE SOLDADO 3/4 * 1/2	UN	4	4	16	Hidraul. para altillos
CODO PVC-P 90 * 3/4	UN	3	4	12	Hidraul. para altillos
ADAPTADOR MACHO 3/4	UN	1	4	4	Hidraul. para altillos
TUBERIA PVC-P 3/4 RDE 11 E.L	UN	1,25	4	5	Hidraul. para altillos
TEE CPVC 3 / 4	UN	2	4	8	Hidraul. para altillos
BUJE SOLDADO CPVC 3/4 * 1/2	UN	3	4	12	Hidraul. para altillos
CODO 90 * 3/4 CPVC	UN	1	4	4	Hidraul. para altillos
TUBERIA CPVC 3/4"	UN	1,75	4	7	Hidraul. para altillos
CODO HG 3/4"X1/2"	UN	1	4	4	Hidraul. para altillos
TUBERIA PVC-P 3 RDE 21	UN	5	1	5	Montante red de consumo
TUBERIA PVC-P 2" RDE 21	UN	2	1	2	Montante red de consumo
UNION PVC 3	UN	2	1	2	Montante red de consumo
CODO 90 * 3 PVC-P	UN	3	1	3	Montante red de consumo
CODO 90 PVC-P 2"	UN	1	1	1	Montante red de consumo
UNION PVC-P 2"	UN	2	1	2	Montante red de consumo
BUJE PRESION SOLDADO 2 * 1 1/2	UN	13	1	13	Montante red de consumo
BUJE SOLDADO 3 * 2	UN	10	1	10	Montante red de consumo

Información del material		Estándar			Observaciones
Insumo	Und	Cant / viv	# viv	# cant Tot	
TEE PVC-P 2"	UN	3	1	3	Montante red de consumo
TEE PVC-P 3"	UN	9	1	9	Montante red de consumo
TEE PVC 1 1/2	UN	26	1	26	Montante red de consumo
TEE PVC 1	UN	13	1	13	Montante red de consumo
CODO 90 * 1 1/2	UN	13	1	13	Montante red de consumo
CODO 90 * 1	UN	13	1	13	Montante red de consumo
BUJE PVC 1 1/2 * 1	UN	13	1	13	Montante red de consumo
BUJE SOLDADO 1 1/2 * 1/2	UN	26	1	26	Montante red de consumo
BUJE SOLDADO 1 * 1/2	UN	26	1	26	Montante red de consumo
CODO PVC-P 90 * 3/4	UN	4	13	52	Derivación entre piso
CODO 90 PVC-P 1/2"	UN	8	13	104	Derivación entre piso
BUJE SOLDADO 3/4 * 1/2	UN	4	13	52	Derivación entre piso
TAPON SOLDADO PVC-P 1/2"	UN	8	13	104	Derivación entre piso
ADAPTADOR MACHO 1/2	UN	32	13	416	Derivación entre piso
UNION PVC 1 / 2	UN	8	13	104	Derivación entre piso
CODO 45 * 1/2" PVC-P	UN	16	13	208	Derivación entre piso
CHEQUE 1/2 CORTINA	UN	4	13	52	Derivación entre piso
VALVULA DE BOLA 1/2" MACHO X HEMBRA	UN	4	13	52	Derivación entre piso
LLAVE ANTIFRAUDE	UN	4	13	52	Derivación entre piso
UNION H.G. 1/2	UN	8	13	104	Derivación entre piso
CINTA TEFLON	RL	20	13	260	Derivación entre piso
TEE H.G. 4	UN	29	1	29	Red contraincendio
CODO HG 4 * 90	UN	2	1	2	Red contraincendio
BUJE H.G. 4 X 3	UN	30	1	30	Red contraincendio
BUJE H.G. 3 X 2 1/2	UN	15	1	15	Red contraincendio
BUJE H.G. 3 X 1 1/2	UN	15	1	15	Red contraincendio
NIPLE H.G. 1 1/2"	UN	15	1	15	Red contraincendio
NIPLE H.G. 2 1/2"	UN	15	1	15	Red contraincendio
NIPLE HG 4" ( 1,21 - 1,30 )	UN	1	1	1	Red contraincendio
NIPLE HG 4" ( 2,11 - 2,20 )	UN	1	1	1	Red contraincendio
NIPLE HG 4" ( 1,61 - 1,70 )	UN	1	1	1	Red contraincendio
NIPLE HG 4" ( 1,51 - 1,60 )	UN	12	1	12	Red contraincendio
NIPLE HG 4" ( 0,61 - 0,70 )	UN	15	1	15	Red contraincendio
ADAPTADOR MACHO 4	UN	1	1	1	Red contraincendio
SELLADOR ETERNA	GA	0,5	1	0,5	Red contraincendio
CINTA TEFLON DE 3/4	RL	120	1	120	Red contraincendio
CODO HG 1/2	UN	92	1	92	Inst. gas, descolgada
UNION H.G. 3/4	UN	130	1	130	Inst. gas, descolgada
UNION H.G. 1/2	UN	13	1	13	Inst. gas, descolgada
BUJE H.G. 3/4 X 1/2	UN	44	1	44	Inst. gas, descolgada
TUBO GALBANIZADO 3/4 T.P	UN	157	1	157	Inst. gas, descolgada
TUBO H.G. 1/2 T.P.	UN	7	1	7	Inst. gas, descolgada
CODO HG 3/4 * 90	UN	396	1	396	Inst. gas, descolgada
CODO HG 3/4"X1/2"	UN	44	1	44	Inst. gas, descolgada
TUBO H.G. 1/2 T.P.	UN	1	52	52	Inst. gas, interna

Información del material		Estándar			Observaciones
Insumo	Und	Cant / viv	# viv	# cant Tot	
NIPLE H.G. 1/2 X 4"	UN	3	52	156	Inst. gas, interna
TAPON COPA H.G. 1/2	UN	3	52	156	Inst. gas, interna
CODO HG 1/2	UN	6	52	312	Inst. gas, interna
TEE H.G. 1/2	UN	1	52	52	Inst. gas, interna
VALVULA DE BOLA 1/2" MACHO X HEMBRA	UN	1	52	52	Inst. gas, interna
PEGANTE FUERZA ALTA	UN	1	52	52	Inst. gas, interna
<b>APARATOS SANITARIOS</b>					
SANIT. TREVI	UN	2	52	104	
LAVAMANOS MILANO	UN	2	52	104	
REJILLA 3 X 2 CON SOSCO	UN	5	52	260	
POLIFLEX LAV. Y LAVAPLATOS	UN	3	52	156	
POLIFLEX SANITARIO	UN	2	52	104	
JGO.INCRUST. ACUACER 4 PIEZAS	UN	2	52	104	
CONJ.LLAVE IND.LAVAMANOS	UN	2	52	104	
LAVAPLATOS ACERO INOXIDABLE	UN	1	52	52	
MEZC.REF.45500 LAVAP. LOIRA EUR	UN	1	52	52	
DUCHA MEZC.REF. 47410 PRISMA	UN	2	52	104	
REJILLA 4 X 3 CON SOSCO	UN	1	4	4	Terrazas de altillo
VALVULA POZUELO 2 1/2 X 1 1/4 SOSCO DESMONTABLE	UN	1	52	52	
LLAVE JARDIN T.P.REF.97720 CRO	UN	1	52	52	
ADAPTADOR MACHO 1/2	UN	6	52	312	
ADAPTADOR MACHO CPVC 1/2	UN	6	52	312	
REJILLA PLANA 20 X 20	UN	2	52	104	
REJILLA VENTILACION BUITRON	UN	1	13	13	
<b>CARPINTERÍA DE MADERA</b>					
PUERTA MADERA FM 0.9-1.0	UN	1	52	52	
PUERTA ARQUITECTONICA DE 180-210 * 051-075	UN	2	52	104	
PUERTA ARQUITECTONICA DE 180-210 * 076-100	UN	3	52	156	
MARCO 7 CM C/D 65 X 2.05	UN	2	52	104	
MARCO MAD. PUERTAS	UN	1	52	52	
MARCOS (1/2) MADERA 0.7-0.8	UN	3	52	156	
<b>APARATOS Y EQUIPOS ESPECIALES</b>					
CITOFONO	UN	1	52	52	
GABINETE CONTRA INCENDIO	UN	1	13	13	
MODULO EMPOTRAR HACEB	UN	1	52	52	
CAJA METAL CONTADOR 1/2	UN	1	52	52	
<b>CERRAJERÍA</b>					
CERROJO B-262 PX DORADO	UN	1	52	52	
CERR. A87PD BELL WOOD GOLD	UN	1	52	52	
CERR. A50WS BELL WOOD GOLD ALC	UN	3	52	156	
CERR. A40S BELL WOOD GOLD BANO	UN	2	52	104	

Información del material		Estándar			Observaciones
Insumo	Und	Cant / viv	# viv	# cant Tot	
<i>PINTURA</i>					
CEMENTO GRIS 50 KG.	BT	1	56	56	

Fuente: MARVAL, R-ING-067 Torres de Monterrey, 2005.

*\*Las cantidades de las actividades que aparecen con (\*) NO fueron revisadas ni halladas por el practicante de ingeniería.*

**Anexo B. Cantidades de obra para portería, salón comunal, cuartos de basuras y piscinas**

Información del material		Cant.	Observaciones
Insumo	Und	Cant.	
<b>Portería</b>			
ARENA	M3	14,2	Mortero para piso, pega de ladrillo y friso
CEMENTO GRIS 50 KG.	BT	109	
SIKA 1	KG	8	Friso baño
LADRILLO ARCILLA H-10	UN	1420	Mamp. en sucio
LADRILLO EXTRUBLOCK	UN	780	Fachada con marmol
PISO PORCELANATO	M2	52,7	
ALFAGRES 10*20	M2	111	Se cambió por tablón
ENCHAPE ECOCERAMICA	M2	9,26	Hasta una alt. = 1,8 m
PISO 20 * 20 ECOCERAMICA	M2	1,89	
ALFA LISTO	KG	1125	Pega alfagrés, porcelanato y cerámica.
SANIT. TREVI	UN	1	
LAVAMANOS MILANO	UN	1	
REJILLA 3 X 2 CON SOSCO	UN	1	
POLIFLEX LAV. Y LAVAPLATOS	UN	1	
POLIFLEX SANITARIO	UN	1	
JGO.INCRUST. ACUACER 4 PIEZAS	UN	1	
CONJ.LLAVE IND.LAVAMANOS	UN	1	
<b>Salón comunal</b>			
HIERRO 1/4 (L=6) PDR -60	VA	106	
HIERRO 3/8 (L=12) PDR -60	VA	152	
HIERRO 1/2 (L=12) PDR-60	VA	200	
HIERRO 5/8 (L=12) PDR-60	VA	7	
MALLA ELECTROSOLDADA (6,0*2,2)	UN	36	Para placa de contrapiso. Los kg se determinan automáticamente en la cartilla de mallas de LASA
CONCRETO 3/4 3000	M3	49,5	
CONCRETO 1½ 3000	M3	19	Para cimentación
ARENA	M3	13	Mortero para piso, pega de ladrillo y friso
CEMENTO GRIS 50 KG.	BT	102	
SIKA 1	KG	16	Friso baño
PISO (no se ha definido referencia)	M2	225,23	Guardería, salón social y admón.
PISO 20 * 20 ECOCERAMICA	M2	8,4	Para baños
ENCHAPE ECOCERAMICA	M2	30,2	Para baños, hasta una alt. = 1,8 m
PISO 30 X 30 GRANILLA	M2	3,72	Enchape mesón
PERFIL ALUMINIO	UN	1	Para mesón enchapado
ALFA LISTO	KG	1375	
PISO PLÁSTICO GIMNASIO	M2	44,9	
SANIT. TREVI	UN	2	
LAVAMANOS MILANO	UN	4	
REJILLA 3 X 2 CON SOSCO	UN	3	
POLIFLEX LAV. Y LAVAPLATOS	UN	5	

Información del material		Cant.	Observaciones
Insumo	Und	Cant.	
POLIFLEX SANITARIO	UN	2	
JGO.INCRUST. ACUACER 4 PIEZAS	UN	2	
CONJ.LLAVE IND.LAVAMANOS	UN	4	
ORINAL	UN	1	Faltan accesorios del orinal
LAVAPLATOS ACERO INOXIDABLE	UN	1	
<b>Cuarto de basuras (carr. antigua)</b>			
ARENA	M3	6,0	Mortero para piso, pega de ladrillo y friso
CEMENTO GRIS 50 KG.	BT	42	
SIKA 1	KG	46	Friso fachada y placa sup.
LADRILLO ARCILLA H-10	UN	536	Mamp. En sucio
LADRILLO EXTRUBLOCK	UN	1103	Fachada
ENCHAPE ECOCERAMICA	M2	35,4	
PISO 20 * 20 ECOCERAMICA	M2	20,5	
ALFA LISTO	KG	275	
SIKAFILL 5	KG	50	Impermeabilización cubierta
SIKAFELT	ML	40	Impermeabilización cubierta
<b>Cuarto de basuras (bajo rampa)</b>			
ARENA	M3	5,8	Mortero para piso, pega de ladrillo y friso
CEMENTO GRIS 50 KG.	BT	42	
SIKA 1	KG	26	Friso
LADRILLO ARCILLA H-10	UN	436	Mamp. en sucio
LADRILLO EXTRUBLOCK	UN	2523	Incluye rampa completa
ENCHAPE ECOCERAMICA	M2	70,1	
PISO 20 * 20 ECOCERAMICA	M2	50,4	
ALFA LISTO	KG	575	
<b>Cerramiento costado Vivero</b>			
LADRILLO EXTRUBLOCK	UN	22383	
CEMENTO GRIS 50 KG.	BT	78	
ARENA	M3	12,67	
HIERRO 3/8 (L=12) PDR -60	VA	337	
CONCRETO 1 ½ 3000	M3	14,5	Viga de cimentación
<b>Plazoletas (materiales varios)</b>			
CASETÓN	ML	2600	
PLÁSTICO	M2	3100	
NEOLITE	ML	27	Para apoyo sobre ménsulas
ICOPOR e=2,0 cm	M2	180	Separación entre estructuras
ICOPOR e=5,0 cm	M2	60	Separación entre estructuras
<b>Piscinas (adultos y de niños)</b>			
HIERRO 3/8 (L=12) PDR -60	VA	40	
HIERRO 1/2 (L=12) PDR-60	VA	719	
HIERRO 5/8 (L=12) PDR-60	VA	158	
HIERRO 3/4 (L=12) PDR- 60	VA	43	
HIERRO 3/8 PR-60 CORRU/FIGURADO	KG	1389,97	
CONCRETO 3/4 3500 IMPERMEABLE	M3	146,25	
CINTA PVC	UN	8	Sello junta de construcción
SIKAFLEX-1 CSL	UN	34	Tratamiento de junta de construcción

Información del material		Cant.	Observaciones
Insumo	Und	Cant.	
ARENA	M3	20,5	Mortero para piso y friso
CEMENTO GRIS 50 KG.	BT	258	
SIKA 1	KG	520	Impermeabilización mortero
ENCHAPE 20*20 BLANCO	M2	496,8	
ENCHAPE 10*10 FATTO ESMALTO	M2	24	
ALFALISTO (este producto se cambió por el semejante de Sika)	KG	2250	Pega piso y enchape piscina
BINDA BOQUILLA	KG	190	Brecha cerámica
ALFA TABLON SAHARA LISO TUNEZ	M2	581	Área alrededor de piscinas
ALFA LISTO	KG	4275	Área alrededor de piscinas
<b>Rampa de sótano 1 a sótano 2</b>			
HIERRO 1/4 (L=6) PDR -60	VA	4	
HIERRO 3/8 (L=12) PDR -60	VA	2	
HIERRO 1/2 (L=12) PDR-60	VA	15	
HIERRO 5/8 (L=12) PDR-60	VA	135	
HIERRO 3/4 (L=12) PDR- 60	VA	97	
HIERRO 7/8 (L=12) PDR -60	VA	5	
HIERRO 1 (L=12 ) PDR-60	VA	4	

Nota: estas cantidades de obra NO incluyen las instalaciones hidráulicas y sanitarias. Tampoco aparecen los insumos cuyas cantidades fueron halladas por otras personas.

### Anexo C. Cuadro de reformas

Torre	Apto	Ref. No.	Fecha solicita reforma	Descripción de ítems de reformas							Observaciones
				Pisos y enchapes	Eléctricos	Carpintería	Pintura	Hidráulic y sanitarios	Aparatos sanitarios	Otros	
1	802	1	29-Abr-05	No instalar en wc's ni enchape de cocina		No instalar mueble inf. cocina.	No pintar ni estucar baño.		No instalar lavaplatos ni mezclador	No instalar mesón en concreto	
1	1101	1	29-Abr-05	Instalar en wc ppal. Enchapar realces bajo mesón y closets.	Inst. ptos TV en alc's. aux's.	Inst. puertas int's (entamboradas) pa las 3 alc's y un wc. Inst. mueble inf. y sup. de cocina.	Estucar y pintar wc ppal.		Instalar lavamanos y sanitario en wc ppal.	Inst. horno a gas y campana extractora marca HACEB.	Los muebles de cocina elaborados en madera y aglomerado melaminico.
2	303	1	06-May-05	Enchape total muros wc's y cocina. Inst. pisos e incrustaciones en wc ppal.		Inst. puertas int's. para 3 alc's y wc ppal. Inst. closets en alc's. Inst. mueble sup. e inf. en cocina.	No estucar ni pintar wc's ni cocina.		Instalar lavamanos y sanitario en wc ppal.	Inst. div. wc's en Al color blanco y vidrio templado. Inst. horno y campana extractora .	Las divisiones de los baños de ancho 0.9 m a 1.1 m. Los muebles de cocina en madera y aglomerado melaminico.
2	603	3	22-Jun-05 09-Jun-05 16-Mar-05	Inst. piso Verona beige 30X30 en todo apto. (incluye realces, balcón y paredes total en wc's y cocina). Hacer realce enchapado en closet alc. aux. 1.	En alc auxs. inst. pto tel cerca pto eléct y ptos. TV y eléct. doble con polo a tierra en mitad de closets; en wc's extractor de olores con encendido conectado al apagador de luz. Dejar apagador fuera de mocheta	No instalar marco puerta ni cerradura wc aux.	No pintar ni estucar wc's	Instalar pto hidráulico PVC D=1/2" para nevera.	No instalar aparatos sanitarios	Entregar (NO instalar) mezclador, horno y campana extractora HACEB. No instalar mesón, dejar mocheta de soporte. Hacer mocheta para closet en alc. aux. 1	

Torre	Apto	Ref. No.	Fecha solicita reforma	Descripción de ítems de reformas						Observaciones	
				Pisos y enchapes	Eléctricos	Carpintería	Pintura	Hidráulic y sanitarios	Aparatos sanitarios		Otros
2	701	2	23-Abr-05 29-Jun-05	No instalar en wc aux. No instalar enchape en cocina.		No instalar puerta wc aux.	No estucar ni pintar wc aux.	Cambiar ptos: gas cerca entrada y agua donde se estaba el de gas. Instalar regadera en wc aux.	No instalar en wc aux.	Inst. alcayatas para hamaca en mirador. No instalar mesón ni estufa.	Alcayatas a 50 cm y otra a 30 cm de pared, se confirma con Ing. Diana, cambio de ptos también. Entregar pisos, enchapes, aparatos sanitarios e incrustaciones no instalado al cliente.
2	702	1	04-Abr-05		Instalar pto TV en alc aux 1						
2	704	1	14-Abr-05	Hacer realce enchapado pa closet alc aux.	Instalar ptos TV en alc aux's.					Hacer mocheta para closet alc aux.	
2	901	1	16-May-05	No inst. en wc aux ni mesón. No enchapar cocina. Hacer realce en alc aux 1. Enchapar realces de alcs y mesón.	Inst. ptos adicional de 110 V con polo a tierra en toma de lavadora y alc. aux. 1; pto. TV en alc. aux. 2. Cambiar ptos de cocina según reforma de mesón.	No inst. marco, puerta ni cerradura wc aux.	No estucar ni pintar wc aux.		No instalar en wc aux.	Hacer mocheta pa closet en alc. aux. 1. Cambiar posición lavaplatos y estufa según plano anexo.	Para reforma del mesón y mocheta de la alc aux 1 se anexa plano.
2	1001	1	06-Sep-05	No instalar en wc aux. No enchapar cocina.			No pintar ni estucar wc's ni cocina		No instalar en wc ni mesón	No instalar mesón	
2	1003	1	28-Sep-05	No enchapar cocina ni mesón (zona ropas sí)					No instalar lavaplatos ni su mezclador	No instalar estufa, ni mesón	

Torre	Apto	Ref. No.	Fecha solicitada reforma	Descripción de ítems de reformas						Observaciones	
				Pisos y enchapes	Eléctricos	Carpintería	Pintura	Hidráulic y sanitarios	Aparatos sanitarios		Otros
2	1101	2	06-May-05	No enchapar mesón de cocina.							Entregar el enchape y los aparatos no instalados al cliente.
2	1102	2	23-May-05 1-Ago-05	Instalar en wc ppal; incrustaciones en wc ppal.	Instalar toma de TV en alc. aux pequeña		Estucar y pintar wc ppal.	Inst. pto hidráulico D=1/2" pa nevera en cocina.	Instalar en wc ppal.		
2	1103	1	04-Abr-05		Instalar pto. TV y tel. en alc aux 1						
2	1104	1	30-Jul-05		Inst. polo a tierra en alc aux 2						
2	1201	1	28-Abr-05	No enchapar mesón, soporte; ni paredes del wc. No instalar incrustaciones en wc.		Instalar closet en alc ppal y aux; puertas de las 3 alcs y wc ppal.			No instalar en wc.		Entregar puerta del wc aux que entrega la constructora.
3	203	1	13-Abr-05	No enchapar mesón, pared de cocina ni wc aux.		No instalar mueble inf. de cocina	No estucar ni pintar wc aux.		No instalar en wc aux.	No instalar estufa, lavaplatos ni su mezclador	El baño se entrega frisado y con los ptos hidrosanitarios y eléctricos en su sitio.
3	301	1	01-Sep-04	Enchape total wc's y cocina menos zona de mueble sup., realces de closets enchapado. Enchapar mesón en granito		Inst. ptas, marco y cerradura alcs y wc ppal, marco pta. inf. mesón cocina, mueble sup., closet alc ppal y una aux.	No estucar ni pintar wc's ni cocina.		wc alc ppal terminado con aparatos en línea tipo 1	Inst. div vidrio wc ppal, acrílico wc aux, horno y campana extractora	

Torre	Apto	Ref. No.	Fecha solicita reforma	Descripción de ítems de reformas						Observaciones	
				Pisos y enchapes	Eléctricos	Carpintería	Pintura	Hidráulic y sanitarios	Aparatos sanitarios		Otros
3	601	1	26-Ago-04	Sin enchape cocina ni wc's		No instalar puertas alcs. y wc's ni muebles en cocina.	No estucar ni pintar wc's.		No instalar en baños ni cocina	No instalar mesón	Solo dejar pto sanitarios y eléctricos, y friso wc
3	602	1	15-Ene-05	No instalar en wc aux, ni incrustaciones.		Instalar puertas en alcs. y wc ppal			No instalar lavamanos ni sanitario en wc aux.	No instalar mesón	
3	702	1	29-Sep-05	Instalar pisos, enchape total e incrust. en wc ppal. Enchapar realces de closets y cocina.		Instalar closet en alc ppal y aux; puertas de las 3 alcs y wc ppal.			Instalar en wc ppal.		
3	903	1	26-Ago-04	No instalar nada en apto		No instalar puertas alcs. y wc's ni muebles en cocina.	No estucar ni pintar wc's.		No instalar en baños, cocina	No instalar mesón ni lavadero	Solo dejar pto sanitarios y eléctricos, y friso wc
3	1003	1	06-Abr-05	Hacer realce para lavadora. No enchapar cocina.						No instalar mesón, lavaplatos, mezclador, estufa.	Dejar solo pollo en la cocina
3	1104	1	15-Jun-05							Instalar 4 ganchos en balcón para hamacas	Los ganchos en las 4 esquinas.
3	1201	2	27-May-05	No instalar en wc aux; tampoco incrustaciones.			No pintar wc aux, solo estucar.		No instalar en wc aux.	Dejar espacio para nevecón de 95 cm.	Para el nevecón hay q cambiar dimensiones del mesón.

Torre	Apto	Ref. No.	Fecha solicita reforma	Descripción de ítems de reformas							Observaciones
				Pisos y enchapes	Eléctricos	Carpintería	Pintura	Hidráulic y sanitarios	Aparatos sanitarios	Otros	
4	201	2	30-Sep-05	No enchapar wc aux ni cocina. Entregar (no instalar) incrust. en wc aux.			No estucar ni pintar cocina ni wc's.		Entregar (no instalar) aparatos sanitarios del wc aux.	Instalar estufa a gas cubierta cristal HACEB en vidrio templado negro*	* Estufa de la misma referencia de Cerros del Campestr e). Entregar aparatos sanitarios no instalados al cliente.
4	303	1	06-Abr-05	Enchapar realces en closets y cocina y zona ducha wc ppal a 1,8 m; inst. piso wc ppal.		No instalar marco, puerta ni cerradura wc aux.	Estucar y pintar wc ppal		Instalar tipo 1 en wc ppal.	Hacer realce para closet ancho = 1.5 m.	
4	304	1	12-Abr-05	No instalar nada en apto.		No instalar puertas internas ni mueble inf. cocina.	No estucar ni pintar wc aux.		No instalar en wc aux. No instalar lavadero, lavaplatos ni su mezclador	No instalar estufa.	El wc aux. se entrega frisado y con los pto hidrosanit arios en su sitio.
4	403	1	04-Abr-05	Enchapar espacio no construido en alc aux 2.						No construir muro div entre alc aux 2 y hall ni mocheta closet.	Se anexó plano donde se indica muro.
4	404	1	06-Abr-05	Trasladar enchape e incrustaciones del wc aux al wc servicio. No enchapar cocina.		No instalar puerta wc aux. ni mueble inf. cocina.	No estucar ni pintar wc aux. Estucar y pintar wc servicio como wc aux.		Trasladar sanitario y lavamanos del wc aux. al wc servicio.	No instalar mesón, estufa, lavaplatos ni su mezclador.	El baño aux. se entrega solo con los puntos. Las puertas y marcos se entregan con dimensiones originales

Torre	Apto	Ref. No.	Fecha solicita reforma	Descripción de ítems de reformas						Observaciones	
				Pisos y enchapes	Eléctricos	Carpintería	Pintura	Hidráulic y sanitarios	Aparatos sanitarios		Otros
4	601	1	23-Abr-05	Enchapar ducha hasta techo en wc aux. Hacer realce enchapado en alc aux.			No estucar ni pintar zona de ducha en wc aux.			Hacer moqueta para closet en alc. aux.	
4	603	1	06-Abr-05	No instalar en wc aux.			No estucar ni pintar wc aux.		No instalar en wc aux.		El baño se entrega frisado y con los ptos hidrosanitarios y eléctricos en su sitio.
4	604	1	19-Ago-05	Instalar total e incrustaciones en wc ppal. Enchapar realces de closets y mesón.					Instalar en wc ppal.		
4	1201	1	23-Abr-05	Enchape total en muros cocina y wc's. No enchapar mesón.		Inst. de puertas interiores.	No estucar ni pintar wc's ni cocina.	Inst. pto hidráulico PVC en cocina para nevera. Suministro e inst. teleducha en wc's (T en sanit.)	Instalar lavamanos, sanitario e incrustaciones línea tipo 1 en wc ppal. No instalar lavaplatos ni mezclador	Inst. div. en Al color blanco y acrílico para wc's. No instalar mesón ni estufa.	Puertas interiores entamboradas para 3 alcobas y un wc.
4	1202	5	21-Abr-05 04-Oct-05 04-Abr-05 09-Jun-05	Hacer y enchapar realce closet alc aux. Enchapar total cocina y mesón.	Instalar pto. TV y PC en alc aux's. Cambiar tomas con 3 patas pa instalar lavadora, microondas y nevera.				No instalar lavaplatos	Hacer moqueta para closet en alc aux.	Entregar físicamente los aparat sanit no instalado. Los ptos. de TV y PC ubicados a 60 cm del techo junto a la moqueta de entrada

Torre	Apto	Ref. No.	Fecha solicita reforma	Descripción de ítems de reformas							Observaciones
				Pisos y enchapes	Eléctricos	Carpintería	Pintura	Hidráulic y sanitarios	Aparatos sanitarios	Otros	
5	101	1	28-Jul-05	Enchape total en wc's y cocina		Div. wc's en vidrio templado			No inst. lavamanos en ningún wc	Inst. chazos para hamaca	Los 2 chazos para hamaca fueron suministrados por el cliente
5	501	2	22-Nov-04	Enchape total en wc aux y ppal y cocina menos zona mueble sup. No inst. incrustaciones en wc aux y ppal.	Polo a tierra y tel en alc aux de closet peq. Pto TV en alc aux grande.	No instalar mueble inferior de cocina	No estucar ni pintar wc aux y ppal ni cocina.				
5	702	1	10-May-05	Colocar toalleros de wc's junto a puerta de ingreso o div. wc							
5	703	1	04-Abr-05; Listelo: e-mail del 27-Jul-05	Enchapar totalment e cocina y wc's. Inst. listelos en wc's		Instalar mueble sup. en cocina	No estucar ni pintar cocina ni wc's.		No instalar aparatos sanit ni incrustaciones en wc's.	Instalar horno, y campana extractora ; división de vidrio templado en wc's.	
5	804	1	05-Abr-05	No enchapar paredes wc's ni cocina. Solo dejar pisos.		No instalar mueble inf. de cocina			No instalar en wc's.	No instalar incrustaciones en wc's, lavaplatos , mezclador ni mesón.	

Torre	Apto	Ref. No.	Fecha solicita reforma	Descripción de ítems de reformas							Observaciones
				Pisos y enchapes	Eléctricos	Carpintería	Pintura	Hidráulic y sanitarios	Aparatos sanitarios	Otros	
5	901	1	29-Mar-05	No enchapar cocina ni lavadero, solo mesón y su soporte. Enchapar totalmente muros wc.			No estucar ni pintar wc's.		No instalar en wc's. No instalar lavamanos ni incrustaciones.	Instalar dos alcayatas.	
5	902	1	04-Abr-05	Enchape en realce de cocina y closets. No instalar pisos en wc's		No instalar mueble inf. de cocina			No instalar en wc's.	No instalar mesón, lavaplatos, mezclador, estufa.	
5	904	1	11-Ene-05	Piso bacón igual a sala-comedor	Ptos de TV en alcs auxs						
5	1001	1	06-Abr-05	Trasladar enchape pared cocina a piso bajo mesón.					No instalar toallero en wc's	No instalar lavadero.	Entregar toalleros físicamente al cliente.
5	1201	1	10-May-05			No instalar closet en alc ppal ni aux's.					
5	1202	1	04-Abr-05	No instalar pisos. No enchapar wc's ni cocina		No instalar closets en alcs.	No estucar ni pintar wc's. No aplicar terminación excepto en sala.		No instalar en baños ni cocina.	No instalar mesón.	
5	1204	2	11-Abr-05				Sin rústico; aplicar estuco y pintura.			Inst. en bacón 6 ganchos para hamaca.	Los ganchos de hamaca son suministrados por cliente.

Torre	Apto	Ref. No.	Fecha solicita reforma	Descripción de ítems de reformas							Observaciones
				Pisos y enchapes	Eléctricos	Carpintería	Pintura	Hidráulic y sanitarios	Aparatos sanitarios	Otros	
5	1304	1	22-Feb-05	No instalar pisos en alc's, sala-comedor, estar, balcón, cocina, wc's. No enchapar wc's.		No instalar mueble inf. cocina.	Solo estuco y 1º mano en todo apto.	Trasladar pto hidráulico para lavadora y lavadero a terraza.	No inst. en baños. No inst. lavaplatos ni mezclador. Inst. lavadero en terraza.	No instalar mesón ni estufa.	Dejar pto's hidrosanitarios y eléctricos originales en su sitio.
6	204	1	03-Jun-05	No instalar en wc's, ni incrustaciones. No enchapar cocina.		No instalar gabinetes de cocina ni closet en alcpal.			No instalar en wc's	No inst. divisiones de wc's. No instalar mesón.	Dejar el pollo para la instalación de las divisiones.  Entregar estufa, horno y campana extractora físicamente.
6	303	1	17-Ago-05	Enchape total en cocina y wc's.	Extractor de olores para wc's		No pintar ni estucar wc's ni cocina.				
6	304	1	27-Jun-05	Enchape total en wc's y cocina excepto zona mueble sup. Instalar listelos en wc's y cocina.			No pintar ni estucar wc's ni cocina.		Instalar teleducha cerca al sanitario.	Div. wc's en Al color blanco y vidrio templado	El cliente compra los listelos.
6	504	1	26-May-05	Enchape total en wc's y cocina.			No pintar ni estucar wc's ni cocina.			Cambiar de posición el lavaplatos	Centrarlo según plano anexo.
6	601	1	03-Jun-05	No morterear piso. No instalar nada.		No instalar puertas internas ni closets, ni muebles de cocina	Entregar con 1º mano de pintura.		No instalar nada.	No instalar mesón.	
6	701	1	13-Sep-05	Enchape total en wc's y cocina		Inst. div wc's Al color blanco y vidrio templado	No pintar ni estucar wc's ni cocina.			No instalar mesón.	

Torre	Apto	Ref. No.	Fecha solicita reforma	Descripción de ítems de reformas							Observaciones
				Pisos y enchapes	Eléctricos	Carpintería	Pintura	Hidráulic y sanitarios	Aparatos sanitarios	Otros	
6	802	1	27-May-05	Enchape total en wc's y cocina. No instalar toalleros.			No estucar ni pintar wc's ni cocina				
6	902	2	20-Abr-05	No instalar en wc's. Hacer realce pa tubos en nuevo baño. No enchapar pared cocina. Instalar piso ILLINOIS en balcón. Mesón en granito.	Cambiar ptos según plano adjunto a solicitud reforma	No instalar puertas de closets.	No estucar ni pintar wc's	Cambiar ptos según plano adjunto a solicitud reforma	No instalar en wc's	Sellar puerta wc ppal y hacerla por pasillo, unir wc's. Hacer nuevo wc en estudio. Inst. horno HACEB ref. HG-60VPG	El nuevo baño tiene las mismas dimensiones que el wc aux. Observar plano adjunto para mayor claridad. OJO: La cocina ya se enchapó
6	1104	3	16-Ago-05	Enchape total cocina con blanco brillante 20,3X30, 5 ALFA. Enchape total wc's Ferrara blanco 20,3X30, 5. Piso wc's y balcón Stone blanco 30,5X30, 5 ALFA. Piso apto. y realces con Crema marfil light BP 41X41 ALFA.		No instalar marcos, puertas, cerraduras ni closets en alcs y wc's; No inst. mueble inf. y sup. en cocina.	Aplicar estuco y pintura en placa superior. No pintar ni estucar wc's ni cocina.		No instalar en wc's. No instalar incrustaciones en wc's.	Aplicar friso en placa superior. Div wc's en Al y vidrio templado.	

Torre	Apto	Ref. No.	Fecha solicita reforma	Descripción de ítems de reformas							Observaciones
				Pisos y enchapes	Eléctricos	Carpintería	Pintura	Hidráulic y sanitarios	Aparatos sanitarios	Otros	
6	1203	1	04-Abr-05		Instalar pto TV en alc aux's; extractor de olores pa wc's con encendido o conect al apagador de luz.						
6	1303	2	16-Mar-05	No instalar en wc's. No enchapar cocina.	Instalar pto. TV en alcs. aux (alt=1,8m) ; pto. tel en alc. aux y sala-comedor; pto. eléct. en terraza; citófono adic en estar de TV		Dejar wc's solo con estuco.	Adicionar pto hidráulico y sanit para terraza	No instalar en wc's.	No instalar div. wc	Los ptos. TV en la mitad de los muros de conc exteriores
6	1304	2	29-Jun-05 19-Sep-05	Enchape total en nuevo wc altillo (h=2,30m ). Hacer realce de h=0,18m * ancho = 0,30m para ocultar tubs y llevarla al bajante del wc ppal.				Inst. ptos adic para lavamanos y jacuzzi en wc altillo. El nuevo lavamanos ubicarlo al lado del que está presupues tado. Inst. ptos. para futuro vidé.	Ubicar aparatos sanitarios según planos.	Cambiar ubicación del wc altillo (área de 0,3*0,3 m en estar de TV alt.) según planos	Consultar planos para el nuevo wc altillo y el jacuzzi con el Arq. Javier Figueroa
7	403	1	18-May-05	No instalar en wc's, tampoco incrustaciones. No enchapar cocina.		No instalar mueble inf. de cocina.	No estucar ni pintar wc's ni cocina.		No instalar en wc's.	No instalar mesón ni mezclador	
7	404	1	29-Abr-05	Enchapar de piso a techo muros cocina y wc's.			No estucar ni pintar cocina.				

Torre	Apto	Ref. No.	Fecha solicita reforma	Descripción de ítems de reformas							Observaciones
				Pisos y enchapes	Eléctricos	Carpintería	Pintura	Hidráulic y sanitarios	Aparatos sanitarios	Otros	
7	803	1	12-Ago-05	No instalar en wc aux. No enchapar wc ppal.					No instalar en wc aux.		Entregar el enchape no instalado físicamente al cliente.
7	1001	1	29-Abr-05	No inst. en wc's. No enchapar paredes cocina.		No instalar mueble inferior de cocina.	No estucar ni pintar wc's		No instalar en wc's. No instalar lavadero.	No instalar mesón	
7	1102	2	25-May-05 14-Sep-05	Instalar listelo en cajón de ducha de wc's. Enchape total en wc's.				Instalar pto de agua caliente y fría en lavamanos wc ppal	Instalar lavamanos con mezclador en wc ppal		El listelo en la mitad de la pared
8	801	1	01-Jun-05		Trasladar pto TV de sala a una alc aux y el del tel a la otra alc aux.						
8	1001	1	21-Jun-05	Total en wc's y cocina		Inst. div en Al y vidrio templado (color blanco)					
8	1004	1	06-Abr-05	No instalar pisos ni guardaes cobas en sala, comedor, alc's, estar, balcón, cocina.							Solo aplicar mortero al piso. Los marcos de puertas y puertas se entregan con alts originales

Fuente: MARVAL Torres de Monterrey, 2005.

**Anexo D. Resultados de ensayos de resistencia del concreto**

	Fecha de fundida	F'c (psi)	Resistencia a la compresión				Proveedor	¿Cumple f'c teórico?	¿Cumple? NSR-98 C.5.6.2.3 (a)	¿Cumple? NSR-98 C.5.6.2.3 (b)	Prueba de esclerómetro		Ensayo testigos o núcleos		¿Conc. Conforme?
			%		(psi)						fecha	(psi)	fecha	(psi)	
			7 días	28 días	7 días	28 días									
1	3-Ene-05	3000	98%	129%	2943	3857	HOLCIM	OK		OK					
2	3-Ene-05	3000	93%	123%	2800	3686	HOLCIM	OK	3881	OK					
3	4-Ene-05	3000	103%	137%	3086	4100	HOLCIM	OK	3810	OK					
4	5-Ene-05	3000	76%	121%	2286	3643	HOLCIM	OK	3638	OK					
5	6-Ene-05	3000	79%	106%	2373	3170	HOLCIM	OK	3576	OK					
6	7-Ene-05	3000	104%	130%	3114	3914	HOLCIM	OK	3747	OK					
7	8-Ene-05	3000	99%	139%	2957	4157	HOLCIM	OK	3950	OK					
8	11-Ene-05	3000	103%	126%	3090	3780	CEMEX	OK	3946	OK					
9	11-Ene-05	3000	86%	130%	2580	3900	CEMEX	OK	3760	OK					
10	12-Ene-05	3000	83%	120%	2490	3600	CEMEX	OK	3700	OK					
11	13-Ene-05	3000	104%	120%	3120	3600	CEMEX	OK	4020	OK					
12	14-Ene-05	3000	134%	162%	4020	4860	CEMEX	OK	3563	OK					
13	14-Ene-05	3000	76%	74%	2292	2228	CEMEX	NO	3813	NO	17-May-05	3592,26		SI	
14	14-Ene-05	3000	110%	145%	3300	4350	CEMEX	OK	3563	OK					
15	14-Ene-05	3000	110%	137%	3300	4110	CEMEX	OK	4100	OK					
16	15-Ene-05	3000	91%	128%	2730	3840	CEMEX	OK	3930	OK					
17	16-Ene-05	3000	112%	128%	3360	3840	CEMEX	OK	3740	OK					
18	16-Ene-05	3000	99%	118%	2970	3540	CEMEX	OK	3720	OK					
19	17-Ene-05	3000	104%	126%	3120	3780	CEMEX	OK		OK					
20	18-Ene-05	4000	81%	103%	3240	4110	CEMEX	OK		OK					
21	18-Ene-05	3000	109%	130%	3270	3900	CEMEX	OK		OK					
22	19-Ene-05	3000	87%	111%	2610	3330	CEMEX	OK	3780	OK					
23	19-Ene-05	3000	95%	137%	2850	4110	CEMEX	OK	3509	OK					
24	19-Ene-05	3000	94%	103%	2805	3088	CEMEX	OK	3989	OK					
25	20-Ene-05	3000	128%	159%	3840	4770	CEMEX	OK	3852	OK					
26	20-Ene-05	3000	121%	123%	3632	3698	CEMEX	OK	4233	OK					
27	20-Ene-05	3000	112%	141%	3360	4230	CEMEX	OK		OK					
28	21-Ene-05	4000	82%	103%	3280	4120	CEMEX	OK		OK					

	Fecha de fundida	F'c (psi)	Resistencia a la compresión				Proveedor	¿Cumple f'c teórico?	¿Cumple? NSR-98 C.5.6.2.3 (a)	¿Cumple? NSR-98 C.5.6.2.3 (b)	Prueba de esclerómetro		Ensayo testigos o núcleos		¿Conc. Confor-me?
			%		(psi)						fecha	(psi)	fecha	(psi)	
			7 días	28 días	7 días	28 días									
29	21-Ene-05	3000	101%	138%	3030	4140	CEMEX	OK		OK					
30	21-Ene-05	3000	101%	146%	3030	4380	CEMEX	OK		OK					
31	24-Ene-05	4000	85%	108%	3400	4320	CEMEX	OK		OK					
32	24-Ene-05	3000	87%	110%	2610	3300	CEMEX	OK		OK					
33	25-Ene-05	3000	99%	120%	2970	3600	CEMEX	OK	3530	OK					
34	26-Ene-05	3000	94%	123%	2820	3690	CEMEX	OK	3720	OK					
35	26-Ene-05	3000	96%	129%	2880	3870	CEMEX	OK	3930	OK					
36	26-Ene-05	3000	121%	141%	3630	4230	CEMEX	OK	3848	OK					
37	26-Ene-05	3000	87%	115%	2598	3443	CEMEX	OK	3808	OK					
38	27-Ene-05	3000	115%	125%	3450	3750	CEMEX	OK	3788	OK					
39	27-Ene-05	3000	129%	139%	3870	4170	CEMEX	OK	3960	OK					
40	27-Ene-05	3000	108%	132%	3240	3960	CEMEX	OK	3830	OK					
41	27-Ene-05	3000	98%	112%	2940	3360	CEMEX	OK	3440	OK					
42	28-Ene-05	3000	67%	100%	2010	3000	CEMEX	OK	3220	OK					
43	28-Ene-05	3000	98%	110%	2940	3300	CEMEX	OK	3230	OK					
44	28-Ene-05	3000	102%	113%	3060	3390	CEMEX	OK	3500	OK					
45	28-Ene-05	3000	107%	127%	3210	3810	CEMEX	OK	3940	OK					
46	28-Ene-05	3000	120%	154%	3600	4620	CEMEX	OK	3860	OK					
47	29-Ene-05	3000	85%	105%	2550	3150	CEMEX	OK	3900	OK					
48	29-Ene-05	3000	100%	131%	3000	3930	CEMEX	OK	3700	OK					
49	29-Ene-05	3000	119%	134%	3570	4020	CEMEX	OK	3840	OK					
50	30-Ene-05	3000	109%	119%	3270	3570	CEMEX	OK	3640	OK					
51	30-Ene-05	3000	98%	111%	2940	3330	CEMEX	OK	3780	OK					
52	30-Ene-05	3000	121%	148%	3630	4440	CEMEX	OK	3980	OK					
53	31-Ene-05	3000	110%	139%	3300	4170	CEMEX	OK	4170	OK					
54	31-Ene-05	3000	113%	130%	3390	3900	CEMEX	OK		OK					
55	31-Ene-05	4000	98%	117%	3920	4680	CEMEX	OK		OK					
56	31-Ene-05	3000	113%	135%	3390	4050	CEMEX	OK		OK					
57	1-Feb-05	3000	80%	114%	2400	3420	CEMEX	OK	3396	OK					
58	1-Feb-05	3000	58%	91%	1732	2717	CEMEX	NO	3326	OK	17-May-05	3091,73		SI	
59	1-Feb-05	3000	95%	128%	2850	3840	CEMEX	OK	3586	OK					

	Fecha de fundida	F'c (psi)	Resistencia a la compresión				Proveedor	¿Cumple f'c teórico?	¿Cumple? NSR-98 C.5.6.2.3 (a)	¿Cumple? NSR-98 C.5.6.2.3 (b)	Prueba de esclerómetro		Ensayo testigos o núcleos		¿Conc. Conforme?
			%		(psi)						fecha	(psi)	fecha	(psi)	
			7 días	28 días	7 días	28 días									
60	1-Feb-05	3000	109%	140%	3270	4200	CEMEX	OK	3970	OK					
61	2-Feb-05	3000	95%	129%	2850	3870	CEMEX	OK	4010	OK					
62	2-Feb-05	3000	114%	132%	3420	3960	CEMEX	OK	3880	OK					
63	2-Feb-05	3000	104%	127%	3120	3810	CEMEX	OK	3870	OK					
64	3-Feb-05	3000	99%	128%	2970	3840	CEMEX	OK	3770	OK					
65	3-Feb-05	3000	105%	122%	3150	3660	CEMEX	OK	3800	OK					
66	3-Feb-05	3000	107%	130%	3210	3900	CEMEX	OK	3700	OK					
67	4-Feb-05	3000	85%	118%	2550	3540	CEMEX	OK	3610	OK					
68	4-Feb-05	3000	87%	113%	2610	3390	CEMEX	OK	3450	OK					
69	5-Feb-05	3000	87%	114%	2610	3420	CEMEX	OK	3410	OK					
70	5-Feb-05	3000	95%	114%	2850	3420	CEMEX	OK	3400	OK					
71	6-Feb-05	3000	92%	112%	2760	3360	CEMEX	OK	3290	OK					
72	6-Feb-05	3000	76%	103%	2280	3090	CEMEX	OK	3260	OK					
73	7-Feb-05	3000	83%	111%	2490	3330	CEMEX	OK	3430	OK					
74	7-Feb-05	3000	83%	129%	2490	3870	CEMEX	OK	3680	OK					
75	7-Feb-05	3000	97%	128%	2910	3840	CEMEX	OK	3950	OK					
76	7-Feb-05	3000	110%	138%	3300	4140	CEMEX	OK	4040	OK					
77	7-Feb-05	3000	109%	138%	3270	4140	CEMEX	OK	3900	OK					
78	8-Feb-05	3000	86%	114%	2580	3420	CEMEX	OK	4060	OK					
79	8-Feb-05	3000	103%	154%	3090	4620	CEMEX	OK	3980	OK					
80	9-Feb-05	3000	107%	130%	3210	3900	CEMEX	OK	4020	OK					
81	10-Feb-05	3000	95%	118%	2850	3540	CEMEX	OK		OK					
82	10-Feb-05	4000	71%	110%	2840	4400	CEMEX	OK		OK					
83	11-Feb-05	3000	101%	124%	3030	3720	CEMEX	OK		OK					
84	11-Feb-05	3000	51%	101%	1539	3021	CEMEX	OK	3617	OK					
85	14-Feb-05	3000	97%	137%	2910	4110	CEMEX	OK	3727	OK					
86	15-Feb-05	3000	108%	135%	3240	4050	CEMEX	OK		OK					
87	15-Feb-05	4000	79%	104%	3160	4160	CEMEX	OK		OK					
88	16-Feb-05	4000	64%	93%	2560	3720	CEMEX	NO		OK	17-May-05	4304,36		SI	
89	17-Feb-05	3000	110%	128%	3300	3840	CEMEX	OK		OK					
90	17-Feb-05	3000	103%	137%	3090	4110	CEMEX	OK	3629	OK					

	Fecha de fundida	F'c (psi)	Resistencia a la compresión				Proveedor	¿Cumple f'c teórico?	¿Cumple? NSR-98 C.5.6.2.3 (a)	¿Cumple? NSR-98 C.5.6.2.3 (b)	Prueba de esclerómetro		Ensayo testigos o núcleos		¿Conc. Conforme?
			%		(psi)						fecha	(psi)	fecha	(psi)	
			7 días	28 días	7 días	28 días									
91	17-Feb-05	3000	70%	98%	2103	2937	CEMEX	NO	3499	OK				SI	
92	18-Feb-05	3000	94%	115%	2820	3450	CEMEX	OK	3289	OK					
93	18-Feb-05	3000	90%	116%	2700	3480	CEMEX	OK		OK					
94	19-Feb-05	4000	81%	114%	3240	4560	CEMEX	OK		OK					
95	21-Feb-05	3000	110%	138%	3300	4140	CEMEX	OK		OK					
96	22-Feb-05	3000	91%	118%	2730	3540	CEMEX	OK	3890	OK					
97	22-Feb-05	3000	103%	133%	3090	3990	CEMEX	OK	3720	OK					
98	22-Feb-05	3000	101%	121%	3030	3630	CEMEX	OK	3710	OK					
99	23-Feb-05	3000	86%	117%	2580	3510	CEMEX	OK	3790	OK					
100	24-Feb-05	3000	105%	141%	3150	4230	CEMEX	OK	3281	OK					
101	25-Feb-05	3000	58%	70%	1737	2102	CEMEX	NO	3441	NO	17-May-05	3081,94		SI	
102	25-Feb-05	3000	97%	133%	2910	3990	CEMEX	OK	3211	OK					
103	25-Feb-05	3000	92%	118%	2760	3540	CEMEX	OK	3600	OK					
104	25-Feb-05	3000	85%	109%	2550	3270	CEMEX	OK	3280	OK					
105	26-Feb-05	3000	72%	101%	2160	3030	CEMEX	OK	3250	OK					
106	26-Feb-05	3000	88%	115%	2640	3450	CEMEX	OK	3220	OK					
107	27-Feb-05	3000	74%	106%	2220	3180	CEMEX	OK	3630	OK					
108	27-Feb-05	3000	105%	142%	3150	4260	CEMEX	OK	3530	OK					
109	28-Feb-05	3000	77%	105%	2310	3150	CEMEX	OK	3694	OK					
110	1-Mar-05	3000	84%	122%	2514	3671	HOLCIM	OK		OK					
111	1-Mar-05	4000	68%	105%	2714	4200	HOLCIM	OK		OK					
112	1-Mar-05	3000	72%	132%	2171	3957	HOLCIM	OK		OK					
113	2-Mar-05	3000	100%	135%	3014	4057	CEMEX	OK	3641	OK					
114	2-Mar-05	3000	67%	97%	2009	2910	CEMEX	NO	3722	OK				SI	
115	2-Mar-05	3000	103%	140%	3100	4200	CEMEX	OK	3580	OK					
116	3-Mar-05	3000	85%	121%	2557	3629	CEMEX	OK	3838	OK					
117	3-Mar-05	3000	91%	123%	2743	3686	CEMEX	OK	3524	OK					
118	4-Mar-05	3000	81%	109%	2443	3257	CEMEX	OK	3629	OK					
119	4-Mar-05	3000	102%	131%	3071	3943	CEMEX	OK	3862	OK					
120	5-Mar-05	3000	120%	146%	3586	4386	CEMEX	OK	4119	OK					
121	5-Mar-05	3000	107%	134%	3200	4029	CEMEX	OK	4033	OK					

	Fecha de fundida	F'c (psi)	Resistencia a la compresión				Proveedor	¿Cumple f'c teórico?	¿Cumple? NSR-98 C.5.6.2.3 (a)	¿Cumple? NSR-98 C.5.6.2.3 (b)	Prueba de esclerómetro		Ensayo testigos o núcleos		¿Conc. Conforme?
			%		(psi)						fecha	(psi)	fecha	(psi)	
			7 días	28 días	7 días	28 días									
122	7-Mar-05	3000	101%	123%	3043	3686	CEMEX	OK	4024	OK					
123	8-Mar-05	3000	125%	145%	3743	4357	CEMEX	OK	3729	OK					
124	9-Mar-05	3000	79%	105%	2357	3143	CEMEX	OK	3810	OK					
125	9-Mar-05	3000	102%	131%	3057	3929	CEMEX	OK	3729	OK					
126	11-Mar-05	3000	114%	137%	3429	4114	CEMEX	OK		OK					
127	17-Mar-05	4000	90%	116%	3600	4629	CEMEX	OK		OK					
128	28-Mar-05	3500	87%	108%	3043	3771	CEMEX	OK		OK					
129	29-Mar-05	3500	79%	109%	2766	3810	CEMEX	OK	3862	OK					
130	29-Mar-05	3500	85%	114%	2977	4005	CEMEX	OK	3838	OK					
131	29-Mar-05	3500	82%	106%	2857	3700	CEMEX	OK		OK					
132	31-Mar-05	3000	117%	139%	3500	4171	CEMEX	OK		OK					
133	2-Abr-05	3000	103%	133%	3100	4000	CEMEX	OK	4033	OK					
134	2-Abr-05	3000	107%	131%	3214	3929	CEMEX	OK		OK					
135	6-Abr-05	4000	82%	102%	3286	4086	CEMEX	OK		OK					
136	7-Abr-05	3000	83%	107%	2486	3214	CEMEX	OK		OK					
137	7-Abr-05	4000	82%	119%	3286	4757	CEMEX	OK		OK					
138	7-Abr-05	4000	97%	129%	3871	5143	CEMEX	OK		OK					
139	8-Abr-05	3000	80%	109%	2414	3271	CEMEX	OK		OK					
140	9-Abr-05	3000	103%	127%	3086	3800	CEMEX	OK	3833	OK					
141	9-Abr-05	3000	128%	148%	3843	4429	CEMEX	OK	3800	OK					
142	10-Abr-05	3000	86%	106%	2586	3171	CEMEX	OK	3981	OK					
143	10-Abr-05	3000	130%	145%	3886	4343	CEMEX	OK	3843	OK					
144	10-Abr-05	3000	123%	134%	3686	4014	CEMEX	OK		OK					
145	11-Abr-05	4000	104%	132%	4157	5271	CEMEX	OK		OK					
146	12-Abr-05	4000	98%	115%	3918	4586	CEMEX	OK	4776	OK					
147	12-Abr-05	4000	97%	112%	3886	4471	CEMEX	OK	4676	OK					
148	13-Abr-05	4000	95%	124%	3800	4971	CEMEX	OK	4700	OK					
149	13-Abr-05	4000	75%	116%	3014	4657	CEMEX	OK		OK					
150	14-Abr-05	3000	108%	143%	3229	4290	CEMEX	OK		OK					
151	15-Abr-05	3000	116%	129%	3486	3870	CEMEX	OK	4040	OK					
152	15-Abr-05	3000	112%	132%	3357	3960	CEMEX	OK	3840	OK					

	Fecha de fundida	F'c (psi)	Resistencia a la compresión				Proveedor	¿Cumple f'c teórico?	¿Cumple? NSR-98 C.5.6.2.3 (a)	¿Cumple? NSR-98 C.5.6.2.3 (b)	Prueba de esclerómetro		Ensayo testigos o núcleos		¿Conc. Conforme?
			%		(psi)						fecha	(psi)	fecha	(psi)	
			7 días	28 días	7 días	28 días									
153	16-Abr-05	3000	102%	123%	3057	3690	CEMEX	OK	3790	OK					
154	16-Abr-05	3000	94%	124%	2829	3720	CEMEX	OK		OK					
155	18-Abr-05	4000	85%	125%	3414	5000	CEMEX	OK		OK					
156	19-Abr-05	4000	52%	72%	2065	2899	CEMEX	NO	4246	NO	21-Jul-05	4027,00	22-Jul-05	3992,14	SI
157	19-Abr-05	4000	93%	121%	3729	4840	CEMEX	OK	4166	OK					
158	19-Abr-05	4000	94%	119%	3743	4760	CEMEX	OK		OK					
159	20-Abr-05	3000	149%	161%	4471	4830	CEMEX	OK		OK					
160	20-Abr-05	4000	117%	142%	4671	5680	CEMEX	OK		OK					
161	21-Abr-05	4000	111%	132%	4457	5280	CEMEX	OK		OK					
162	21-Abr-05	3000	104%	127%	3120	3810	CEMEX	OK		OK					
163	21-Abr-05	3000	122%	155%	3671	4650	CEMEX	OK		OK					
164	22-Abr-05	4000	116%	129%	4657	5160	CEMEX	OK		OK					
165	22-Abr-05	3000	145%	181%	4343	5430	CEMEX	OK		OK					
166	25-Abr-05	4000	100%	121%	3986	4840	CEMEX	OK		OK					
167	26-Abr-05	4000	115%	135%	4586	5400	CEMEX	OK		OK					
168	26-Abr-05	3000	121%	150%	3629	4500	CEMEX	OK		OK					
169	27-Abr-05	4000	108%	137%	4329	5480	CEMEX	OK		OK					
170	28-Abr-05	4000	106%	146%	4229	5840	CEMEX	OK	5533	OK					
171	29-Abr-05	4000	86%	132%	3457	5280	CEMEX	OK		OK					
172	29-Abr-05	3000	106%	144%	3186	4320	CEMEX	OK		OK					
173	30-Abr-05	3000	128%	154%	3829	4620	CEMEX	OK	4170	OK					
174	30-Abr-05	3000	104%	119%	3114	3570	CEMEX	OK		OK					
175	2-May-05	3500	91%	118%	3185	4130	CEMEX	OK		OK					
176	2-May-05	3000	83%	114%	2490	3420	CEMEX	OK		OK					
177	2-May-05	4000	95%	125%	3800	5000	CEMEX	OK		OK					
178	3-May-05	4000	95%	121%	3800	4840	CEMEX	OK	4947	OK					
179	4-May-05	4000	102%	125%	4080	5000	CEMEX	OK	5080	OK					
180	4-May-05	4000	112%	135%	4480	5400	CEMEX	OK		OK					
181	5-May-05	3000	91%	132%	2730	3960	CEMEX	OK		OK					
182	5-May-05	3000	105%	128%	3150	3840	CEMEX	OK	4110	OK					
183	6-May-05	3000	125%	151%	3750	4530	CEMEX	OK	3961	OK					

	Fecha de fundida	F'c (psi)	Resistencia a la compresión				Proveedor	¿Cumple f'c teórico?	¿Cumple? NSR-98 C.5.6.2.3 (a)	¿Cumple? NSR-98 C.5.6.2.3 (b)	Prueba de esclerómetro		Ensayo testigos o núcleos		¿Conc. Conforme?
			%		(psi)						fecha	(psi)	fecha	(psi)	
			7 días	28 días	7 días	28 días									
184	6-May-05	3000	97%	117%	2904	3513	CEMEX	OK	4361	OK					
185	6-May-05	3000	128%	168%	3840	5040	CEMEX	OK	4481	OK					
186	7-May-05	3000	139%	163%	4170	4890	CEMEX	OK	4960	OK					
187	7-May-05	3000	142%	165%	4260	4950	CEMEX	OK	4660	OK					
188	9-May-05	3000	109%	138%	3270	4140	CEMEX	OK		OK					
189	9-May-05	4000	115%	144%	4600	5760	CEMEX	OK		OK					
190	10-May-05	3000	127%	156%	3810	4680	CEMEX	OK		OK					
191	11-May-05	3000	101%	127%	3030	3810	CEMEX	OK	4020	OK					
192	11-May-05	3000	92%	119%	2760	3570	CEMEX	OK	3920	OK					
193	12-May-05	3000	120%	146%	3600	4380	CEMEX	OK	4120	OK					
194	12-May-05	3000	116%	147%	3480	4410	CEMEX	OK	4650	OK					
195	13-May-05	3000	144%	172%	4320	5160	CEMEX	OK	4307	OK					
196	13-May-05	3000	94%	112%	2817	3350	CEMEX	OK	4327	OK					
197	13-May-05	3000	119%	149%	3570	4470	CEMEX	OK	3917	OK					
198	16-May-05	3000	111%	131%	3330	3930	CEMEX	OK	4460	OK					
199	16-May-05	3000	135%	166%	4050	4980	CEMEX	OK	4140	OK					
200	17-May-05	3000	83%	117%	2490	3510	CEMEX	OK	4330	OK					
201	17-May-05	3000	121%	150%	3630	4500	CEMEX	OK	4150	OK					
202	17-May-05	3000	119%	148%	3570	4440	CEMEX	OK	4240	OK					
203	18-May-05	3000	103%	126%	3090	3780	CEMEX	OK	4070	OK					
204	18-May-05	3000	105%	133%	3150	3990	CEMEX	OK	3710	OK					
205	19-May-05	3000	78%	112%	2340	3360	CEMEX	OK		OK					
206	20-May-05	4000	79%	96%	3150	3840	CEMEX	NO		OK	21-Jul-05	4013		SI	
207	20-May-05	3000	104%	128%	3120	3840	CEMEX	OK		OK					
208	20-May-05	3000	77%	108%	2324	3239	CEMEX	OK	3640	OK					
209	20-May-05	3000	115%	128%	3450	3840	CEMEX	OK		OK					
210	21-May-05	4000	87%	115%	3480	4600	CEMEX	OK		OK					
211	21-May-05	3000	113%	131%	3390	3930	CEMEX	OK		OK					
212	22-May-05	3000	104%	122%	3120	3660	CEMEX	OK	3730	OK					
213	22-May-05	3000	103%	120%	3090	3600	CEMEX	OK	3620	OK					
214	23-May-05	3000	92%	120%	2760	3600	CEMEX	OK	3710	OK					

	Fecha de fundida	F'c (psi)	Resistencia a la compresión				Proveedor	¿Cumple f'c teórico?	¿Cumple? NSR-98 C.5.6.2.3 (a)	¿Cumple? NSR-98 C.5.6.2.3 (b)	Prueba de esclerómetro		Ensayo testigos o núcleos		¿Conc. Confor-me?
			%		(psi)						fecha	(psi)	fecha	(psi)	
			7 días	28 días	7 días	28 días									
215	23-May-05	3000	106%	131%	3180	3930	CEMEX	OK	4020	OK					
216	24-May-05	3000	139%	151%	4170	4530	CEMEX	OK	4190	OK					
217	25-May-05	3000	105%	137%	3150	4110	CEMEX	OK	4200	OK					
218	26-May-05	3000	103%	132%	3090	3960	CEMEX	OK	4210	OK					
219	26-May-05	3000	107%	152%	3210	4560	CEMEX	OK	4160	OK					
220	26-May-05	3000	104%	132%	3120	3960	CEMEX	OK		OK					
221	26-May-05	4000	95%	138%	3800	5520	CEMEX	OK		OK					
222	26-May-05	3000	100%	123%	3000	3690	CEMEX	OK		OK					
223	27-May-05	3000	59%	109%	1760	3268	CEMEX	OK	3609	OK					
224	27-May-05	3000	95%	129%	2850	3870	CEMEX	OK	3559	OK					
225	28-May-05	3000	88%	118%	2640	3540	CEMEX	OK	3670	OK					
226	29-May-05	3000	90%	120%	2700	3600	CEMEX	OK	3650	OK					
227	29-May-05	3000	91%	127%	2730	3810	CEMEX	OK	3690	OK					
228	30-May-05	3000	75%	122%	2250	3660	CEMEX	OK	3750	OK					
229	30-May-05	3000	88%	126%	2640	3780	CEMEX	OK	3820	OK					
230	30-May-05	3000	80%	134%	2400	4020	CEMEX	OK	3800	OK					
231	30-May-05	3000	70%	120%	2100	3600	CEMEX	OK	4020	OK					
232	31-May-05	3000	109%	148%	3270	4440	CEMEX	OK	3724	OK					
233	1-Jun-05	3000	84%	104%	2528	3131	CEMEX	OK	3804	OK					
234	1-Jun-05	3000	96%	128%	2880	3840	CEMEX	OK		OK					
235	8-Jun-05	3000	67%	114%	2002	3411	CEMEX	OK		OK					
236	16-Jun-05	3000	94%	113%	2807	3385	CEMEX	OK		OK					
237	21-Jun-05	3000	109%	136%	3270	4080	CEMEX	OK		OK					
238	21-Jun-05	3000	126%	150%	3780	4500	CEMEX	OK	4650	OK					
239	22-Jun-05	3000	144%	179%	4320	5370	CEMEX	OK	4690	OK					
240	23-Jun-05	3000	121%	140%	3630	4200	CEMEX	OK	4496	OK					
241	23-Jun-05	3000	114%	131%	3431	3919	CEMEX	OK	4136	OK					
242	23-Jun-05	3000	119%	143%	3570	4290	CEMEX	OK	4236	OK					
243	24-Jun-05	3000	134%	150%	4020	4500	CEMEX	OK	4410	OK					
244	24-Jun-05	3000	127%	148%	3810	4440	CEMEX	OK	4390	OK					
245	27-Jun-05	3000	95%	141%	2850	4230	CEMEX	OK	4340	OK					

	Fecha de fundida	F'c (psi)	Resistencia a la compresión				Proveedor	¿Cumple f'c teórico?	¿Cumple? NSR-98 C.5.6.2.3 (a)	¿Cumple? NSR-98 C.5.6.2.3 (b)	Prueba de esclerómetro		Ensayo testigos o núcleos		¿Conc. Conforme?
			%		(psi)						fecha	(psi)	fecha	(psi)	
			7 días	28 días	7 días	28 días									
246	28-Jun-05	3000	93%	145%	2790	4350	CEMEX	OK	4300	OK					
247	29-Jun-05	3000	104%	144%	3120	4320	CEMEX	OK	3890	OK					
248	29-Jun-05	3000	62%	100%	1849	2999	CEMEX	NO	3840	OK				SI	
249	29-Jun-05	3000	111%	140%	3330	4200	CEMEX	OK	3870	OK					
250	30-Jun-05	3000	110%	147%	3300	4410	CEMEX	OK		OK					
251	1-Jul-05	514,29	101%	140%	519	720	CEMEX	OK		OK					
252	1-Jul-05	3000	114%	157%	3420	4710	CEMEX	OK		OK					
253	2-Jul-05	3000	108%	131%	3240	3930	CEMEX	OK	4220	OK					
254	5-Jul-05	3000	98%	134%	2940	4020	CEMEX	OK	4140	OK					
255	5-Jul-05	3000	124%	149%	3720	4470	CEMEX	OK	4480	OK					
256	6-Jul-05	3000	120%	165%	3600	4950	CEMEX	OK	4319	OK					
257	7-Jul-05	3000	71%	118%	2126	3536	CEMEX	OK	3979	OK					
258	12-Jul-05	3000	84%	115%	2520	3450	CEMEX	OK	3649	OK					
259	12-Jul-05	3000	94%	132%	2820	3960	CEMEX	OK	3467	OK					
260	12-Jul-05	3000	62%	100%	1845	2992	CEMEX	NO	3937	OK				SI	
261	13-Jul-05	3000	123%	162%	3690	4860	CEMEX	OK	4167	OK					
262	13-Jul-05	3000	101%	155%	3030	4650	CEMEX	OK	4770	OK					
263	15-Jul-05	3000	125%	160%	3750	4800	CEMEX	OK	4600	OK					
264	15-Jul-05	3000	117%	145%	3510	4350	CEMEX	OK	4013	OK					
265	19-Jul-05	3000	75%	96%	2261	2888	CEMEX	NO	3913	OK	22-Sep-08	4099,00		SI	
266	19-Jul-05	3000	139%	150%	4170	4500	CEMEX	OK	3643	OK					
267	21-Jul-05	3000	89%	118%	2670	3540	CEMEX	OK	4300	OK					
268	21-Jul-05	3000	138%	162%	4140	4860	CEMEX	OK	4220	OK					
269	21-Jul-05	3000	126%	142%	3780	4260	CEMEX	OK	4620	OK					
270	22-Jul-05	3000	133%	158%	3990	4740	CEMEX	OK	4500	OK					
271	22-Jul-05	3000	139%	150%	4170	4500	CEMEX	OK	4410	OK					
272	23-Jul-05	3000	101%	133%	3030	3990	CEMEX	OK	4000	OK					
273	24-Jul-05	3000	101%	117%	3030	3510	CEMEX	OK	3670	OK					
274	24-Jul-05	3000	100%	117%	3000	3510	CEMEX	OK	4030	OK					
275	24-Jul-05	3000	148%	169%	4440	5070	CEMEX	OK	4450	OK					
276	25-Jul-05	3000	129%	159%	3870	4770	CEMEX	OK	5020	OK					

	Fecha de fundida	F'c (psi)	Resistencia a la compresión				Proveedor	¿Cumple f'c teórico?	¿Cumple? NSR-98 C.5.6.2.3 (a)	¿Cumple? NSR-98 C.5.6.2.3 (b)	Prueba de esclerómetro		Ensayo testigos o núcleos		¿Conc. Conforme?
			%		(psi)						fecha	(psi)	fecha	(psi)	
			7 días	28 días	7 días	28 días									
277	25-Jul-05	3000	140%	174%	4200	5220	CEMEX	OK	4870	OK					
278	25-Jul-05	3000	125%	154%	3750	4620	CEMEX	OK	4599	OK					
279	26-Jul-05	3000	118%	132%	3544	3956	CEMEX	OK	4199	OK					
280	26-Jul-05	3000	111%	134%	3330	4020	CEMEX	OK	3879	OK					
281	26-Jul-05	3000	102%	122%	3060	3660	CEMEX	OK	3840	OK					
282	27-Jul-05	3000	111%	128%	3330	3840	CEMEX	OK	3950	OK					
283	28-Jul-05	3000	116%	145%	3480	4350	CEMEX	OK	4050	OK					
284	28-Jul-05	3000	112%	132%	3360	3960	CEMEX	OK	4090	OK					
285	1-Ago-05	3000	98%	132%	2940	3960	CEMEX	OK	4030	OK					
286	1-Ago-05	3000	119%	139%	3570	4170	CEMEX	OK		OK					
287	2-Ago-05	3000	107%	138%	3210	4129	CEMEX	OK	3952	OK					
288	2-Ago-05	3000	92%	119%	2760	3557	CEMEX	OK	3569	OK					
289	2-Ago-05	3000	83%	101%	2503	3021	CEMEX	OK	3478	OK					
290	3-Ago-05	3000	102%	129%	3060	3857	CEMEX	OK	3764	OK					
291	3-Ago-05	3000	123%	147%	3690	4414	CEMEX	OK		OK					
292	4-Ago-05	3500	120%	164%	4200	5757	CEMEX	OK		OK					
293	4-Ago-05	3000	112%	142%	3360	4271	CEMEX	OK		OK					
294	5-Ago-05	3000	119%	130%	3570	3900	CEMEX	OK	4352	OK					
295	8-Ago-05	3000	137%	163%	4110	4886	CEMEX	OK	4210	OK					
296	9-Ago-05	3000	109%	128%	3270	3843	CEMEX	OK	4286	OK					
297	10-Ago-05	3000	101%	138%	3030	4129	CEMEX	OK	3588	OK					
298	10-Ago-05	3000	90%	93%	2686	2792	CEMEX	NO	3878	OK	22-Sep-08	3922,00		SI	
299	10-Ago-05	3000	121%	157%	3630	4714	CEMEX	OK	3864	OK					
300	11-Ago-05	3000	112%	136%	3360	4086	CEMEX	OK	4295	OK					
301	11-Ago-05	3000	106%	136%	3180	4086	CEMEX	OK	4043	OK					
302	12-Ago-05	3000	106%	132%	3180	3957	CEMEX	OK	3890	OK					
303	15-Ago-05	3000	92%	121%	2760	3629	CEMEX	OK	3695	OK					
304	15-Ago-05	3000	93%	117%	2790	3500	CEMEX	OK	3638	OK					
305	16-Ago-05	3000	103%	126%	3090	3786	CEMEX	OK	3786	OK					
306	16-Ago-05	3000	115%	136%	3450	4071	CEMEX	OK		OK					
307	17-Ago-05	3500	117%	132%	4095	4614	CEMEX	OK		OK					

	Fecha de fundida	F'c (psi)	Resistencia a la compresión				Proveedor	¿Cumple f'c teórico?	¿Cumple? NSR-98 C.5.6.2.3 (a)	¿Cumple? NSR-98 C.5.6.2.3 (b)	Prueba de esclerómetro		Ensayo testigos o núcleos		¿Conc. Conforme?
			%		(psi)						fecha	(psi)	fecha	(psi)	
			7 días	28 días	7 días	28 días									
308	17-Ago-05	3500	109%	130%	3815	4557	CEMEX	OK		OK					
309	17-Ago-05	3000	122%	139%	3660	4171	CEMEX	OK		OK					
310	18-Ago-05	3000	104%	137%	3120	4100	CEMEX	OK	4238	OK					
311	18-Ago-05	3000	101%	148%	3030	4443	CEMEX	OK		OK					
312	19-Ago-05	4000	99%	120%	3960	4800	CEMEX	OK		OK					
313	19-Ago-05	3000	119%	144%	3570	4329	CEMEX	OK		OK					
314	20-Ago-05	3000	99%	139%	2970	4171	CEMEX	OK		OK					
315	23-Ago-05	4000	74%	103%	2949	4113	CEMEX	OK		OK					
316	23-Ago-05	4000	91%	122%	3657	4871	CEMEX	OK	4842	OK					
317	24-Ago-05	4000	97%	139%	3886	5543	CEMEX	OK		OK					
318	27-Ago-05	3000	110%	134%	3300	4029	CEMEX	OK		OK					
319	29-Ago-05	3000	131%	186%	3943	5586	CEMEX	OK		OK					
320	29-Ago-05	4000	85%	102%	3403	4093	CEMEX	OK		OK					
321	30-Ago-05	3000	130%	161%	3900	4829	CEMEX	OK		OK					
322	31-Ago-05	3000	126%	154%	3771	4614	CEMEX	OK	4300	OK					
323	5-Sep-05	3000	81%	115%	2443	3457	CEMEX	OK		OK					
324	9-Sep-05	4000	117%	154%	4669	6160	CEMEX	OK		OK					
325	9-Sep-05	3000	107%	131%	3214	3929	CEMEX	OK		OK					
326	10-Sep-05	3000	152%	186%	4571	5571	CEMEX	OK	4957	OK					
327	10-Sep-05	3000	151%	179%	4543	5371	CEMEX	OK		OK					
328	13-Sep-05	4000	85%	115%	3405	4618	CEMEX	OK		OK					

Fuente: UPB, CEMEX y HOLCIM, 2005.

### Anexo E. Avance en estructura por semanas en las torres 1 y 2, entre pisos 1 y 7

PISO	ELEMENTO	TORRE 1				Semana	Cant. fundida x sem (m³)	Pisos x semana	TORRE 2				Semana	Cant. fundida x sem (m³)	Pisos x semana	Semana	Cant. fundida x sem (m³)	Pisos x semana
		01	02	03	04				04	03	02	01						
	PLACA	6-Jul-05		5-Jul-05		12	28,12	0,46	24-May-05	25-May-05		6	45,36	0,72	12	28,12	0,46	
PISO 7	MUROS	1-Jul-05		2-Jul-05					22-May-05	23-May-05					11	97,09	1,6	
	PLACA	29-Jun-05		30-Jun-05		11	97,09	1,55	19-May-05	20-May-05		5	79,85	1,28	10	76,67	1,2	
PISO 6	MUROS	27-Jun-05		28-Jun-05					17-May-05	18-May-05					9	48,55	0,8	
	PLACA	24-Jun-05		23-Jun-05					5-May-05	6-May-05		4	76,67	1,22	8	45,36	0,7	
PISO 5	MUROS	22-Jun-05		21-Jun-05		10	76,67	1,22	3-May-05	4-May-05					7	62,61	1,0	
	PLACA	18-Jun-05		20-Jun-05					30-Abr-05	2-May-05		4	76,67	1,22	6	139,27	2,2	
PISO 4	MUROS	16-Jun-05		17-Jun-05		9	48,55	0,78	28-Abr-05	29-Abr-05		3	76,67	1,22	5	79,85	1,3	
	PLACA	8-Jun-05		10-Jun-05		8	45,36	0,72	26-Abr-05	27-Abr-05					4	76,67	1,2	
PISO 3	MUROS	7-Jun-05		3-Jun-05		7	62,61	1,00	21-Abr-05	22-Abr-05					3	76,67	1,2	
	PLACA	2-Jun-05		1-Jun-05					19-Abr-05	20-Abr-05		2	79,85	1,28	2	79,85	1,3	
PISO 2	MUROS	29-May-05		30-May-05					16-Abr-05	18-Abr-05					1	79,85	1,3	
	PLACA	27-May-05		28-May-05		6	93,91	1,50	14-Abr-05	15-Abr-05		1	79,85	1,28				
PISO 1	MUROS	25-May-05		26-May-05					12-Abr-05	11-Abr-05	13-Abr-05							
	PLACA	22-May-05		23-May-05		0			7-Feb-05	6-Feb-05		0						
						PROMEDIO	64,61	1,03				PROMEDIO	73,04	1,17		130,96	2,09	
						MÁXIMO	97,09	1,55				var.	79,85	1,28	var.	156,52	2,50	
						MÍNIMO	28,12	0,46				6	45,36	0,72	6	97,09	1,55	
						IDEAL	93,91	1,50								187,82	3,00	

\* Lo que aparece con un mismo color se fundió durante la misma semana  
 \* Las fechas en negrilla y cursiva son domingos y festivos

### Anexo F. Avance en estructura por semanas en las torres 1 y 2, entre pisos 8 y 13

PISO	ELEMENTO	TORRE 1				Semana	Cant. fundida x sem (m <sup>3</sup> )	Pisos x semana	TORRE 2				Semana	Cant. fundida x sem (m <sup>3</sup> )	Pisos x semana	Semana	Cant. fundida x sem (m <sup>3</sup> )	Pisos x semana	
		01	02	03	04				04	03	02	01							
PISO 13	PLACA	19-Ago-05	18-Ago-05			18	45,36	0,72	17-Ago-05	15-Ago-05			18	62,61	1,00				
	MUROS	16-Ago-05	12-Ago-05						11-Ago-05	10-Ago-05			17	62,61	1,00				
PISO 12	PLACA	11-Ago-05	10-Ago-05			17	79,85	1,28	9-Ago-05	8-Ago-05									
	MUROS	9-Ago-05	8-Ago-05						5-Ago-05	4-Ago-05			16	79,85	1,28				
PISO 11	PLACA	5-Ago-05	4-Ago-05			16	76,67	1,22	3-Ago-05	2-Ago-05									
	MUROS	3-Ago-05	2-Ago-05						1-Ago-05	28-Jul-05			15	62,61	1,00	18	107,97	1,7	
PISO 10	PLACA	1-Ago-05	28-Jul-05			15	62,61	1,00	27-Jul-05	26-Jul-05						17	142,45	2,3	
	MUROS	27-Jul-05	26-Jul-05						25-Jul-05	24-Jul-05			14	79,85	1,28	16	156,52	2,5	
PISO 9	PLACA	25-Jul-05	24-Jul-05						22-Jul-05	21-Jul-05						15	125,21	2,0	
	MUROS	22-Jul-05	21-Jul-05			14	76,67	1,22	19-Jul-05	18-Jul-05						14	156,52	2,5	
PISO 8	PLACA	19-Jul-05	18-Jul-05						15-Jul-05	13-Jul-05			13	62,61	1,00				
	MUROS	11-Jul-05	13-Jul-05			13	34,49	0,55	14-Jul-05	12-Jul-05						13	97,09	1,6	
															PROMEDIO			130,96	2,09
															MÁXIMO	var		156,52	2,50
															MÍNIMO	13		97,09	1,55
															IDEAL			187,82	3,00

\* Lo que aparece con un mismo color se fundió durante la misma semana  
 \* Las fechas en negrilla y cursiva son domingos y festivos



### Anexo H. Avance en estructura por semanas en la torres 5

PISO	ELEMENTO	TORRE 5				Semana	Cantl. fundida x sem (m³)	Pisos x semana
		01	02	03	04			
PISO 13	PLACA	25-Feb-05		24-Feb-05		12	58,01	0,72
	MUROS	21-Feb-05		18-Feb-05		11	80,35	1,00
PISO 12	PLACA	17-Feb-05		15-Feb-05		10	40,17	0,50
	MUROS	14-Feb-05		11-Feb-05		9	142,86	1,78
PISO 11	PLACA	7-Feb-05		<b>6-Feb-05</b>		8	138,36	1,72
	MUROS	5-Feb-05		4-Feb-05		7	102,68	1,28
PISO 10	PLACA	3-Feb-05		2-Feb-05		6	80,35	1,00
	MUROS	1-Feb-05		31-Ene-05		5	116,02	1,44
PISO 9	PLACA	<b>30-Ene-05</b>		29-Ene-05		4	80,35	1,00
	MUROS	28-Ene-05		27-Ene-05		3	80,35	1,00
PISO 8	PLACA	27-Ene-05	26-Ene-05	25-Ene-05		2	44,67	0,56
	MUROS	24-Ene-05		22-Ene-05	21-Ene-05	1	58,01	0,72
PISO 7	PLACA	21-Ene-05		19-Ene-05		0		
	MUROS	18-Ene-05		17-Ene-05				
PISO 6	PLACA	14-Ene-05		13-Ene-05				
	MUROS	12-Ene-05		11-Ene-05				
PISO 5	PLACA	8-Ene-05		7-Ene-05				
	MUROS	6-Ene-05		5-Ene-05				
PISO 4	PLACA	4-Ene-05		3-Ene-05				
	MUROS	30-Dic-04		29-Dic-04				
PISO 3	PLACA	28-Dic-04		27-Dic-04				
	MUROS	23-Dic-04		22-Dic-04				
PISO 2	PLACA	21-Dic-04		20-Dic-04				
	MUROS	17-Dic-04		16-Dic-04				
PISO 1	PLACA	11-Dic-04						
	MUROS	7-Dic-04	6-Dic-04	3-Dic-04	4-Dic-04			
	PLACA	3-Dic-04		1-Dic-04				
SUMA						12	1022,18	0,98
PROMEDIO						8	85,18	1,06
MÁXIMO						9	142,86	1,78
MÍNIMO						10	40,17	0,50
IDEAL							120,52	1,50

\* Lo que aparece con un mismo color se fundió durante la misma semana

\* Las fechas en negrilla y cursiva son domingos y festivos

### Anexo I. Avance en estructura por semanas en la torre 6

PISO	ELEMENTO	TORRE 6				Semana	Cant. fundida x sem (m³)	Pisos x semana
		01	02	03	04			
	PLACA	2-Jul-05		5-Jul-05				
PISO 13	MUROS	24-Jun-05	27-Jun-05	28-Jun-05	1-Jul-05	15	56,48	0,63
	PLACA	21-Jun-05		23-Jun-05		14	53,28	0,60
PISO 12	MUROS	16-Jun-05		17-Jun-05	18-Jun-05	13	89,09	1,00
	PLACA	13-Jun-05		14-Jun-05				
PISO 11	MUROS	8-Jun-05		10-Jun-05	11-Jun-05	12	47,74	0,54
	PLACA	1-Jun-05		3-Jun-05				
PISO 10	MUROS	<b>29-May-05</b>		30-May-05	31-May-05	11	65,22	0,73
	PLACA	26-May-05		27-May-05				
PISO 9	MUROS	23-May-05		24-May-05	25-May-05	10	112,96	1,27
	PLACA	20-May-05		21-May-05				
PISO 8	MUROS	17-May-05		18-May-05	19-May-05	9	89,09	1,00
	PLACA	12-May-05		13-May-05				
PISO 7	MUROS	9-May-05	10-May-05	11-May-05	12-May-05	8	89,09	1,00
	PLACA	6-May-05		7-May-05				
PISO 6	MUROS	2-May-05	3-May-05	4-May-05		7	89,09	1,00
	PLACA	29-Abr-05		30-Abr-05				
PISO 5	MUROS	26-Abr-05		27-Abr-05	28-Abr-05	6	89,09	1,00
	PLACA	21-Abr-05		22-Abr-05				
PISO 4	MUROS	19-Abr-05		20-Abr-05	21-Abr-05	5	89,09	1,00
	PLACA	15-Abr-05		16-Abr-05				
PISO 3	MUROS	11-Abr-05		13-Abr-05		4	89,09	1,00
	PLACA	9-Abr-05		<b>10-Abr-05</b>				
PISO 2	MUROS	6-Abr-05		7-Abr-05		3	89,09	1,00
	PLACA	31-Mar-05		1-Abr-05				
PISO 1	MUROS	16-Mar-05		17-Mar-05	29-Mar-05	1	35,81	0,40
	PLACA	8-Mar-05		5-Mar-05		0		
	SUMA						1137,50	0,98
	PROMEDIO						75,83	0,85
	MÁXIMO					10	112,96	1,27
	MÍNIMO					1	35,81	0,40
	IDEAL						89,09	1,00

\* Lo que aparece con un mismo color se fundió durante la misma semana  
 \* Las fechas en negrilla y cursiva son domingos y festivos

**Anexo J. Cantidades de concreto y porcentajes de desperdicio por fundida, en las Torres de Monterrey**

Nivel	Torre 1 (túnel)			Torre 2 (túnel)			Torre 3 (túnel)			Torre 4 (túnel)			Torre 5 (túnel)			Torre 6 (Con-tech)			Total (tunel) / Nivel		
	Calc	Real	Desp	Calc	Real	Desp	Calc	Real	Desp	Calc	Real	Desp	Calc	Real	Desp	Calc	Real	Desp	Calc	Real	Desp
Ciment	64,53	74,50	13,4%	63,25	77,00	17,9%	63,25	67,00	5,6%	64,53	74,25	13,1%	67,08	86,25	22,2%	75,41	102,00	26,1%	322,64	379,00	14,9%
Mur Sot-2	51,57	57,00	9,5%	50,73	61,00	16,8%	50,73	42,25	-20,1%	52,24	71,25	26,7%	58,01	64,25	9,7%	76,62	82,50	7,1%	263,29	295,75	11,0%
Pla Sot-1	27,84	32,00	13,0%	27,84	29,00	4,0%	27,84	29,50	5,6%	27,84	29,25	4,8%	34,31	37,50	8,5%	41,38	42,25	2,1%	145,68	157,25	7,4%
Mur Sot-1	42,58	43,75	2,7%	42,58	45,25	5,9%	42,58	45,00	5,4%	42,58	42,00	-1,4%	50,03	51,75	3,3%	68,55	71,75	4,5%	220,34	227,75	3,3%
Pla P-1	28,12	30,75	8,5%	28,12	27,75	-1,3%	28,12	28,75	2,2%	28,12	30,50	7,8%	35,98	38,75	7,2%	41,43	43,00	3,7%	148,46	156,50	5,1%
Mur P-1	34,49	35,25	2,2%	34,49	36,25	4,9%	34,49	43,25	20,3%	34,49	33,00	-4,5%	44,67	45,25	1,3%	47,74	50,50	5,5%	182,61	193,00	5,4%
Pla P-2	28,12	31,25	10,0%	28,12	29,25	3,9%	28,12	28,50	1,3%	28,12	28,75	2,2%	35,67	38,25	6,7%	41,35	44,25	6,6%	148,16	156,00	5,0%
Mur P-2	34,49	36,00	4,2%	34,49	36,50	5,5%	34,49	35,75	3,5%	34,49	36,00	4,2%	44,67	43,00	-3,9%	47,74	49,75	4,0%	182,61	187,25	2,5%
Pla P-3	28,12	33,00	14,8%	28,12	30,00	6,3%	28,12	27,75	-1,3%	28,12	29,50	4,7%	35,67	37,50	4,9%	41,35	43,25	4,4%	148,16	157,75	6,1%
Mur P-3	34,49	37,00	6,8%	34,49	37,25	7,4%	34,49	37,50	8,0%	34,49	36,25	4,9%	44,67	44,00	-1,5%	47,74	52,00	8,2%	182,61	192,00	4,9%
Pla P-4	28,12	30,50	7,8%	28,12	30,00	6,3%	28,12	28,50	1,3%	28,12	31,25	10,0%	35,67	37,75	5,5%	41,35	44,00	6,0%	148,16	158,00	6,2%
Mur P-4	34,49	36,00	4,2%	34,49	35,75	3,5%	34,49	37,75	8,6%	34,49	36,25	4,9%	44,67	43,50	-2,7%	47,74	51,50	7,3%	182,61	189,25	3,5%
Pla P-5	28,12	30,75	8,5%	28,12	28,25	0,5%	28,12	28,50	1,3%	28,12	30,50	7,8%	35,67	38,50	7,3%	41,35	44,50	7,1%	148,16	156,50	5,3%
Mur P-5	34,49	35,75	3,5%	34,49	35,75	3,5%	34,49	38,50	10,4%	34,49	38,25	9,8%	44,67	44,00	-1,5%	47,74	51,00	6,4%	182,61	192,25	5,0%
Pla P-6	28,12	30,25	7,0%	28,12	31,00	9,3%	28,12	29,00	3,0%	28,12	29,25	3,9%	35,67	38,50	7,3%	41,35	44,00	6,0%	148,16	158,00	6,2%
Mur P-6	34,49	36,00	4,2%	34,49	36,50	5,5%	34,49	33,25	-3,7%	34,49	38,25	9,8%	44,67	44,25	-1,0%	47,74	51,00	6,4%	182,61	188,25	3,0%
Pla P-7	28,12	30,50	7,8%	28,12	31,00	9,3%	28,12	31,00	9,3%	28,12	28,75	2,2%	35,67	39,00	8,5%	41,35	44,75	7,6%	148,16	160,25	7,5%
Mur P-7	34,49	36,75	6,2%	34,49	35,75	3,5%	34,49	34,00	-1,4%	34,49	37,50	8,0%	44,67	43,75	-2,1%	47,74	52,25	8,6%	182,61	187,75	2,7%
Pla P-8	28,12	30,25	7,0%	28,12	31,25	10,0%	28,12	28,50	1,3%	28,12	28,00	-0,4%	35,67	38,50	7,3%	41,35	44,75	7,6%	148,16	156,50	5,3%
Mur P-8	34,49	36,00	4,2%	34,49	36,50	5,5%	34,49	34,75	0,8%	34,49	39,25	12,1%	44,67	45,50	1,8%	47,74	50,75	5,9%	182,61	192,00	4,9%
Pla P-9	28,12	29,50	4,7%	28,12	29,75	5,5%	28,12	28,25	0,5%	28,12	29,25	3,9%	35,67	39,75	10,3%	41,35	43,50	5,0%	148,16	156,50	5,3%
Mur P-9	34,49	35,75	3,5%	34,49	36,25	4,9%	34,49	33,25	-3,7%	34,49	38,50	10,4%	44,67	42,50	-5,1%	47,74	50,50	5,5%	182,61	186,25	2,0%
Pla P-10	28,12	29,50	4,7%	28,12	29,50	4,7%	28,12	29,25	3,9%	28,12	28,00	-0,4%	35,67	38,75	7,9%	41,35	45,00	8,1%	148,16	155,00	4,4%
Mur P-10	34,49	38,00	9,2%	34,49	36,25	4,9%	34,49	37,25	7,4%	34,49	36,00	4,2%	44,67	43,75	-2,1%	47,74	51,00	6,4%	182,61	191,25	4,5%
Pla P-11	28,12	29,50	4,7%	28,12	29,50	4,7%	28,12	31,50	10,7%	28,12	30,00	6,3%	35,67	38,75	7,9%	41,35	44,00	6,0%	148,16	159,25	7,0%
Mur P-11	34,49	36,50	5,5%	34,49	36,50	5,5%	34,49	33,75	-2,2%	34,49	38,00	9,2%	44,67	43,75	-2,1%	47,74	51,00	6,4%	182,61	188,50	3,1%
Pla P-12	28,12	29,50	4,7%	28,12	29,50	4,7%	28,12	29,25	3,9%	28,12	29,25	3,9%	35,67	38,75	7,9%	41,35	46,25	10,6%	148,16	156,25	5,2%
Mur P-12	34,49	36,25	4,9%	34,49	36,50	5,5%	34,49	34,25	-0,7%	34,49	38,25	9,8%	44,67	43,75	-2,1%	47,74	51,50	7,3%	182,61	189,00	3,4%
Pla P-13	28,12	29,50	4,7%	28,12	29,50	4,7%	28,12	30,00	6,3%	28,12	29,00	3,0%	35,67	38,50	7,3%	41,35	44,25	6,6%	148,16	156,50	5,3%
Mur P-13	34,71	35,75	2,9%	34,71	36,25	4,2%	34,71	35,50	2,2%	34,71	38,75	10,4%	44,02	44,25	0,5%	47,85	51,25	6,6%	182,87	190,50	4,0%
Pla Alt	28,35	29,50	3,9%	28,35	29,00	2,3%	28,35	29,50	3,9%	28,35	29,50	3,9%	34,87	38,25	8,8%	40,54	44,75	9,4%	148,25	155,75	4,8%
Mur Alt	12,98	25,00	48,1%	12,98	20,50	36,7%	12,98	25,00	48,1%	12,98	11,00	-18,0%	23,90	21,00	-13,8%	14,15	26,50	46,6%	75,82	102,50	26,0%
<b>Tot / Torre</b>	<b>1042</b>	<b>1128</b>	<b>7,6%</b>	<b>1040</b>	<b>1120</b>	<b>7,2%</b>	<b>1040</b>	<b>1086</b>	<b>4,2%</b>	<b>1043</b>	<b>1124</b>	<b>7,2%</b>	<b>1312</b>	<b>1372</b>	<b>4,3%</b>	<b>1475</b>	<b>1609</b>	<b>8,3%</b>	<b>5548</b>	<b>5896</b>	<b>5,9%</b>

## Anexo K. Cumplimiento de la práctica empresarial

A continuación se presenta un esquema del cumplimiento del tiempo y objetivos de la práctica empresarial.

		Meses Año 2005						Cumplimiento
		Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	
Tiempo	Mes	1	2	3	4	5	6	100%
Objetivo No.	1							100%
	2							100%
	3							100%

Durante este tiempo se llevaron a cabo todas las actividades descritas en este libro, cumpliendo con los objetivos planteados en la empresa y en el plan de proyecto de grado y con los 6 meses de trabajo en la empresa Marval S.A. con dedicación de tiempo completo, cumpliendo así mismo con el requisito para el proyecto de grado en la modalidad de práctica empresarial para optar por el título de ingeniero civil de la Universidad Industrial de Santander.

A continuación firman quienes dan constancia de lo anterior.

---

JUAN DIEGO GARCÍA LÓPEZ  
Estudiante aspirante al título de  
Ingeniero civil UIS

---

Arq. JAVIER FIGUEROA MANTILLA  
Tutor responsable de la práctica en la empresa  
Residente de obra Torres de Monterrey

---

Ing. M.Sc. GUILLERMO MEJÍA AGUILAR  
Co-director del proyecto de grado

---

Ing. Ph.D. RICARDO CRUZ HERNÁNDEZ  
Director del proyecto de grado