

**IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE CALIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN
DE LA VIVIENDA 3CV+2 APLICADO A LA OBRA GERMANIA DE LA
CONSTRUCTORA MARVAL S.A.**

**MAYRA ALEJANDRA AYALA ULLOA
ID: 94739**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SECCIONAL BUCARAMANGA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
BUCARAMANGA
2012**

**IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE CALIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN
DE LA VIVIENDA 3CV+2 APLICADO A LA OBRA GERMANIA DE LA
CONSTRUCTORA MARVAL S.A.**

**MAYRA ALEJANDRA AYALA ULLOA
ID: 94739**

Plan de trabajo

**Director:
Ing. Orlando Federico González Casallas**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SECCIONAL BUCARAMANGA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
BUCARAMANGA
2012**

DEDICATORIA

A mis padres por su apoyo incondicional, confianza, amistad y cariño

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a Dios por ser la guía en mi camino, por regalarme tantas bendiciones y cosas buenas en mi vida.

A mis padres por ser los soportes de mi vida, por su amor incondicional, su comprensión y entrega total.

A la Universidad Pontificia Bolivariana, especialmente a todos los profesores que me hicieron mejor persona y aportaron sus conocimientos a mi vida como profesional.

Agradezco al Director Nacional de HSEQ de Marval S.A. que me dio la oportunidad de realizar mi práctica empresarial y a los ingenieros de la obra Germania por su comprensión, confianza, y apoyo.

De la misma manera, agradezco al Ingeniero Orlando Federico González, director de proyecto por su disposición, orientación y los conocimientos compartidos durante el proceso de la implementación del plan de trabajo.

Por último agradecer a todas aquellas personas que formaron parte de mi vida durante mi proceso de formación personal y profesional.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	11
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA.....	14
1.1 NOMBRE DE LA EMPRESA	14
1.2 NIT	14
1.3 ACTIVIDAD ECONÓMICA	14
1.4 NÚMERO DE EMPLEADOS.....	14
1.5 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	14
1.6 TELÉFONO	14
1.7 DIRECCIÓN	14
1.8 RESEÑA HISTÓRICA	14
1.9 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA ESPECÍFICA DE TRABAJO.....	16
1.10 NOMBRE Y CARGO DEL SUPERVISOR TÉCNICO	16
2. DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA.....	17
3. ANTECEDENTES.....	18
4. JUSTIFICACION	22
5. OBJETIVOS.....	23
5.1 OBJETIVO GENERAL.....	23
5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	23
6. MARCO TEÓRICO.....	24
6.1 BALANCEO DE LÍNEA.....	24
6.2 DESPERDICIO.....	24
6.3 MODELO DE CALIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA: 3CV+2	24
6.4 MUESTREO DE TRABAJO.....	24
6.5 REDUCCIÓN DE LA VARIABILIDAD	25
6.6 TRABAJO CONTRIBUTIVO (TC)	25
6.7 TRABAJO NO CONTRIBUTIVO (TNC)	25

6.8	TRABAJO PRODUCTIVO (TP)	25
6.9	VALOR	25
7.	IMPLEMENTACIÓN MODELO DE CALIDAD 3CV+2	26
8.	IMPLEMENTACIÓN DE PROPUESTAS	47
8.1	MEJORAS APLICADAS A LA OBRA GERMANIA	47
	CONCLUSIONES	52
	RECOMENDACIONES	53
	BIBLIOGRAFÍA	54
	WEBGRAFÍA	55
	ANEXOS	56

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. Resumen Rendimientos Drywall	27
TABLA 2. Resumen Rendimientos Mampostería	28
TABLA 3. Variación Drywall vs. Mampostería	28
TABLA 4. Causas de No Cumplimiento mes de Marzo	32
TABLA 5. Causas de No Cumplimiento mes de Abril	33
TABLA 6. Causas de No Cumplimiento mes de Mayo	34
TABLA 7. Fundida Masiva Torres 1 y 2	36
TABLA 8. Costos Fundida Masiva Torres 1 y 2	36
TABLA 9. Ahorro Fundida Masiva Torres 1 y 2	37
TABLA 10. Fundida Masiva Torres 3 y 4	38
TABLA 11. Costos Fundida Masiva Torres 3 y 4	38
TABLA 12. Ahorro Fundida Masiva Torres 3 y 4	38
TABLA 13. Ficha Técnica Placa Maciza de Cimentación	40
TABLA 14. Procedimiento Placa Maciza de Cimentación	41
TABLA 15. Matriz de Aseguramiento de Calidad Placa de Cimentación	42

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. PAC Semanal Germania	31
GRÁFICO 2. Causas de No Cumplimiento Mes de Marzo	32
GRÁFICO 3. Causas de No Cumplimiento Mes de Abril	33
GRÁFICO 4. Causas de No Cumplimiento Mes de Mayo	34
GRÁFICO 5. Tiempo Descargue Concreto T1 y T2	36
GRÁFICO 6. Tiempo Descargue Concreto T3 y T4	37
GRÁFICO 7. Insumos Placa Cimentación	43
GRÁFICO 8. Antes del Proceso Placa Cimentación	43
GRÁFICO 9. Durante Proceso Placa Cimentación	44
GRÁFICO 10. Procesos Placa Cimentación	44
GRÁFICO 11. Fundida Placa Cimentación	45
GRÁFICO 12. Producto Placa Cimentación	46

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. PIB Construcción	18
FIGURA 2. Modelo Conceptual 3cv+2	21
FIGURA 3. Actividades de Drywall	27
FIGURA 4. Actividades de Mampostería	27
FIGURA 5. Consolidado Calificación Mensual Marzo	29
FIGURA 6. Consolidado Calificación Mensual Abril	30
FIGURA 7. Consolidado Calificación Mensual Mayo	31
FIGURA 8. Canal Placa de Cimentación	35
FIGURA 9. Descargue Directo por Canal	47
FIGURA 10. Falta Organización del Hierro	48
FIGURA 11. Hierro Sin Identificación	48
FIGURA 12. Descargue sin Organización	49
FIGURA 13. Adecuación del Hierro	49
FIGURA 14. Ficha Técnica	50
FIGURA 15. Matriz de Aseguramiento de la Calidad	51

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Estructura Organizacional Marval S.A.	56
ANEXO B. Precios Cacique	57
ANEXO C. Dosificaciones y Conversiones de Materiales	58
ANEXO D. Resumen Actividades	59

RESUMEN

El modelo de calidad para la construcción de la vivienda 3cv+2 es una metodología que busca establecer en los niveles operativos de la construcción, criterios que permitan reducir la variabilidad del proceso de construcción y evaluar el desempeño de calidad en los diferentes procesos constructivos.

Para realizar la implementación del modelo de calidad en la construcción de la vivienda: 3cv+2 aplicado a la etapa de estructura de la obra Germania de la constructora Marval S.A., se realizó una investigación de tipo cuantitativo experimental, en donde se definieron las variables a intervenir para la posterior evaluación de acuerdo a los indicadores y criterios a tener en cuenta en los diferentes procesos constructivos, con el objeto de poder establecer los lineamientos que dieran forma al concepto de calidad; estandarizando los procesos constructivos que se llevaron a cabo en la obra y de tal manera se obtuvo información sobre las actividades que más atención requerían para beneficiar la mejora continua en los diferentes procesos constructivos.

El modelo consideró tres criterios de calidad para la vivienda (insumo-proceso-producto), más una auditoría interna. Cada auditoría se evaluará realizando tres observaciones o mediciones en cada proceso: si todas cumplen con el criterio de medición, la calificación será de 3; si cumple 2, será de 2; y si cumple 1 o ninguno, será de 1.

El modelo de calidad 3cv+2 generó información numérica fácil de medir, graficar y comparar, beneficiando el proceso de mejora y de control de los diferentes procesos constructivos; adicionalmente se diseñaron la ficha técnica y la matriz de aseguramiento de la calidad asociadas al proceso constructivo de la etapa constructiva para verificar y certificar la calidad en las etapas parciales y en la vivienda terminada.

Palabras Claves: 3cv+2, Modelo, Calidad, Procesos constructivos, Vivienda, Criterios, Metodología.

ABSTRACT

The quality model for dwelling construction 3cv+2 is a methodology that seeks to establish the operational levels in construction, criteria to reduce the variability of the construction processes and evaluate quality performance in the different construction processes.

To implement the model of quality dwelling construction: 3cv+2 applied to the structure phase in Germania of MARVAL S.A constructor, It was performed a quantitative experimental research, where the intervening variables were defined for the subsequent evaluation according to the indicators and criteria to be considered in the different construction processes in order to establish guidelines that would shape the concept of quality, standardizing construction processes that were carried out in the construction and such information was obtained on the activities that require attention to benefit the continuous improvement in the different construction processes.

The model considered three quality criteria for housing (input-process-output), plus an internal audit. Each audit will be assessed by performing three observations or measurements in each process, if they meet the criterion of measurement, the score is 3, if they meet 2, is 2, and if meet 1 or none, will be 1.

The quality model 3cv+2 generated easy numerical information to measure, graph and compare, benefiting the process of improving and controlling the different construction processes; additionally were designed the technical data sheet and the quality assurance matrix, associated with the construction process of the construction phase to verify and certify the quality at partial and complete housing.

Keywords: *3cv+2, Model, Quality, Construction Processes, Housing, Criteria, Methodology.*

INTRODUCCIÓN

El modelo de calidad 3cv+2, es una metodología que busca establecer en los niveles operativos de la construcción criterios que permitan reducir la variabilidad del proceso de construcción, y evaluar el desempeño de calidad en proyectos de construcción de vivienda¹.

El alcance de este modelo incluye tres criterios de calidad para la vivienda (insumos, proceso y producto) apoyado por auditorías internas de la empresa y la externa realizada por el Tecnológico de Monterrey. Cada auditoría se evaluará realizando tres observaciones o mediciones en cada vivienda: si todas cumplen con el criterio de medición, la calificación será de 3; si cumple 2, será de 2; y si cumple 1 o ninguno, será de 1.

El objetivo principal del modelo de calidad 3cv+2 es establecer las bases que den forma y estructura al concepto de calidad durante el proceso constructivo de la vivienda, ya que la calidad se construye paso a paso y no a través de la revisión de productos parciales o del producto final. Para tal objetivo se tendrá una base documental compuesta por las fichas técnicas, la descripción de los procedimientos, la matriz de aseguramiento de calidad, la implantación, la auditoría interna, la auditoría externa y los ciclos de mejora.

El estadístico del modelo 3cv+2 es el porcentaje del nivel de calidad de cada uno de los diferentes procesos constructivos, la metodología de medición y evaluación se realiza al tomar tres observaciones en cada proceso y para que estos sean aceptados deberán tener una calificación mínima de 90 si son críticos y de 80 si son principales.

Este proceso busca reducir la solicitud de aplicación de garantías por defectos en la construcción y servicio de las viviendas y la disminución del costo del servicio post venta, ya que al acotar la variabilidad de la calidad a un estándar realista y congruente con el proceso de construcción, se obtienen lineamientos de construcción, que permiten obtener índices de calidad máximos de seguridad, funcionalidad y estética de la vivienda, además se busca garantizar que los insumos utilizados sean de calidad superior, para que los productos sean de alto valor agregado y de tal manera garanticen la calidad especificada en las etapas parciales y en la vivienda terminada.

¹ García, Salvador y Solís, Juan. 3cv+2: Modelo de calidad para la construcción de la vivienda. En: Revista Ingeniería de Construcción. Vol. 23. Agosto de 2008

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1 NOMBRE DE LA EMPRESA

MARVAL S.A.

1.2 NIT

890205645

1.3 ACTIVIDAD ECONÓMICA

Construcción de edificaciones para uso residencial².

1.4 NÚMERO DE EMPLEADOS

Grupo MARVAL a nivel nacional: 692 personas
Sucursal Bucaramanga: 200 empleados

1.5 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

Ver Anexo 1

1.6 TELÉFONO

6422423

1.7 DIRECCIÓN

Carrera 29 # 45-45 Piso 18

1.8 RESEÑA HISTÓRICA

MARVAL (MARÍN VALENCIA) nace como persona Jurídica el 24 de diciembre de 1976 en Bucaramanga. Primero fue Sociedad Limitada, convertida en Anónima en 1995.

Se creó para trabajar unidos en el desarrollo industrial de la región y del país, y lo ha cumplido. El primer Edificio que construyó se llama MARVAL y está ubicado en la calle 36 con carrera 13 de Bucaramanga. En la década de los 80 construyó la

²REGISTRO ÚNICO EMPRESARIAL. [en línea][sin fecha][citado el 1 de Febrero de 2012]. Disponible en: <http://64.76.190.67/RUE_WebSite/Consultas/DetalleRM.aspx?codcamara=05&matricula=0000055054>

urbanización MANUELA BELTRÁN en el Socorro y CORVIANDI UNO en Girón, en donde se hicieron las primeras viviendas sin cuota inicial en Colombia en el gobierno de BELISARIO BETANCUR. En esta misma década siguió construyendo diferentes urbanizaciones de vivienda unifamiliar y multifamiliar, con zonas recreativas dentro de los conjuntos, agregando valor a los inmuebles. Se destacan: TORRES DE ALEJANDRÍA, SANTA BÁRBARA, QUINTAS 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 en el mejoramiento del orden urbano, calidad de los espacios con diseño progresivo. Fuimos pioneros en ofrecer diferentes alternativas de acomodación y uso de los espacios interiores. Entre los conjuntos desarrollados se destacan: MIRADORES DE SAN LORENZO y VERSALLES, logrando una integración total entre lo urbano y la vivienda.

A mediados de esta década se realiza una de las construcciones más significativas en Bucaramanga: el CENTRO INTERNACIONAL DE NEGOCIOS LA TRIADA, con 30.000 m² de construcción, en el centro de la ciudad, considerado el edificio más importante de todo Santander, destinado a oficinas, hotel, centro financiero y cafetería. En esta misma década, se inician nuevos proyectos en el área metropolitana de Bucaramanga, como PARQUE SAN AGUSTÍN, BODEGAS LA ESMERALDA, LOS ANDES 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.

Con la política “CONSTRUCCIÓN CON CALIDAD Y PROYECCIÓN HUMANA”, incursiona en la ciudad de Bogotá con proyectos importantes como ALEJANDRA, de 1.100 apartamentos y PRADOS DE CASTILLA con 2.400 viviendas. Adicionalmente, se desarrollaron proyectos de interés prioritario, en programas organizados por el Distrito de Bogotá Metrovivienda, en urbanizaciones con un total de 2000 unidades habitacionales.

En el año 1996 se inician las operaciones en la Costa Atlántica con importantes proyectos de vivienda en las ciudades de Santa Marta y Barranquilla, donde se continúan ofreciendo diferentes soluciones habitacionales.

Igualmente, en el Occidente del país MARVAL cuenta con sucursales en las ciudades de Cali y Palmira, aportando desarrollo en esa región. En Medellín, a partir del año 2001, participa en la construcción de importantes conjuntos multifamiliares en el poblado, uno de los sectores más exclusivos de la ciudad.

Iniciando el nuevo siglo, contando con el conocimiento y la experiencia, la organización se decide a participar en obras públicas, y es así que somos parte del importante desarrollo que ha tenido Bogotá; destacando proyectos de ciclo rutas como LA ALAMEDA EL PORVENIR II, convirtiéndose en el paseo peatonal más

ancho y largo de Latinoamérica y aportando también en el sistema de buses articulados de la capital: Transmilenio.

También ha participado en iniciativas gubernamentales como en el desarrollo de los más importantes Centros Penitenciarios del País y de Latinoamérica.

La Sociedad cuenta con la Certificación de Calidad ISO 9001 Versión 2000³.

1.9 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA ESPECÍFICA DE TRABAJO

El área en la cual se llevará acabo el plan de trabajo es Sistemas de Gestión, la cual es la encargada de la implementación, mantenimiento y mejora de los sistemas de gestión de la compañía, además de realizar acompañamiento a todos los procesos, buscando mejoras en la eficiencia de los mismos, con el objetivo de lograr productos competitivos en el mercado que satisfagan las necesidades y expectativas de los clientes.

Dentro del área de sistemas de gestión, se implementó el uso de la filosofía Lean Construction, con la cual, se busca aumentar la productividad de los procesos constructivos mediante la medición de pérdidas y rendimientos en los proyectos e incluyendo el sistema del último planificador; por otra parte, se busca implementar el modelo de calidad para la construcción de la vivienda 3CV+2, el cual tendrá como estadístico principal el porcentaje del nivel de calidad de cada uno de los diferentes procesos constructivos. Se formularán los diferentes indicadores en Microsoft de Excel, teniendo como base modelos estocásticos que permitan agrupar todos los posibles escenarios. Este modelo será implementado en la obra Germania ubicada en la circunvalar 35 con 93, junto al estadio de atletismo la Flora.

1.10 NOMBRE Y CARGO DEL SUPERVISOR TÉCNICO

Ing. Iván Mauricio Puentes Arango
Director Nacional de Gestión HSEQ

³ MARVAL S.A. Nuestra historia. [en línea][sin fecha][citado el 5 de Febrero de 2012]. Disponible en: <<http://www.marval.com.co/suempresa/nuestrahistoria.html>>

2. DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA

“Marval S.A. es una empresa comprometida con el desarrollo del país y con la vivienda de los colombianos, por lo cual, desarrolla proyectos de vivienda, centros de negocios y grandes obras de ingeniería en todo el territorio colombiano⁴”.

MARVAL está a la vanguardia de la promoción, construcción y venta de proyectos inmobiliarios en el área metropolitana de Bucaramanga.

Actualmente, la empresa Marval S.A. inició el proyecto Germania, un conjunto de apartamentos, estrato 5 en la zona oriente de la ciudad, que cuenta con zona de juegos, cancha, piscina, salón de eventos, gimnasio, teatrino, entre otros. La obra Germania se encuentra rodeado por un desarrollo urbanístico contemporáneo con presencia de múltiples servicios: educativos, religiosos, comerciales y amplios desarrollos residenciales donde la firma Marval ha sido pionera y líder en su crecimiento urbano.

La obra se encuentra en la etapa de armada de la placa de cimentación de las torres 1 y 2, fundida de antepiso de las torres 3 y 4 y se está finalizando la sobre excavación de la terraza de las torres 5 y 6 para posterior extendida y compactación de base granular cruda de río. Estas actividades conllevan un avance del 5% sobre el total a ejecutar de la obra.

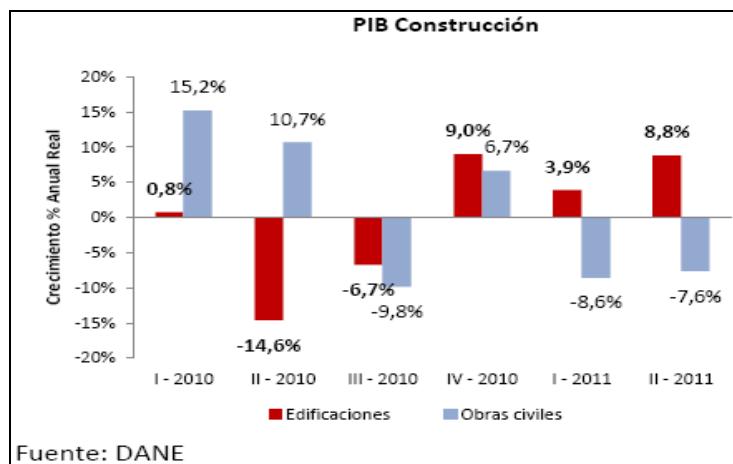
Buscando reducir la variabilidad en los procesos constructivos de la obra Germania y para garantizar un alto nivel de calidad se implementará el modelo 3CV+2, el cual permitirá por medio de un análisis estadístico conocer los procesos críticos de una obra de construcción y realizar acciones correctivas y definir futuras acciones preventivas, para la mejora de cada proceso y de tal manera al tener el producto final, reducir la solicitud de garantías postventas por defectos o inconformismos por parte de los clientes, buscando ser cada vez más competitivos en el sector de la construcción.

⁴ MARVAL S.A. Quienes somos. [en línea][sin fecha][citado el 28 de Febrero de 2012]. Disponible en: <<http://www.marval.com.co/suempresa/quienessomos.html>>

3. ANTECEDENTES

“El 2011 ha sido un año favorable para la economía colombiana. El crecimiento se ha soportado en la positiva dinámica del consumo y la inversión. Por su parte, la construcción de edificaciones ha tenido un año favorable y en el segundo trimestre del año el PIB sectorial registró una tasa de crecimiento de 8,8%. Los indicadores líderes del sector confirman esta positiva tendencia: al mes de octubre las ventas crecen (19%), las iniciaciones (21%) y los lanzamientos (5%). Desde el licenciamiento también se observa un positivo desempeño: entre enero y septiembre de 2011 se han licenciado 18'050.756 m², cifra superior en 54% a lo registrado en el mismo periodo del año anterior”⁵.

Figura 1. PIB Construcción



El dinamismo que se ha evidenciado en la demanda por vivienda ha sido uno de los factores que más ha contribuido con esta positiva dinámica. Por un lado, la permanente reducción del desempleo que en enero se encontraba en 12,4% y en la actualidad ha llegado a 9,6%, y por otro lado el incremento en los salarios reales de los hogares, los cuales en lo corrido del año han aumentado en cerca de 8%. Lo anterior, configura el fortalecimiento que ha registrado la demanda en el 2011.

La construcción, como sector productivo de nuestro país, es de gran importancia en el desarrollo económico, pues su dinámica impulsa permanentemente el progreso de la sociedad. Por medio de la construcción se da respuesta a las necesidades de

⁵ CAMACOL. Perspectivas del mercado de vivienda nueva y del sector edificador en 2012. [en línea] Diciembre de 2011 [citado el 28 de Febrero de 2012]. Disponible en: <http://camacol.co/sites/default/files/secciones_internas/Informe%20Econ%C3%B3mico%20-%20Dic11-%20No.33.pdf>

la población, porque el desarrollo de proyectos de infraestructura y de soluciones de vivienda son una fuente permanente de trabajo, que utiliza manos de obra de manera intensiva y genera una importante actividad indirecta en otros sectores de la economía del país; a pesar de su importancia, la industria de la construcción es incomprensiblemente, uno de los sectores con menor grado de desarrollo en la mayoría de los países latinoamericanos, caracterizada por grandes deficiencias y falta de efectividad que se traducen en la poca competitividad que coloca a las empresas constructoras en desventaja frente a mercados globalizados⁶.

Las empresas constructoras se enfrentan con grandes demoras y altos porcentajes de desperdicios, debido a la falta de planeación de los procesos constructivos.

“Lean construction aparece como una alternativa que mejora la competitividad de las empresas en el mercado, mediante el fortalecimiento del sistema de producción y la integración óptima de las actividades y los procesos. Su filosofía se basa en principios que agregan el máximo valor al producto final, mediante la eliminación de pérdidas y el mejoramiento continuo de los procesos a lo largo de todo el proyecto⁷”

En Marval, el sistema de planificación y control se compone de 3 etapas que actúan en un efecto cascada, las cuales son:

Programa Maestro: El programa maestro genera el presupuesto y el programa del proyecto. Proporciona un mapa de coordinación de actividades que lleva a la realización de éste.

Planificación “Look Ahead” o intermedia: Abarca intervalos de 5 a 6 semanas. Las actividades son exploradas con más detalle, lo cual permite determinar las subtarear para su ejecución, y que pueden entenderse como prerrequisitos de trabajo, directrices o recursos necesarios para su realización, que se conocen como restricciones.

Plan de trabajo semanal (PTS): La planificación semanal presenta el mayor nivel de detalle antes de ejecutar un trabajo. Debe ser realizada por administradores de obra, supervisores de terreno, capataces y otras personas que supervisan directamente la ejecución del trabajo. Se compromete sólo trabajo que puede ser realizado protegiendo la producción de la incertidumbre de más arriba. Al aumentar la confiabilidad del plan mejora el desempeño no sólo de la unidad que ejecuta el plan si no también de las posteriores. El individuo o grupo de trabajo que las plantea

⁶ BOTERO, Luis. Construcción sin pérdidas: Análisis de procesos y filosofía Lean Construction. 2 ed. Bogotá: Legis S.A., 2006. p. 12

⁷ Ibid. p.11

recibe el nombre de “Last Planner”, de donde el sistema toma su nombre. La función de la unidad de producción es realizar correctamente las asignaciones, a través de un proceso de aprendizaje continuo y acción correctiva.

El indicador PAC se convierte en la forma de medir el desempeño de la planificación y la productividad de la unidad de producción y se obtiene como la razón entre el número de asignaciones completadas y las planificadas. Un buen desempeño se sitúa por encima del 80%; un desempeño pobre está por debajo del 60%.

Es necesario igualmente determinar las causas para el no cumplimiento de las asignaciones de trabajo. Esta acción proveerá información necesaria para el mejoramiento del PAC que traerá como resultado que el proyecto sea completado más eficientemente⁸.

“La orientación de la planificación utilizada en “Lean Construction” así como las técnicas de control empleadas, reducen las pérdidas principales a través de mejorar la confiabilidad del flujo de trabajo. El punto de partida es incrementar la confiabilidad de las asignaciones de trabajo a nivel de la producción misma. Conocidas las restricciones, es posible actuar antes que sucedan, garantizando el desarrollo de las actividades sin interrupciones⁹”.

Además de la filosofía Lean, se creó en México una metodología que busca establecer en los niveles operativos de la construcción, criterios que permitan reducir la variabilidad del proceso de construcción y evaluar el desempeño de calidad en los procesos de construcción de vivienda llamado 3CV+2.

El origen del modelo 3CV+2 se originó debido a que “los proyectos de vivienda en serie en México carecían de especificaciones claras con tolerancias para definir criterios de calidad, nula o baja definición del proceso de supervisión de la obra y del proyecto, la falta de verificación de la calidad y a un claro rechazo a la implantación de modelos de aseguramiento de la calidad por considerarlos innecesarios y tediosos¹⁰”.

El objetivo principal del modelo de calidad 3cv+2 es establecer bases y lineamientos que den forma y estructura al concepto de calidad durante los procesos constructivos de una vivienda, a través del modelo se conocerán las formas de hacer, revisar y evaluar el trabajo de construcción.

⁸ MARVAL S.A. Guía lean construction: análisis y mejoramiento de procesos aumentando la productividad de procesos constructivos

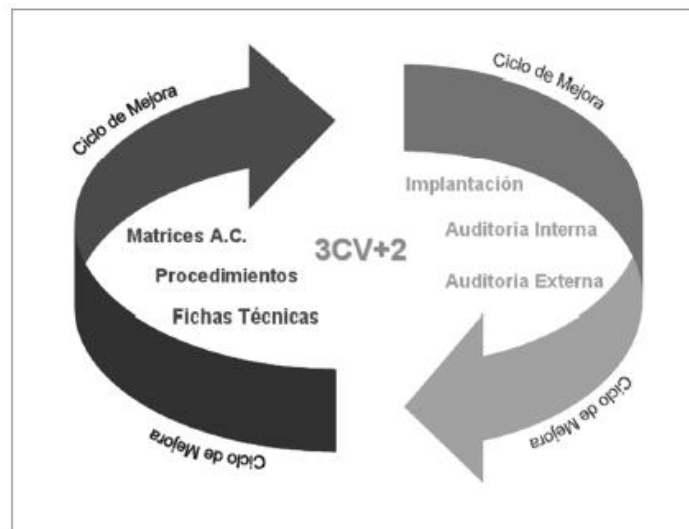
⁹ BOTERO, Luis. Lean construction como estrategia para mejoramiento en gestión de la construcción. Universidad EAFIT, 2008.

¹⁰ GARCÍA, Salvador y SOLÍS, Juan. 3Cv+2: modelo de calidad para la construcción de la vivienda. En: Revista Ingeniería de Construcción. Agosto de 2008, Vol. 23, Nº 2, p.103

“El estadístico del modelo 3cv+2 es el porcentaje del nivel de calidad de los diferentes procesos constructivos¹¹”

El siguiente esquema ilustra el modelo 3cv+2:

Figura 2. Modelo Conceptual 3cv+2



Fuente: GARCÍA, Salvador y SOLÍS, Juan. 3Cv+2: modelo de calidad para la construcción de la vivienda. En: Revista Ingeniería de Construcción. Agosto de 2008, Vol. 23, Nº 2, p. 105.

“El modelo considera tres criterios de calidad para la vivienda (insumo-proceso-producto), más dos auditorias, una interna y otra externa. Cada auditoria se evaluará realizando tres observaciones o mediciones en cada vivienda: si todas cumplen con el criterio de medición, la calificación será de 3; si cumple 2, será de 2; y si cumple 1 o ninguno, será de 1¹²”.

Con el modelo 3cv+2 ha generado en las empresas por primera vez, reportes de la calidad en los procesos contractivos. Los beneficios económicos para los dueños, ya que existen ahorros en la disminución de desperdicios en materiales, maquinaria, herramientas, mano de obra y de las reclamaciones de los usuarios.

¹¹ Ibid. p.105

¹² GARCÍA, Salvador y SOLÍS, Juan. 3Cv+2: modelo de calidad para la construcción de la vivienda. En: Construcción integral. Noviembre de 2011, 11ed. p. 3-4

4. JUSTIFICACION

“De acuerdo con los planes del Gobierno Nacional el sector edificador es uno de los sectores que deberá dinamizar la economía colombiana en los próximos años. La administración Santos fijó como meta para el cuatrienio 2011-2014 la construcción de un millón de viviendas y señaló al sector edificador como una de las cinco locomotoras del crecimiento económico y el empleo¹³”.

“Los costos de la construcción en el año 2011, evidenciaron que el aumento en lo corrido del año ha sido mayor que el experimentado en el mismo periodo del año 2010. En particular, se evidencia el aumento de los costos asociados a los materiales de construcción del 2,0% en 2010 al 5,09% a 2011¹⁴”.

El aumento de los costos en los insumos de construcción de vivienda está creciendo a tasas más altas que el índice del precio al consumidor, de acuerdo con el DANE, los grupos de materiales que tienen gran incidencia en la estructura de costos de los proyectos son los asociados a la cimentación y las estructuras con el 32% y la mampostería con el 14%, esto permite inferir que los componentes que tienen mayor importancia en la edificación están presentando el mayor aumento de precios.

Es necesario controlar estos procesos, los cuales son determinantes en la calidad final del producto, buscando eliminar reprocesos, mediante el estableciendo de criterios para verificarlos, para realizar la evaluación cuantitativa y cualitativa por parte de los supervisores y de tal manera eliminar costos en materiales adicionales, además de reducir la aplicación de garantías por defectos y el costo de servicio postventa. Todo esto es posible implementando el modelo de calidad para la construcción de la vivienda: 3cv+2, de tal manera ser más competitivos al momento de construir y ser consecuentes con la política integral HSEQ de la compañía: “Construcción con calidad y proyección humana”.

Por tal motivo se hace necesaria la implementación del modelo de calidad para la construcción de la vivienda 3cv+2 aplicado a la obra Germania de la empresa, que servirá como prueba piloto para futuras implementaciones en las demás obras de Marval S.A.

¹³ . CAMACOL. Tendencia reciente de los costos de construcción de vivienda en Colombia. [en línea] Octubre de 2011 [citado el 28 de Febrero de 2012]. Disponible en: <http://camacol.co/sites/default/files/secciones_internas/Informe%20Econ%C3%B3mico%20-%20Oct11-%20No.31.pdf>

¹⁴ CAMACOL. La locomotora de vivienda en marcha. [en línea] Agosto de 2011 [citado el 28 de Febrero de 2012]. Disponible en: <http://camacol.co/sites/default/files/secciones_internas/Informe%20Econ%C3%B3mico%20-%20Agosto%202011.pdf>

5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar el modelo de calidad para la construcción de la vivienda 3CV+2 aplicado a la Obra Germania de la Constructora Marval S.A.

5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Establecer los criterios de calidad en el modelo 3cv+2 para las 3 variables; Insumos, procesos y producto final en la etapa constructiva de Estructura del proyecto Germania.

Diseñar las fichas técnicas asociadas al proceso constructivo en la etapa de Estructura del proyecto Germania para verificar y certificar la calidad, basados en el modelo de calidad 3cv+2.

Diseñar los procedimientos constructivos y los criterios de supervisión, para llevar a cabo la verificación en campo de los elementos indicados en la ficha técnica.

Diseñar e implementar la matriz de aseguramiento de calidad para la etapa de Estructura en el proyecto Germania.

Establecer e implementar la metodología de ejecución de las Auditorias Internas al proceso constructivo.

Identificar los procesos constructivos críticos que no cumplan con las especificaciones técnicas en la etapa constructiva de estructura del proyecto para reducir la variabilidad y elevar la calidad del producto terminado.

6. MARCO TEÓRICO

6.1 BALANCEO DE LÍNEA

Es un proceso a través del cual, con el tiempo, se van distribuyendo los elementos del trabajo dentro del proceso en orden, para que alcancen el ritmo de producción que marca el cliente. El balanceo de línea ayuda a la optimización del uso del personal¹⁵.

6.2 DESPERDICIO

Es cualquier actividad que consume recursos, pero no crea valor para el cliente, se hablan de 8 tipos de desperdicio, lo cuales son: sobreproducción, inventario, movimiento de materiales o transporte, productos defectuosos o retrabados, movimientos, proceso, espera e información¹⁶.

6.3 MODELO DE CALIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA: 3CV+2

Es un modelo que considera tres criterios de calidad para la vivienda (insumo-proceso-producto), más dos auditorías, una interna y otra externa. Su objetivo principal es establecer bases y lineamientos que den forma y estructura al concepto de calidad durante los procesos constructivos de una vivienda. A través de él, los involucrados conocen formas de hacer, revisar y evaluar el trabajo de construcción¹⁷.

6.4 MUESTREO DE TRABAJO

Consiste en numerosas observaciones cortas de la labor de los operarios en su sitio de trabajo y de la utilización de los equipos, categorizando en grupos principales esas mediciones. De esta forma, al conocer cómo se utiliza el tiempo por los recursos, se detectarán problemas que afectan la productividad, los cuales,

¹⁵ VILLASEÑOR, Alberto y GALINDO, Edber. Manual de Lean Manufacturing. Guía Básica. 2 ed. México: Limusa, 2009. p. 56

¹⁶ VILLASEÑOR, Alberto y GALINDO, Edber. Conceptos y reglas de Lean Manufacturing. México: Limusa, 2007. p.30

¹⁷ GARCÍA, Salvador y SOLÍS, Juan. 3Cv+2: modelo de calidad para la construcción de la vivienda. En: Construcción integral. Noviembre de 2011, 11ed. p. 3

al eliminarse, permitirán la reducción de costos asociados a la mano de obra y los equipos¹⁸.

6.5 REDUCCIÓN DE LA VARIABILIDAD

El proceso de producción varía y presenta diferencias entre dos productos, así se realicen con la misma materia prima y mano de obra. Existen dos motivos para reducir la variabilidad en el proceso de producción: un producto uniforme es mejor para el cliente y disminuir la aparición de las actividades que no agregan valor, causada por interrupción de los flujos de trabajo y el rechazo de productos que no cumplen las especificaciones del cliente, generando reprocesos¹⁹.

6.6 TRABAJO CONTRIBUTIVO (TC)

Es el tiempo que emplea el trabajador realizando labores de apoyo necesarias para que se ejecuten las actividades productivas²⁰.

6.7 TRABAJO NO CONTRIBUTIVO (TNC)

Se define como cualquier otra actividad realizada por los obreros que no se clasifica en las categorías de tiempo productivo ni de tiempo contributivo, considerados como pérdidas.

6.8 TRABAJO PRODUCTIVO (TP)

Es el tiempo empleado por el trabajador en la producción de alguna unidad de construcción.

6.9 VALOR

Es típicamente creado por el productor a través de una combinación de acciones, algunas de las cuales crean valor y algunas son necesarias para darle la configuración necesaria de acuerdo al diseño y al proceso. Es el trabajo juzgado por el cliente y se refleja en el precio de venta y la demanda del mercado. Los objetivos de los ingenieros que diseñan el proceso son: evaluar el contenido del proceso con valor agregado, minimizar el trabajo incidental y eliminar el desperdicio²¹.

¹⁸ BOTERO, Luis. Construcción sin pérdidas: Análisis de procesos y filosofía Lean Construction. 2 ed. Bogotá: Legis S.A., 2006. p. 58

¹⁹ Ibid. p.30

²⁰ Ibid. p. 54

²¹ VILLASEÑOR, Alberto y GALINDO, Edber. Op. Cit., p.106

7. IMPLEMENTACIÓN MODELO DE CALIDAD 3CV+2

Partiendo de la filosofía Lean, se creó la metodología 3CV+2 que busca reducir la variabilidad del proceso de construcción y evaluar el desempeño de calidad en los diferentes procesos constructivos.

Teniendo como base la guía Lean Construction de Marval se realizaron estudios de rendimientos y consumo de mano de obra en la obra Cacique Centro Comercial, para poder establecer indicadores de desempeño del recurso humano y las tasas de producción, para realizar un análisis de cuellos de botella y estimación del tiempo requerido para realizar una actividad en cualquier proyecto.

Específicamente se realizó una comparación de rendimientos entre la actividad de mampostería y drywall estructural, ya que la parte de acabados no tiene gran influencia en cuanto a tiempo y costos que se generan en las dos actividades.

Para el estudio se tomaron los siguientes datos en campo: fecha de la medición, ubicación específica del elemento, dimensiones del elemento, número de oficiales y ayudantes por actividad, hora de entrada o inicio de la actividad, hora de salida o fin, descansos o interrupciones que se presentaran durante la realización de la actividad.

Los datos recolectados en campo se tabularon y posteriormente se determinó el tiempo total dedicado a cada actividad y las horas-hombre utilizadas. Para obtener el consumo y rendimiento promedio, se promediaron los datos de cada una de las actividades medidas; por otra parte los costos de la mano de obra y el costo de material esta referenciado en los anexos B y D, obtenidos del R-ING. 002 de contratación de la empresa.

El drywall es un proceso constructivo moderno, que se basa en láminas de cartón yeso fijadas a una estructura de acero galvanizado. Esta actividad está compuesta por el armado de la estructura y el laminado, como se muestra en la (figura 3)

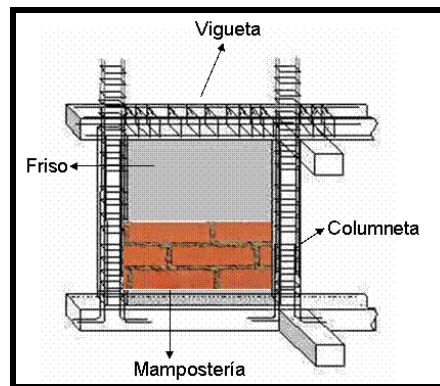
El tipo de mampostería utilizada es la confinada, en la cual los refuerzos se colocan en elementos de concreto (vigas y columnas de amarre), en su perímetro vaciados después de construir el muro de mampostería simple. Esta actividad está compuesta por mampostería, columnetas, viguetas y friso, como se muestra en la (figura 4).

Figura 3. Actividades de Drywall



Fuente: <http://images03.olx.com.pe/ui/16/75/58/1320201333_177996758_1-Fotos-de--DRYWALL-MEJOR-CALIDAD-AL-MENOR-PRECIO-DEL-MERCADO.jpg>

Figura 4. Actividades de Mampostería



Fuente: Adaptado de <http://micigc.uniandes.edu.co/VIS/mamposteria_6-5.jpg>



Después de realizar el estudio diariamente durante los meses de Marzo y Abril se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 1: Resumen Rendimientos Drywall

ACTIVIDAD	RESUMEN RENDIMIENTOS DRYWALL			MATERIALES	COSTO (\$/unidad)
	RENDIMIENTO PROMEDIO DIARIO (unid/hh)	CONSUMO PROMEDIO (h/unid)	MANO DE OBRA		
ARMADO	6,51	0,15	-	-	\$ 49.028,53
LAMINADO	6,87	0,17	-	-	\$ 35.742,95
TOTAL DRYWALL m² (TC)	3,342	0,319	-	-	\$ 84.771,48

En la tabla 1 los precios de materiales y mano de obra no se incluyen, ya que el contrato de drywall es todo costo. El rendimiento promedio para las actividades de armado y laminado es de 3,342 m²/hh y el costo es de \$84.771,48 por m².

Tabla 2: Resumen Rendimientos Mampostería

	RESUMEN RENDIMIENTOS MAMPOSTERÍA				
ACTIVIDAD	RENDIMIENTO PROMEDIO (unid/HH)	CONSUMO PROMEDIO (HH/unid)	MANO DE OBRA	MATERIALES	COSTO (\$/unid)
MAMPOSTERIA m ²	2,005	0,540	\$ 5.819,00	\$ 10.024,76	\$ 15.843,76
COLUMNETAS ml	6,826	0,917	\$ 3.112,75	\$ 2.720,87	\$ 5.833,61
VIGUETAS ml	19,774	0,227	\$ 3.024,52	\$ 1.393,80	\$ 4.418,31
FRISO m ²	2,052	0,686	\$ 4.232,00	\$ 2.942,48	\$ 7.174,48
TOTAL MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL m²	0,939	1,441	\$ 16.188,26	\$ 17.081,91	\$ 33.270,17

Fuente: Autor

Según la tabla 2, para la mampostería estructural, el costo es de \$ 33.270,17 por m² y el rendimiento promedio es de 0,939 m²/hh.

Al hacer la comparación entre drywall y mampostería respecto a rendimientos y costos, se obtienen los resultados de la tabla 3.

Tabla 3: Variación Drywall vs. Mampostería

	$\frac{\text{Rendimiento Drywall}}{\text{Rendimiento Mampostería}}$	$\frac{\text{Costo Drywall}}{\text{Costo Mampostería}}$
Variación Drywall vs Mampostería	3,56	2,55

Fuente: Autor

Según el estudio realizado en la construcción del Centro Comercial Cacique para las actividades de drywall y mampostería estructural se logró determinar que el rendimiento del drywall respecto a la mampostería es mayor en 3,56 veces y más costoso en 2,55 veces.

La base de la toma de decisión será de acuerdo a la disponibilidad de presupuesto, tiempo y recursos del medio, dando la ponderación más alta a las necesidades de mayor urgencia.






Continuando con la implementación de la filosofía Lean Construction en la obra Germania, se realizaron las planificaciones semanales del plan de trabajo, las cuales presentan el mayor nivel de detalle antes de ejecutar una tarea.

El plan semanal se desarrolla seleccionando, secuenciando y dimensionando el trabajo que se sabe puede hacerse. Se deben preparar las actividades para que puedan ser realizadas, removiendo restricciones que permitan planificar las actividades.

El individuo o grupo de trabajo que las plantea recibe el nombre de “Last Planner”, de donde el sistema toma su nombre. La función de la unidad de producción es realizar correctamente las asignaciones, a través de un proceso de aprendizaje continuo y acción correctiva.

Los resultados obtenidos desde el mes de Marzo a la fecha fueron los siguientes:

Figura 5. Consolidado Calificación Mensual Marzo

		CONSOLIDADO CALIFICACION MENSUAL DE CONTRATISTAS Y ADMINISTRACION					
		MES EVALUADO		Mar-12			
		NÚMERO DE SEMANAS MES EVALUADO		5			
CONTRATISTAS	CALIFICACIÓN SEMANA 1	CALIFICACIÓN SEMANA 2	CALIFICACIÓN SEMANA 3	CALIFICACIÓN SEMANA 4	CALIFICACIÓN SEMANA 5	CALIFICACIÓN MENSUAL	
AMV	10,00	6,00	10,00	9,63	10,00	9,13	
Hugo Durán	10,00	10,00				10,00	
Humberto Jimenez	3,75	5,25	2,50			3,83	
Laura Moreno	10,00					10,00	
Pedro Delgado	4,25	6,00	6,00	6,00	10,00	6,45	
Yohana Pinto	10,00					10,00	
		EXCELENTE 8-10 puntos 		REGULAR 6-7.9 puntos 		MALA 0-5.9 puntos 	
RANKING MENSUAL DE CONTRATISTAS							
	CONTRATISTAS	CALIFICACIÓN MENSUAL					
1	AMV	9,13					
2	Yohana Pinto	10,00					
3	Laura Moreno	10,00					
4	Hugo Durán	10,00					
5	Pedro Delgado	6,45					
6	Humberto Jimenez	3,83					

Como se puede observar en la figura 5, en el consolidado del mes de Marzo la mayoría de contratistas y personal administrativo cumplió con las tareas propuestas semanalmente. El contratista Humberto Jiménez fue retirado de la obra Germania, por no cumplir con las actividades correspondientes al movimiento de tierra, lo cual estaba generando un atraso para la misma. Al señor Pedro Delgado, contratista de estructura, se le solicitó tener una mejor disposición a lo referente a la obra y de tal manera, esta pudiera fluir según programación.

Figura 6. Consolidado Calificación Mensual Abril



En la figura 6 se puede observar que para el mes de Abril, las calificaciones tanto de contratistas como de la parte de administración fueron positivas, se adquirió un mayor compromiso con la obra y el nuevo contratista de movimiento de tierras cumplió con las actividades propuestas.






El contratista de estructura subió su calificación significativamente, después de mejorar las programaciones de obra en cuanto a pedidos de material y equipos, de tal manera las tareas no eran interrumpidas. Por otra parte se les hacía seguimiento durante la semana a las actividades que tenían destinadas, para que el día de la evaluación el resultado fuera lo mejor posible.

Durante el mes de Mayo el consolidado de la calificación mensual de contratistas fue excelente; sin embargo el PAC de la tercera semana de Mayo se vio afectado a causa de un prerrequisito, no imputable al contratista, ya que se debía energizar la torre grúa, pero los permisos de la electrificadora aún no estaban disponibles.

Para las otras semanas del mes de Mayo, el porcentaje de cumplimiento de las actividades fue de 100%, debido al mejoramiento en la planificación de las actividades por parte de los contratistas y del personal administrativo.

En la figura 7 se puede observar el consolidado de la calificación mensual del mes de Mayo del presente año.

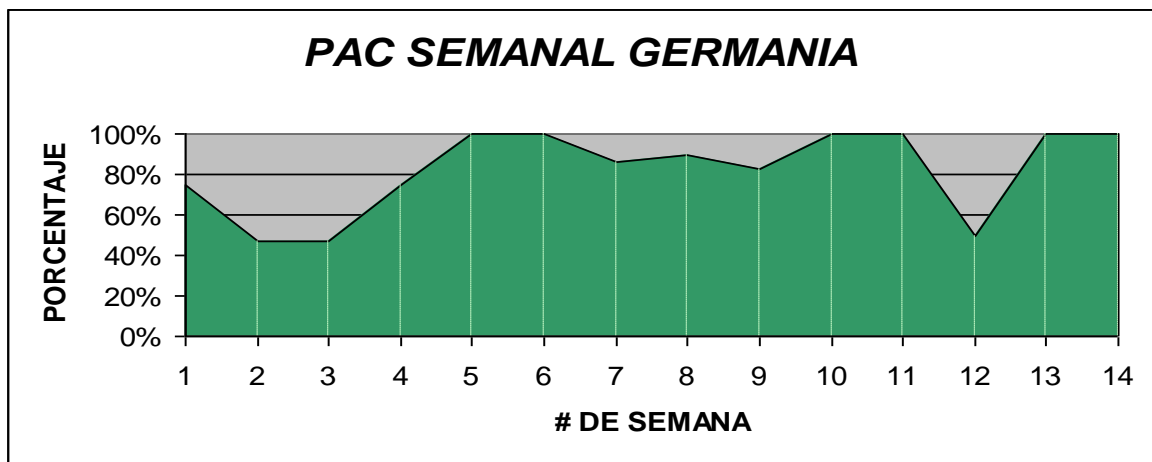
Figura 7. Consolidado Calificación Mensual Mayo

		CONSOLIDADO CALIFICACION MENSUAL DE CONTRATISTAS Y ADMINISTRACION					
		MES EVALUADO		May-12			
		NÚMERO DE SEMANAS MES EVALUADO		5			
CONTRATISTAS	CALIFICACIÓN SEMANA 1	CALIFICACIÓN SEMANA 2	CALIFICACIÓN SEMANA 3	CALIFICACIÓN SEMANA 4	CALIFICACIÓN SEMANA 5	CALIFICACIÓN MENSUAL	
AMV	10,00		10,00	10,00		10,00	
Pedro Delgado	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	
		EXCELENTE 8-10 puntos 		REGULAR 6-7.9 puntos 		MALA 0-5.9 puntos 	
RANKING MENSUAL DE CONTRATISTAS							
	CONTRATISTAS	CALIFICACIÓN MENSUAL					
1	AMV	10,00					
2	Pedro Delgado	10,00					

Para medir el desempeño de la planificación y de la productividad de la unidad de producción, se utilizó el indicador PAC (Porcentaje de Actividades Completadas), que se obtiene como la razón entre el número de asignaciones completadas y las planificadas.

Un buen desempeño se sitúa por encima del 80%; un desempeño pobre está por debajo del 60%. El PAC según las 14 semanas evaluadas está registrado en el gráfico 1:

Gráfico 1. PAC Semanal Germania



Fuente: Autor

Al determinar las causas de no cumplimiento de las asignaciones de trabajo, se obtuvo la información necesaria para el mejoramiento del PAC y de tal manera el proyecto fuera ejecutado de forma más eficiente.

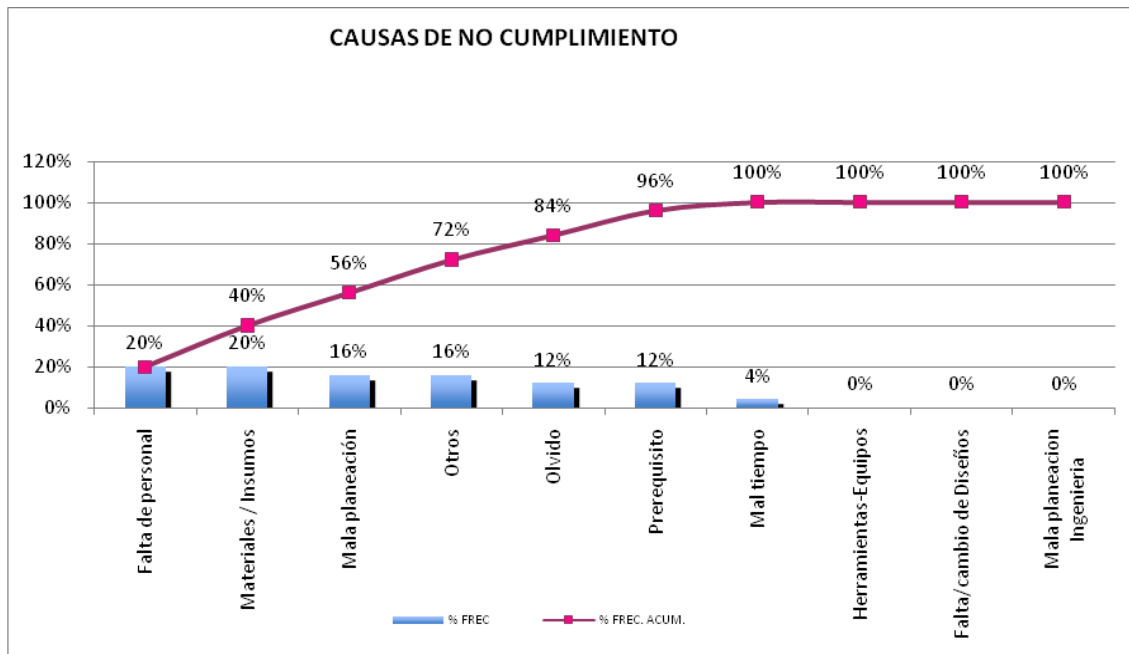
El análisis de no cumplimiento de la planificación condujo a encontrar las causas de la no conformidad, para identificar y orientar las acciones de mejora en los pocos vitales; para esto, se utilizaron los diagramas de Pareto (Ver Gráfico 2 al 4).

Tabla 4. Causas de No Cumplimiento mes de Marzo

		CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO					
		Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	
Del Contratista	Falta de personal	1	0	4	0	0	5
	Mala planeación	0	2	0	2	0	4
	Olvido	0	1	1	1	0	3
	Otros	1	2	1	0	0	4
No imputable al Contratista	Materiales / Insumos	0	1	2	2	0	5
	Herramientas-Equipos	0	0	0	0	0	0
	Mal tiempo	0	1	0	0	0	1
	Prerequisito	0	1	2	0	0	3
	Falta/cambio de Diseños	0	0	0	0	0	0
	Mala planeación Ingeniería	0	0	0	0	0	0

En la tabla 4 se pueden observar las causas de no cumplimiento durante el mes de Marzo, distribuidas por semanas. De las 25 causas ocurridas el 36% fueron no imputables al contratista y los 64% restantes imputables a él.

Gráfico 2. Causas de No Cumplimiento mes de Marzo



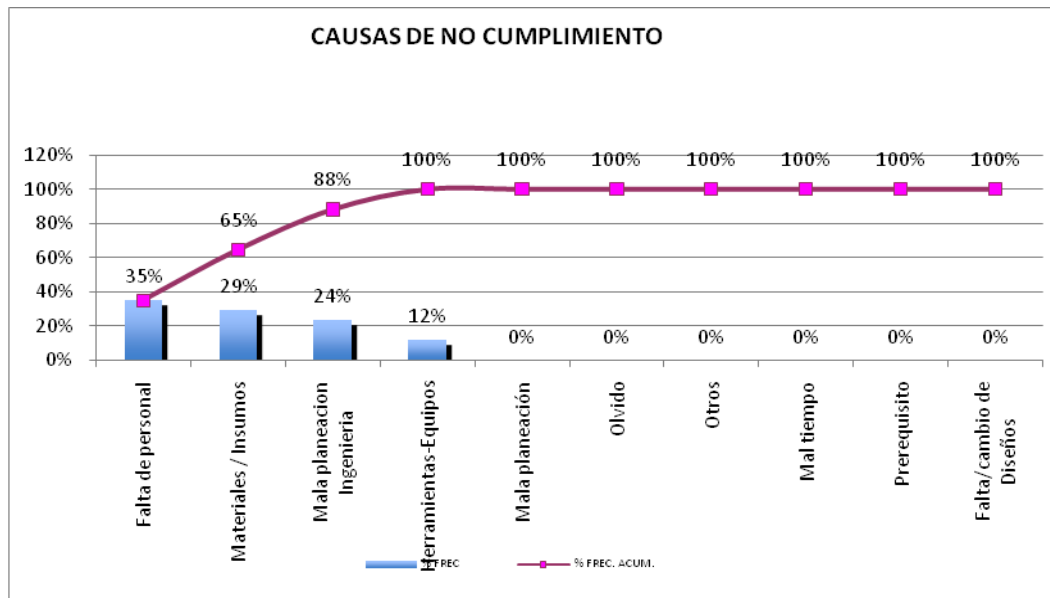
Según el gráfico 2, para el mes de Marzo, los poco vitales fueron: la falta de personal, los materiales e insumos y la mala planeación por parte de ingeniería. Lo cual permite ver que sólo una de las causas de no cumplimiento eran no imputable al contratista.

Tabla 5. Causas de No Cumplimiento mes de Abril

		CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO					
		Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	
Del Contratista	Falta de personal	0	6	0	0	0	6
	Mala planeación	0	0	0	0	0	0
	Olvido	0	0	0	0	0	0
	Otros	0	0	0	0	0	0
No imputable al Contratista	Materiales / Insumos	0	2	2	1	0	5
	Herramientas-Equipos	0	2	0	0	0	2
	Mal tiempo	0	0	0	0	0	0
	Prerequisito	0	0	0	0	0	0
	Falta/cambio de Diseños	0	0	0	0	0	0
	Mala planeacion Ingenieria	0	0	4	0	0	4

De la tabla 5, se puede determinar que de las 17 causas de no cumplimiento, el 35,29% fueron imputables al contratista, sin embargo el 64,71% de las causas son debido a la falta de materiales, herramientas y la mala planeación por parte de ingeniería. Por lo cual por parte del personal administrativo de la obra se tenía que tener mayor control y planificación en las actividades, para no impedir el cumplimiento de las actividades de los contratistas.

Gráfico 3. Causas de No Cumplimiento mes de Abril



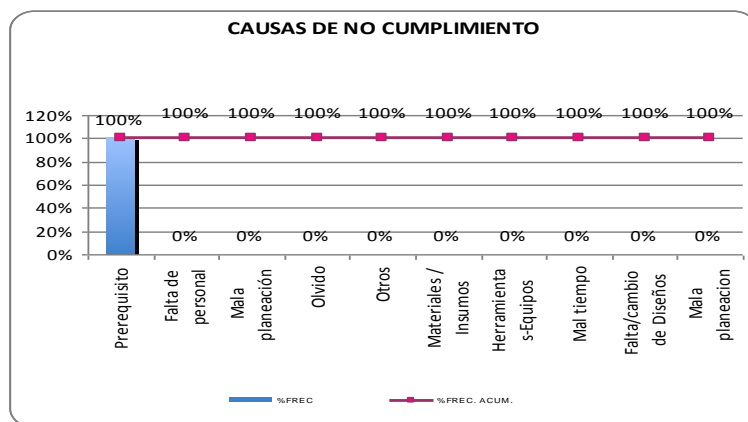
Durante los meses de Marzo y Abril, la causa más frecuente de no cumplimiento fue imputable al contratista, por la falta de personal.

La falta de planificación por parte de ingeniería y el departamento de compras hizo que las siguientes dos causas de no cumplimiento fueran los materiales e insumos y la mala planeación de ingeniería, debido a que no se tenía un cronograma establecido de los tiempo de entrega de los materiales a obra por parte de los proveedores y que ingeniería no tenía una evaluación previa a lo que iba a necesitar de materiales y prerequisites para llevar a cabo las actividades de la obra según work flow. Por tal motivo se comenzaron a realizar comités de obra semanales donde a los integrantes de la parte administrativa de la obra, se les colocaban las tareas de acuerdo a las actividades que seguían en el curso, teniendo en cuenta los materiales, equipos y herramientas que se debían pedir con anterioridad para no entorpecer el trabajo.

Tabla 6. Causas de No Cumplimiento mes de Mayo

		CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO					
		Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	
Del Contratista	Falta de personal	0	0	0	0	0	0
	Mala planeación	0	0	0	0	0	0
	Olvido	0	0	0	0	0	0
	Otros	0	0	0	0	0	0
No imputable al Contratista	Materiales / Insumos	0	0	0	0	0	0
	Herramientas-Equipos	0	0	0	0	0	0
	Mal tiempo	0	0	0	0	0	0
	Prerequisito	0	0	1	0	0	1
	Falta/cambio de Diseños	0	0	0	0	0	0
	Mala planeacion Ingenieria	0	0	0	0	0	0

Gráfico 4. Causas de No Cumplimiento mes de Mayo



Fuente: Marval S.A.

En la tabla 6 y en el gráfico 4, se puede observar que sólo hubo una causa de no cumplimiento durante el mes de Mayo, en la semana número tres, la cual es una causa no imputable al contratista, ya que el prerrequisito se debió a una demora en la electrificadora, causa externa a la obra.

Una de las medidas tomadas para la disminución del atraso generado por las causas anteriormente mencionadas, fue la elaboración y utilización de un canal en platina metálica y lámina de calibre 12, que contaba con secciones removibles que permitían llegar a la ubicación deseada, tal como se muestra en la figura 8, para la cimentación de las placas macizas de las torres de la obra. Con esto, se logró realizar la actividad en menor tiempo y con menor costo.

Figura 8. Canal Placa Cimentación



Fuente: Marval

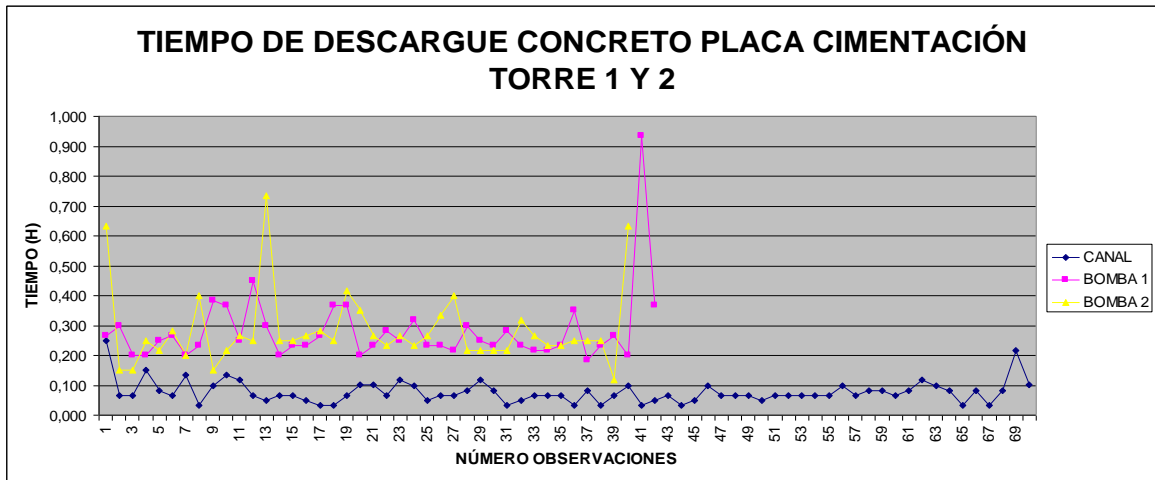
Durante las fundidas de las placas macizas de cimentación de la obra, se realizaron estudios de métodos y tiempos, para valorar el rendimiento de los tres frentes de descargue que se utilizaron y poder fijar objetivos a futuro.

Se tenía como método estándar para la fundida de las placas el descargue del concreto por bombas, con un estimado de tiempo de 15 a 20 minutos por mixer con capacidad de 8 metros cúbicos.

Al efectuar la primera fundida masiva con el canal, se pudo comprobar la brecha en los tiempos de descargue comparados con los tiempos de las bombas.

Los resultados obtenidos durante la primera fundida de la placa maciza de cimentación se muestran en el gráfico 5.

Gráfico 5. Tiempo de descargue concreto T1 y T2



Fuente: Autor

Como se puede observar en la gráfica 5, el tiempo que el canal gastaba en descargar una mixer es significativamente menor, al de las dos bombas utilizadas en la fundida, lo cual permite concluir que el rendimiento del canal es mucho mayor que el de las bombas, tal como se observa en la tabla 7, el rendimiento del canal es aproximadamente 4 veces mayor al de las bombas.

Tabla 7. Fundida Masiva Torres 1 y 2

	CANAL		BOMBA 1		BOMBA 2	
	RENDIMIENTO (m ³ /H)	CONSUMO (H/m ³)	RENDIMIENTO (m ³ /H)	CONSUMO (H/m ³)	RENDIMIENTO (m ³ /H)	CONSUMO (H/m ³)
PROMEDIO	118,0268	0,0102	28,8879	0,0375	30,2378	0,0377
DESVIACIÓN	52,6157	0,0048	6,4998	0,0150	10,1683	0,0167
VARIANZA	2768,4144	0,0000	42,2473	0,0002	103,3940	0,0003

Fuente: Autor

Tabla 8. Costos Fundida Masiva Torres 1 y 2

	CANAL	BOMBA 1	BOMBA 2
M³ DESCARGADOS	533	314	302
% DESCARGADO	46,39%	27,33%	26,28%
PRECIO POR M³	\$ 2.814	\$ 14.000	\$ 14.000
TOTAL	\$ 1.499.862	\$ 4.396.000	\$ 4.228.000

El precio del bombeo fue de \$14.000 por m³, ya que las bombas con las que se trabajaron para esa fundida eran de Marval, ese costo implicaba mantenimiento,

combustibles, mano de obra y demás actividades que la bombas necesitaban para estar listas para fundir. El canal tuvo un costo de \$4.500.000, los cuales fueron distribuidos en las 3 fundidas masivas que se iban a realizar, por lo cual para las torres 1 y 2, se le asigno el costo aproximado de \$1.500.000. Ver tabla 8.

Tabla 9. Ahorro Fundida Masiva Torres 1 y 2

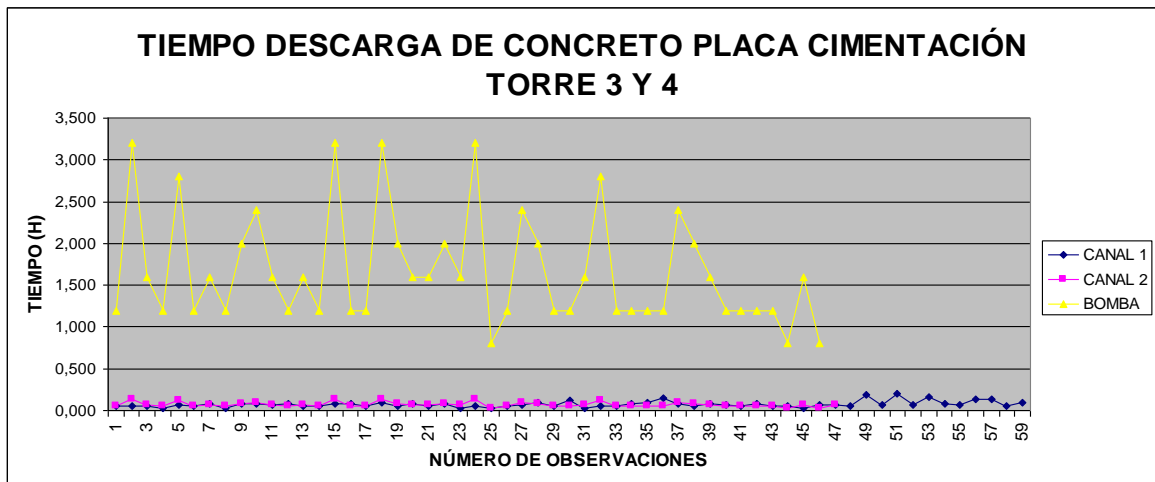
SI SE HUBIERA BOMBEADO TODO	\$	16.086.000
COSTO REAL TOTAL	\$	10.123.862
AHORRO	\$	5.962.138

Fuente: Autor

Como se muestra en la tabla 9, el canal generó un ahorro de \$5.962.138, ya que si los 1149 m³ se hubieran bombeado con las bombas, el costo hubiese sido de \$16.086.000, además que el tiempo hubiese sido aproximadamente 20 horas adicionales de trabajo, teniendo en cuenta los rendimientos de las bombas.

Al haber tenido un resultado tan favorable con el canal, para la segunda fundida realizada en el mes de Mayo para las torres 3 y 4, se utilizaron dos canales y una bomba, para fundir la placa de 1200 m³. Los resultados obtenidos respecto a los tiempos del descargue se muestran en el gráfico 6.

Gráfico 6. Tiempo descargue concreto T3 y T4



Fuente: Autor

Como se puede observar el rendimiento por los dos canales fue excelente comparado con el de la bomba, aproximadamente el tiempo de descargue por los canales fue de 4 minutos y medio, y el de la bomba fue de 14 minutos.

Según la tabla 10, el rendimiento de los canales es 3,5 veces mayor al de la bomba, haciendo de los canales una propuesta de mejora para la empresa, al momento de fundir placas de cimentación, ya que el tiempo de descargue se optimiza.

Tabla 10. Fundida Masiva Torres 3 y 4

	CANAL 1		CANAL 2		BOMBA 1	
	RENDIMIENTO (m ³ /H)	CONSUMO (H/m ³)	RENDIMIENTO (m ³ /H)	CONSUMO (H/m ³)	RENDIMIENTO (m ³ /H)	CONSUMO (H/m ³)
PROMEDIO	122,2691	0,0097	121,8328	0,0093	37,8106	0,0300
DESVIACIÓN	46,3973	0,0046	42,4640	0,0036	9,2852	0,0167
VARIANZA	2152,7123	0,00002	1803,1937	0,00001	86,2153	0,0003

Tabla 11. Costos Fundida Masiva Torres 3 y 4

	CANALES	BOMBA MAKELO
M ³ DESCARGADOS	801	348
% DESCARGADO	69,71%	30,29%
PRECIO POR M ³	\$ 1.873	\$ 11.600
TOTAL	\$ 1.500.000	\$ 4.036.800

El precio del bombeo fue de \$11.600 por m³, ya que la bomba con la que se trabajó para esta fundida fue de Makelo, debido a que las bombas de Marval no estaban disponibles para la fecha de la fundida; el proveedor dejó un precio significativamente más económico con el fin de que a futuro se siguiera contratando. El canal tuvo un costo de \$1.500.000 para esta fundida, ya que el costo fue distribuido para las 3 fundidas masivas que se realizaron.

Tabla 12. Ahorro Fundida Masiva Torres 3 y 4

SI SE HUBIERA BOMBEADO TODO	\$ 13.328.400
COSTO REAL TOTAL	\$ 5.536.800
AHORRO	\$ 7.791.600

Según la tabla 12, el canal generó un ahorro de \$7.791.600, ya que si los 1149 m³ se hubieran bombeado con las bombas, el costo hubiese sido de \$13.328.400, además que el tiempo hubiese sido aproximadamente 24 horas adicionales de trabajo, teniendo en cuenta los rendimientos de la bomba.

Al iniciar el proceso de implementación del modelo 3cv+2 se elaboraron las fichas técnicas de los procesos constructivos correspondientes a la etapa de estructura de la obra Germania; para lo cual se estructuró un formato donde se documentaron los procesos constructivos que verifiquen y certifiquen la calidad.

Este formato se definió bajo el enfoque de procesos (antes, durante y después), teniendo asesoramiento del residente y del director de la obra.

Después de tener las fichas técnicas, se continuó con la elaboración de la descripción de los procedimientos, teniendo en cuenta los criterios de supervisión para posterior verificación en la obra de las actividades indicadas en las fichas.

Adicionalmente en el proceso se indicaron cuales eran los parámetros de aceptación y los instrumentos a utilizar, de forma tal que se obtuvieran los mejores resultados.

Posterior a tener la ficha técnica y los procedimientos definidos se crearon las matrices de aseguramiento de calidad, en las cuales se encuentran resumidos y correlacionados los elementos o actividades de verificación indicados en las fichas y los criterios definidos en la descripción de los procedimientos.

Al finalizar la base documental de los diferentes procesos, se continuó con la implementación, lo que consistía en llevar a la obra los criterios establecidos en la misma, para posterior verificación por parte de los ingenieros de la empresa que garantizaran el cumplimiento de los criterios establecidos en la matriz de aseguramiento de la calidad.

En la tabla 13 se puede observar la ficha técnica de la placa maciza de cimentación. Esta ficha se descompone en las etapas, el número de ítems, las actividades a verificar, el apoyo gráfico y las observaciones, por si se encontraba alguna información adicional que se necesitara agregar.

La tabla 14 muestra claramente los procedimientos que se tuvieron en cuenta para evaluar la placa maciza de cimentación. Este proceso esta compuesto por los ítems a inspeccionar, el método de inspección, la instrumentación y el criterio de aceptación o rechazo que se deba considerar en cada procedimiento.

Finalmente en la tabla 15, se encuentra la matriz de aseguramiento de la calidad, debidamente diligenciada, la calificación obtenida permite darle el visto bueno al proceso de fundida de la placa maciza de cimentación para continuar con el siguiente proceso que es el armado de muros.

Tabla 13. Ficha Técnica Placa Maciza de Cimentación

 		FICHAS TÉCNICAS - ASEGURAMIENTO DE CALIDAD DE PROCESOS		Versión: 01 Fecha: 05/03/12
DEPARTAMENTO DE CALIDAD		PROCESO:	PLACA MACIZA DE CIMENTACIÓN	
OBJETIVO: Se emplea para repartir la carga de la superestructura en una base mayor y reducir así la carga por unidad de superficie impuesta al terreno; esto es especialmente útil en suelos de baja capacidad portante con cargas puntuales elevadas.				
ETAPA	ITEM	ACTIVIDADES A VERIFICAR	APOYO GRÁFICO	OBSERVACIONES
ANTES DE LA EJECUCIÓN O SUPERVISIÓN	1	DOCUMENTACIÓN BASE		
		PLANOS ESTRUCTURALES Y DESPIECE DE PLACA DE CIMENTACIÓN		
	2	PLANIFICACIÓN		
		MODULACIÓN FORMALETA DE MADERA		
		FORMALETA Y EQUIPOS SEGÚN RENDIMIENTO PREVISTO		
		NIVELES Y EJES		
SOLADO				
LOGÍSTICA VACIADO CONCRETO (DIRECTO O BOMBA)				
ACCESO DE LOS CARROS DE CONCRETO				
DURANTE LA EJECUCIÓN O SUPERVISIÓN	3	ARMADO DE FORMALETA		
		LOCALIZACIÓN DE EJES Y NIVELES		
		DEMARCAR Y CIMBRAR LA PLACA		
	PREPARACIÓN FORMALETA APLICADA ACPM PARA DESENCOFRE			
	REVISIÓN DEL ARMADO DE LA FORMALETA			
	RETRANQUE FORMALETA PERIMETRAL PLACA			
	4	ACERO DE REFUERZO		
		REVISIÓN ACERO (DIAMETRO, CANTIDAD, SEPARACIÓN, LONG Y RECUBR.)		
		REVISIÓN DEL REFUERZO INFERIOR		
		REVISIÓN DE ARMADO HIERRO DE VIGAS		
		REVISIÓN DEL REFUERZO SUPERIOR		
		REVISIÓN DEL REFUERZO POR CORTANTE		
	VERIFICACIÓN DEL RECUBRIMIENTO (COLOCACIÓN DE PANELAS)			
	5	FUNDIDA DE PLACA		
		REVISIÓN ESPECIFICACIONES DEL CONCRETO (TEÓRICO VS PROVEEDOR)		
CONCRETO CORRESPONDIENTE A LAS ESPECIF. DEL PLANO ESTRUCT.				
VACIADO DEL CONCRETO				
VIBRADO DEL CONCRETO				
GARANTIZAR UN CORRECTO CURADO DE CONCRETO				
REVISIÓN DE NIVELES DE LA PLACA				
DESPUÉS DE LA EJECUCIÓN O SUPERVISIÓN	6	RECTIFICACIÓN DE EJES		
		ACABADO SUPERFICIAL DE LA PLACA		
		DESNIVELES EN ZONA DE PARQUEADEROS		
		APARIENCIA DE LA PLACA (REVISIÓN ACABADO DEL CONCRETO)		
		RESANES Y REPARACIÓN DE LA SUPERFICIE DE CONCRETO SI SE REQUIERE		

Fuente: Adaptado de ficha técnica Marval S.A.



Tabla 14. Procedimiento Placa Maciza de Cimentación

INSPECCIÓN MEDICIÓN Y/O PRUEBA	MÉTODO DE INSPECCIÓN	METROLOGÍA Y/O INSTRUMENTACIÓN	CRITERIO DE ACEPTACIÓN Y/O RECHAZO
ARMADO	1. Revisar que la formaleta se encuentre nivelada,alineada.	Nivel, plomada	1. Formaleta con desnivel mayor a +/- 0,5 cm
	2. Revisar el cumplimiento del recubrimiento del Acero	Flexómetro	2. No cumple con lo indicado en planos y norma
	3. Aceros sin deformaciones, oxidacion o sintomas de deterioro	Inspección visual	3. Acero deformado, oxidado y deteriorado
	4. Verificar cantidades de acero de acuerdo a planos estructurales	Inspección visual	4. Cumplir con los despieces contenidos en planos
ENCOFRADO (FORMALETA)	1. Revision de la formaleta para evitar malos acabados en el concreto	Inspeccion Visual	1. Formaleta dañada y deteriorada
	2. Revision de elementos de apoyo (retranque) y ajuste de formaleta	Inspeccion Visual	2. Falta de elementos de ajuste
	3. Secciones y niveles de acuerdo a planos estructurales	Flexometro	3. Diferencia mayores de +/- 0,5 cm
	4. Revisar espesor, ancho y alto	Flexometro, Nivel y Escuadra	4. Diferencia mayor a 0,5cm
FUNDIDA	1. Cumplimiento de la prueba de slump	Cono de abrahams	1. Prueba de slump con diferencia de +/- 1"
	2. Resistencia del concreto según la especificada en diseño	Remisión proveedor	2. Resistencia menor a la minima especificada
	3. Verificar que el vibrado sea uniforme	Inspección visual	3. Vibrado no uniforme
	4. Verificar control de la temperatura del concreto	Termómetro	4. Diferencia mayor a +/- 2 grados
	5. Verificar acabado final de la placa	Inspección visual	5. Acabado liso y uniforme

Fuente: Marval S.A.

Para la matriz de aseguramiento de la calidad, se realizaron las tres evaluaciones para cada actividad, posterior a esto se obtiene la calificación promediada de cada uno de los criterios. La evaluación para aprobar el proceso se obtiene de la ponderación de los tres criterios globales de calidad para la vivienda (insumos, procesos y productos), adicionalmente se realizó el porcentaje de cada criterio. En la tabla 15 se observa que se obtuvo un resultado de 99.86% para la evaluación de la placa maciza de cimentación, de lo cual se infirió que el proceso es aceptado y se puede continuar el siguiente proceso constructivo.

Tabla 15. Matriz de Aseguramiento de Calidad Placa de Cimentación

		MATRIZ DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD								
Unidad Auditada:	TORRE 1 Y 2					Fecha:	Abril 2 y 3 de 2012			
Proceso:	PLACA MACIZA DE CIMENTACIÓN					Contratista:	Pedro Delgado			
3C	AUDITORÍA	PRODUCTO	PARÁMETROS Y TOLERANCIAS	OBSERVACIONES			CALIFICACIÓN	EVALUACIÓN		
				1° Observ.	2° Observ.	3° Observ.				
INSUMOS		HIERRO	DESPIECES DE ACUERDO A PLANOS ESTRUCTURALES	3	3	3	3	3	100,00%	
		CONCRETO	RESISTENCIA 3000 PSI, GRAVA 1"	3	3	3	3			
		FORMALETA DE MADERA	SIN ABOLLADURAS, FORMALETA DAÑADA Y DETERIORADA	3	3	3	3			
		FORMALETA METALEX	FORMALETA DAÑADA Y DETERIORADA	3	3	3	3			
PROCESO	ANTES		PLANOS ESTRUCTURALES Y DESPIECE DE PLACA DE CIMENTACIÓN	-	3	3	3	2,988	0,996	
			MODULACIÓN FORMALETA DE MADERA	-	3	3	3			3
			DEFINIR Y DISPONER DE FORMALETA Y EQUIPOS SEGÚN RENDIMIENTO PREVISTO	-	3	3	3			3
			REVISIÓN DE NIVELES Y EJES	DIFERENCIA MAYORES DE +/- 0,5 CM	3	3	3			3
			REVISIÓN DEL SOLADO	LIMPIO Y SIN FISURACIONES	3	3	3			3
			LOGÍSTICA VACIADO O COLOCACIÓN CONCRETO (DIRECTO O BOMBA)	-	3	3	3			3
			GARANTIZAR ACCESO DE LOS CARROS DE CONCRETO	-	3	3	3			3
			1. ARMADO DE FORMALETA		3	3	3			3
	DURANTE		LOCALIZACIÓN DE EJES Y NIVELES	NO DEBE PRESENTAR PORCENTAJE DE ERROR	3	3	3			3
			DEMARCAR Y CIMBRAR LA PLACA	NO DEBE PRESENTAR PORCENTAJE DE ERROR	3	3	3			3
			PREPARACIÓN FORMALETA APLICADA ACPM PARA DESENCOFRE	-	3	3	3			3
			REVISIÓN DEL ARMADO DE LA FORMALETA	APLOMADA, FORMALETA CON DESNIVEL MAYOR A +/- 0,5 CM	3	3	3			3
			RETRANQUE FORMALETA PERIMETRAL PLACA	CANTIDAD DE RETRANQUE SEGÚN SOLICITUD DE OBRA	3	3	3			3
			2. ACERO DE REFUERZO		3	3	3			3
			REVISIÓN ACERO (DIAMETRO, CANTIDAD, SEPARACIÓN, LONGITUD Y RECUBRIMIENTO)	DESPIECES DE ACUERDO A PLANOS ESTRUCTURALES	3	3	3			3
			REVISIÓN DEL REFUERZO INFERIOR	DESPIECES DE ACUERDO A PLANOS ESTRUCTURALES	3	3	3			3
			REVISIÓN DE ARMADO HIERRO DE VIGAS	DESPIECES DE ACUERDO A PLANOS ESTRUCTURALES	3	3	3			3
			REVISIÓN DEL REFUERZO SUPERIOR	DESPIECES DE ACUERDO A PLANOS ESTRUCTURALES	3	3	3			3
			REVISIÓN DEL REFUERZO POR CORTANTE	DESPIECES DE ACUERDO A PLANOS ESTRUCTURALES	3	3	3			3
			VERIFICACIÓN DEL RECUBRIMIENTO (COLOCACIÓN DE PANELAS)	-	3	3	3			3
			3. FUNDIDA DE PLACA		3	3	3			3
			REVISIÓN ESPECIFICACIONES CONCRETO (TEÓRICO DISEÑOS VS REMISIÓN PROVEEDOR)	SEGÚN ESPECIFICACIONES DE PLANOS	2	3	3			2,67
			VERIFICAR CONCRETO SEGÚN ESPECIFICACIONES DEL PLANO ESTRUCTURAL	SEGÚN ESPECIFICACIONES DE PLANOS	3	3	3			3
			VACIADO DEL CONCRETO	SEGÚN LOGÍSTICA PROGRAMADA	3	3	3			3
		VIBRADO DEL CONCRETO	VIBRADO UNIFORME	3	3	3	3			
		GARANTIZAR UN CORRECTO CURADO DE CONCRETO	GARANTIZAR LA HUMEDAD EN LA PLACA	3	3	3	3			
		REVISIÓN DE NIVELES DE LA PLACA	DIFERENCIA MAYORES DE +/- 0,5 CM	3	3	3	3			
	PRODUCTO		RECTIFICACIÓN DE EJES	DIFERENCIA MAYORES DE +/- 0,5 CM	3	3	3			3
		ACABADO SUPERFICIAL DE LA PLACA	LISO Y SIN FISURACIONES	3	3	3	3			
		DESNIVELES EN ZONA DE PARQUEADEROS	DIFERENCIA MAYORES DE +/- 0,5 CM	3	3	3	3			
		APARIENCIA DE LA PLACA (REVISIÓN ACABADO DEL CONCRETO)	LISO Y SIN FISURACIONES	3	3	3	3			
		RESANES Y REPARACIÓN DE LA SUPERFICIE DE CONCRETO SI SE REQUIERE	-	3	3	3	3			
EVALUACIÓN TOTAL								2,996	99,86%	
LIBERAR PARA CONTINUAR EL SIGUIENTE PROCESO								SI		

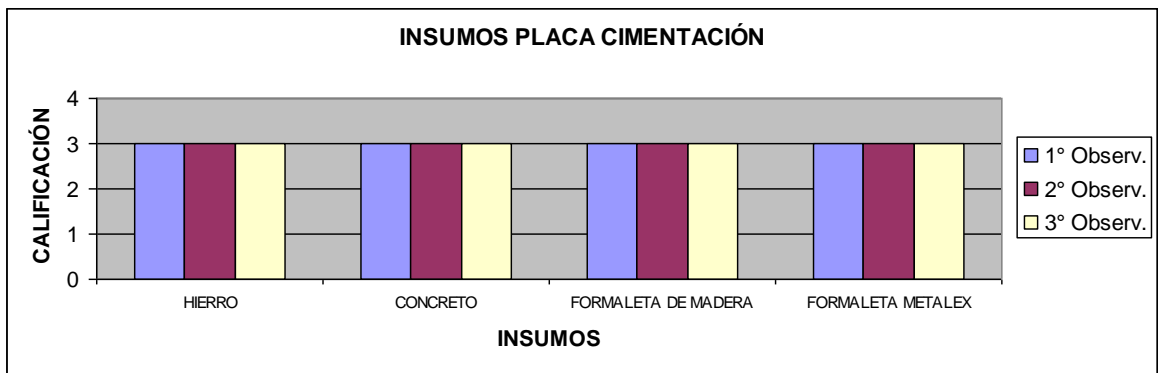
Fuente: Autor

Después de realizar, implementar y evaluar la matriz de aseguramiento de la calidad para el proceso de la placa maciza de cimentación, se obtuvieron muy buenos resultados en cuanto a la calidad de insumos, procesos y producto.

Las gráficas del 7 al 12, muestran la evaluación obtenida en cada una de las actividades.

Para los insumos de la placa de cimentación (ver gráfico 7), todos los materiales cumplieron con los parámetros establecidos, lo cual generó un resultado de calidad en el producto final.

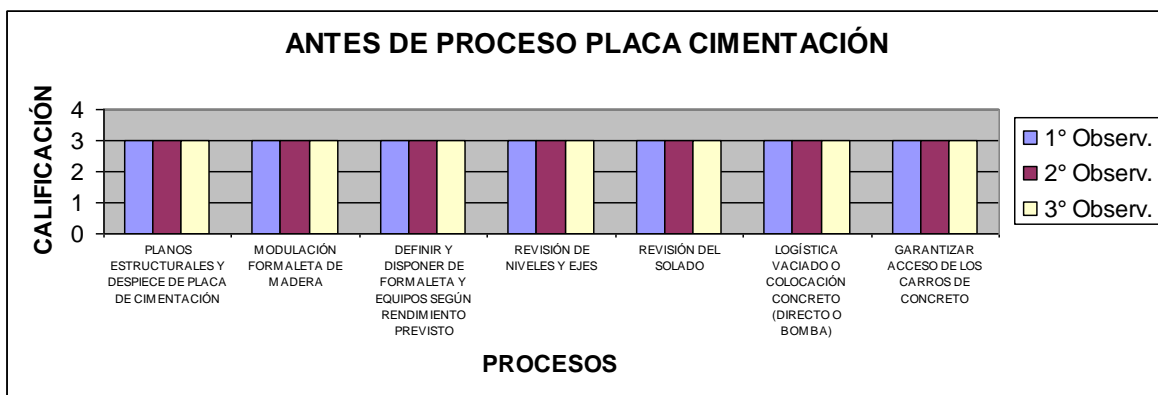
Gráfico 7. Insumos Placa Cimentación



Fuente: Autor

La evaluación realizada a la placa maciza antes del proceso dio un resultado favorable, contando con las tres observaciones de cada actividad con un valor de 3, siendo este la máxima calificación, tal como se observa en el siguiente gráfico:

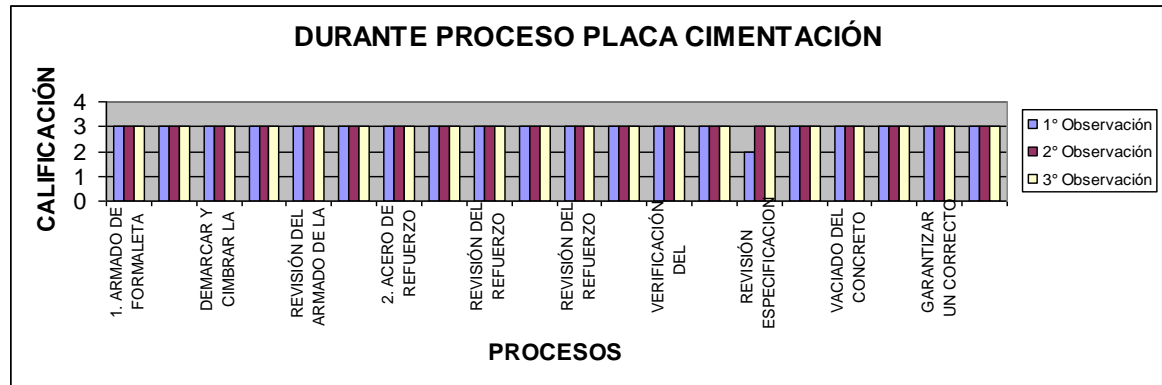
Gráfico 8. Antes del Proceso Placa Cimentación



Fuente: Autor

Durante el proceso de la placa de cimentación sólo una observación no contó con la máxima calificación, realizada durante el conjunto de actividades de la fundida de la placa, tal como se observa en el gráfico 8.

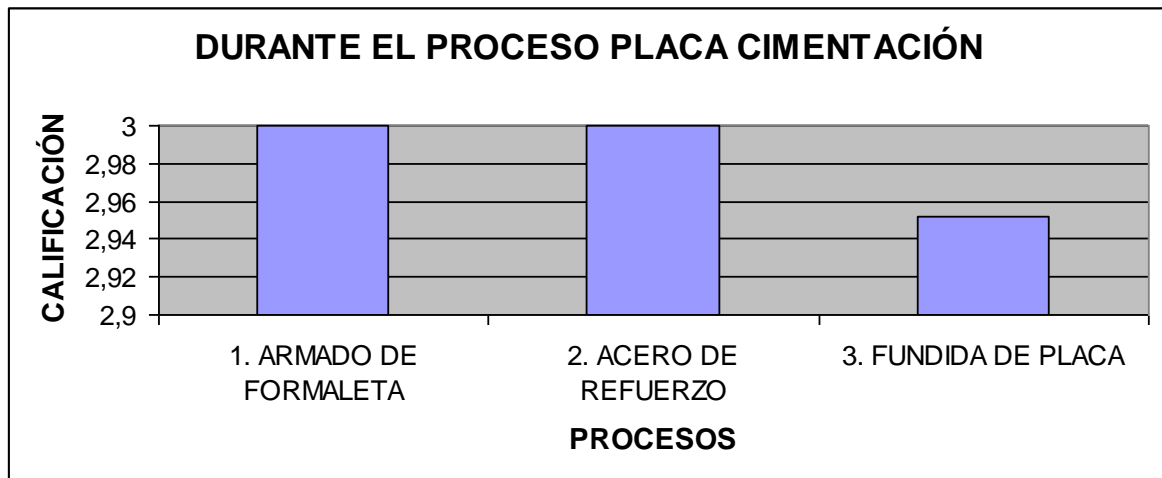
Gráfico 9. Durante Proceso Placa Cimentación



Fuente: Autor

Para tener una visión mas clara de a cual subproceso pertenecía la actividad que no obtuvo el 100% de calificación, se realizó una gráfica promediando los resultados obtenidos en cada subproceso del proceso de la placa de cimentación.

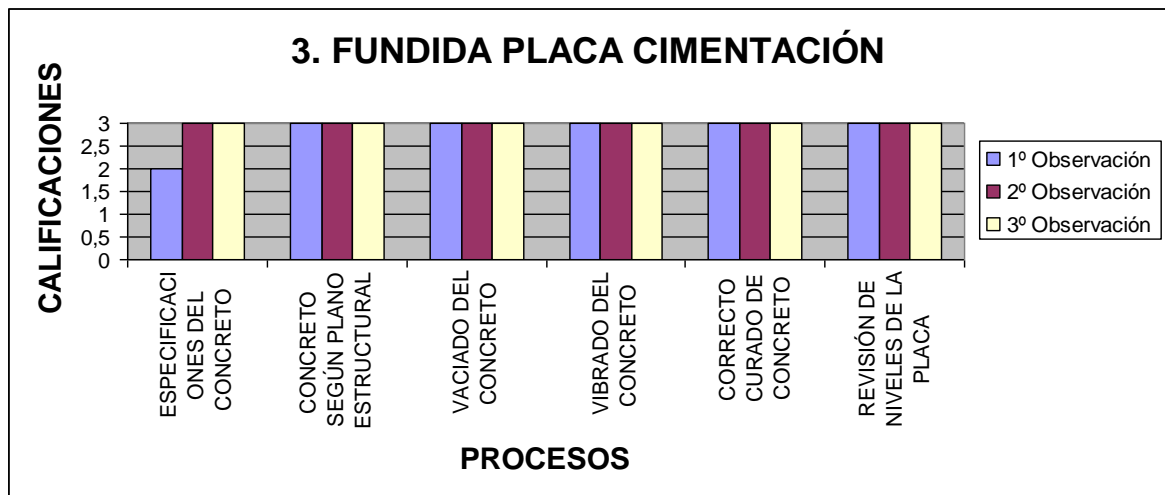
Gráfico 10. Procesos Placa Cimentación



Fuente: Autor

Al haber determinado que el subproceso de fundida de placa maciza de cimentación era el que no contenía la máxima nota, se desglosaron las actividades para tener un mayor control y conocimiento acerca de cual era la que no cumplía con todas las especificaciones de la matriz de aseguramiento de la calidad, tal como se muestra en el gráfico número 10.

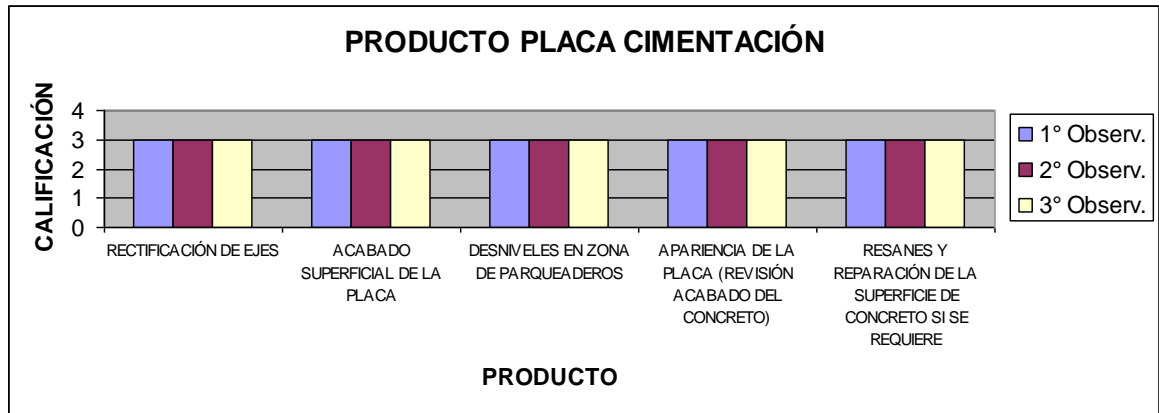
Gráfico 11. Fundida Placa Cimentación



Fuente: Autor

Como se observa en el gráfico 11, la actividad que se debía controlar en el proceso de la fundida de placa de cimentación era la de la revisión de las especificaciones del concreto según el valor teórico de acuerdo a diseños contra la remisión del proveedor. La primera observación obtuvo un resultado de 2, ya que el concreto no llegó a la obra según lo indicado por ingeniería, por lo cual este se detuvo para que el asentamiento estuviera según lo indicado, de tal manera no tener problemas de calidad a posterior o daño en las bombas de descarga y cumplir con el parámetro de medida que era la prueba de slump y de esta manera las dos siguientes observaciones cumplieron con los parámetros de evaluación.

Gráfico 12. Producto Placa Cimentación



Fuente: Autor

El producto obtenido de la placa de cimentación cumplió con todos los parámetros de medición, obteniendo la máxima calificación como se observa el gráfico 12.

Para el proceso de fundida de la placa de cimentación se obtuvo una calificación global del 99,86%, aceptando este resultado y dando vía libre a la ejecución del siguiente proceso.

8. IMPLEMENTACIÓN DE PROPUESTAS

8.1 MEJORAS APLICADAS A LA OBRA GERMANIA

Para la obra Germania, se implementó el uso de un canal en platina metálica y lámina de calibre 12, con secciones removibles para tener alcance en toda la placa de cimentación que se necesitaban fundir en las diferentes torres.

Con el uso del canal se logró realizar la actividad en menor tiempo y con menor costo, tal como se explicó en las tablas 9, 10, 11 y 12.

Según los resultados obtenidos, se tomó la decisión de realizar descargue directo en las placas de cimentación y sólo utilizar las bombas en los ejes de los extremos y para emparejar y nivelar el acabado final de la placa.

Figura 9. Descargue directo por canal



Fuente: Marval S.A.

En la obra no se manejó una adecuada planificación por parte de ingeniería y compras en los pedidos de hierro, las cantidades que hay son demasiado altas en comparación con el avance que tiene actualmente la obra.

Por otra parte, los pedidos de hierro y malla llegaron uno tras de otro, lo cual impedía el control durante los descargues por parte del almacenista, por lo cual

estos no tenían ninguna clasificación que permitiera la identificación fácil de cada uno de los ítems, tal como se muestra en las figuras 10,11 y 12.

Figura 10. Falta Organización del Hierro



Fuente: Autor

Figura 11. Hierro sin Identificación



Fuente: Autor

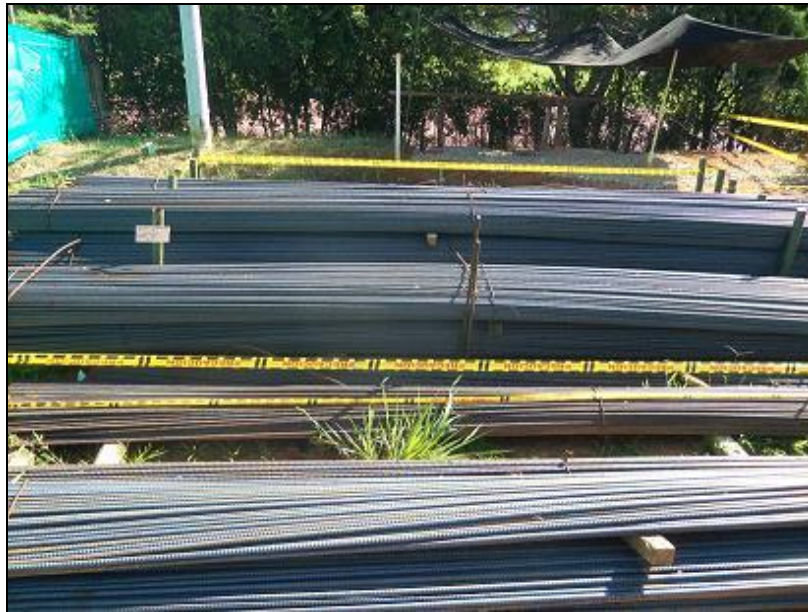
Figura 12. Descargue sin Organización



Fuente: Autor

Durante dos semanas el almacenista tuvo apoyo en el almacén, para dedicarse a la adecuación de los hierros y así comenzar a tener un control de estos; con lo cual se logró una mejora en la ubicación, señalización, distribución y demarcación de los hierros tal como se muestra en la figura 13.

Figura 13. Adecuación del Hierro



Fuente: Autor

Con la implementación del modelo de calidad para la construcción de la vivienda 3cv+2, se busca garantizar que los insumos utilizados durante las diferentes etapas del proceso constructivo sean de calidad superior y que los procesos de ejecución posean características de productividad, eficiencia, calidad y estandarización, garantizando un alto valor agregado en la vivienda terminada para el cliente.

Con este modelo se busca alcanzar la mayor calidad evaluando proceso a proceso de la etapa constructiva y de tal manera poder reducir la variabilidad en los procesos constructivos de la vivienda teniendo unos parámetros estandarizados y evaluados previamente.

Para la obra Germania se implementó la ficha técnica y la matriz de aseguramiento de la calidad modelo para las diferentes etapas del proceso constructivos, tal como se observan en las figuras 14 y 15.

Figura 14. Ficha Técnica





 		FICHAS TÉCNICAS - ASEGURAMIENTO DE CALIDAD DE PROCESOS		Versión: 01 Fecha: 05/03/12
DEPARTAMENTO DE CALIDAD		PROCESO:		
	ITEM	ACTIVIDADES A VERIFICAR	APOYO GRÁFICO	OBSERVACIONES
ANTES DE LA EJECUCIÓN O SUPERVISIÓN	1			
DURANTE LA EJECUCIÓN O SUPERVISIÓN	3			
DESPUÉS DE LA EJECUCIÓN O SUPERVISIÓN	6			

Figura 15. Matriz de Aseguramiento de la Calidad

		MATRIZ DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD						
Unidad Auditada:			Fecha:					
Proceso:			Contratista:					
3C	ACTIVIDAD AUDITADA	PARÁMETROS Y TOLERANCIAS	OBSERVACIONES			CALIFICACIÓN	EVALUACIÓN	
			1°	2°	3°			
INSUMOS								
PROCESO	ANTES							
	DURANTE							
PRODUCTO								
LIBERAR PARA CONTINUAR EL SIGUIENTE PROCESO							SI	NO

Fuente: Autor

CONCLUSIONES

La implementación del modelo 3cv+2 en la obra Germania de Marval permitió conocer una metodología sencilla para asegurar la calidad de los procesos constructivos de la vivienda.

Se establecieron por parte de ingeniería criterios de aprobación de los procesos constructivos justificados para que el control de la calidad fuera fácil de aplicar por cualquier persona y se pudiera desarrollar la mejora continua en los diferentes procesos constructivos.

El modelo de calidad 3cv+2 genera información numérica fácil de medir, graficar y comparar beneficiando el proceso de mejora y de control de los diferentes procesos constructivos.

Se diseñaron la ficha técnica y la matriz de aseguramiento de la calidad asociadas al proceso constructivo de la etapa constructiva para verificar y certificar la calidad, teniendo como lineamiento el modelo de calidad 3cv+2.

El sistema de planificación de las actividades semanales, permitió controlar las actividades de los contratistas y de la parte administrativa de la obra teniendo como resultado el porcentaje de asignaciones completadas. Con el uso de esta herramienta se logró reducir los tiempos en los procesos constructivos y evitar retrasos en la planificación según el work flow del proyecto.

El análisis de las causas de no cumplimiento de la planificación que se realizaron semanalmente, fueron la base del proceso de mejoramiento continuo y aprendizaje que se generó a partir de la implementación de la metodología lean construction.

La determinación de los rendimientos y consumos de mano obra se integraron a la planificación como indicadores del desempeño del recurso humano, capacidades de los procesos y tasas de producción, lo que permitió realizar análisis de cuellos de botella y estimación del tiempo requerido para realizar una actividad en el proyecto.

Se implementó un plan de mejora útil para el proceso de la fundida de la placa maciza de cimentación de las diferentes torres de la obra Germania, utilizando un canal, obteniendo un menor tiempo de descargue, menor costo para el desarrollo de la actividad, beneficios ambientales y un mayor rendimiento que permitió aumentar la productividad de la obra.

RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar con la utilización del proceso 3cv+2 para conocer los procesos constructivos críticos que no alcancen la mínima calificación para corregir los procesos constructivos y elevar la calidad del producto terminado en la obra Germania y en los diferentes proyectos a futuro.

Es importante conocer el comportamiento semana tras semana del porcentaje de calidad por cada uno de los contratistas que se encuentren en cada uno de los procesos constructivos evaluados, para detectar fácilmente los puntos débiles de cada contratista y saber exactamente en que procesos se tiene que mejorar la paliación del modelo.

Es necesario manejar una comunicación más eficiente entre el departamento de compras y el de ingeniería para el pedido de los materiales. Por lo cual se recomienda manejar una programación eficiente de cada uno de los materiales, teniendo en cuenta el tiempo de despacho, condiciones de los proveedores y el estado de la obra para efectos de dar prioridad y organización al despacho de estos y no tener sobrecostos a causa del almacenamiento en exceso.

Para mejorar el control, ubicación, distribución e identificación del hierro y de la malla, es totalmente necesaria una persona adicional para el patio, ya que el almacenista no puede estar pendiente de la entrada y salida de material del almacén y a la vez tener el control del hierro y malla en el patio.

Se recomienda definir y manejar una trazabilidad de los materiales, especialmente del hierro, ya que no todo se utilizará en el corto plazo, por lo cual es importante tener un rastreo de cada uno de los pedidos para evaluar el estado físico, composición real del material, la ubicación y la trayectoria del producto a lo largo de la cadena de suministros.

Se recomienda la implementación del sistema Just In Time o justo a tiempo en la logística de materias primas e insumos, que permita aumentar la productividad de la obra, ya que se reduciría el costo de la gestión y las pérdidas de almacenamiento por acciones innecesarias. Se recomienda pedir las cantidades de materiales y equipos que se necesiten en el momento adecuado, para lo cual se debe contar con una red de proveedores dignos de confianza, que entreguen los materiales en los tiempos estipulados con las especificaciones requeridas.

BIBLIOGRAFÍA

BOTERO, Luis. Construcción sin pérdidas: Análisis de procesos y filosofía Lean Construction. 2 ed. Bogotá: Legis S.A., 2006. 170 p. ISBN 958-653-537-1

GARCÍA, Salvador y SOLÍS, Juan. 3Cv+2: modelo de calidad para la construcción de la vivienda. En: Construcción integral. Noviembre de 2011, 11ed. p.3-6

GARCÍA, Salvador y SOLÍS, Juan. 3Cv+2: modelo de calidad para la construcción de la vivienda. En: Revista Ingeniería de Construcción. Agosto de 2008, Vol. 23, Nº 2, p.102-107

VILLASEÑOR, Alberto y GALINDO, Edber. Conceptos y reglas de Lean Manufacturing. México: Limusa, 2007. 264 p. ISBN 978-968-18-6966-3

VILLASEÑOR, Alberto y GALINDO, Edber. Manual de Lean Manufacturing Guía Básica. 2 ed. México: Limusa, 2009. 112 p. ISBN 978-607-5-00042-8



WEBGRAFÍA

CAMACOL. La locomotora de vivienda en marcha. [en línea] Agosto de 2011 [citado el 28 de Febrero de 2012]. Disponible en: <http://camacol.co/sites/default/files/secciones_internas/Informe%20Econ%C3%B3mico%20-%20Agosto%202011.pdf>

CAMACOL. Tendencia reciente de los costos de construcción de vivienda en Colombia. [en línea] Octubre de 2011 [citado el 28 de Febrero de 2012]. Disponible en: <http://camacol.co/sites/default/files/secciones_internas/Informe%20Econ%C3%B3mico%20-%20Oct11-%20No.31.pdf>

MARVAL S.A. Gestión de calidad. [En línea] Abril de 2011 [citado el 28 de Febrero de 2012]. Disponible en: <http://www.marval.com.co/calidad/usuario/ciu_organigramas_detalle.php?cod_ciudad=000001>

Anexo B: Precios Cacique

 www.marval.com.co	PRECIOS CACIQUE		
MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO
LADRILLO	unidad	1	\$ 588,00
CEMENTO	bulto	50 kg	\$ 18.300,00
TRITURADO+TRANSP	m ³	1	\$ 46.988,40
HIERRO RECTO 1/4	kg	1	\$ 1.383,12
HIERRO RECTO 1/2	kg	1	\$ 1.807,57
HIERRO RECTO 3/8	kg	1	\$ 2.141,11
FORMAPLAC	unidad	(1,22m*2,44m)	\$ 117.392,00
ARENA+TRANSP	m ³	1	\$ 34.000,00
ARMADO MURO DRYWALL	m ²	1	\$ 49.028,53
LAMIN MURO DRYWALL	m ²	1	\$ 35.742,95
ESTUCO (TC)	m ²	1	\$ 2.400,00
EST-DILAT-PINT 2 MANOS	m ²	1	\$ 12.580,00

Anexo C: Dosificaciones y Conversiones de Materiales

CONVERSIÓN DE HIERRO (1m)		
EQUIVALENTE	NUMERACIÓN	KILOGRAMOS
2	1/4"	0,25
3	3/8"	0,56
4	1/2"	1

DOSIFICACIÓN CONCRETO 3000 PSI (M3)			
CEMENTO (BT 50)	ARENA M3	TRITURADO M3	AGUA LT
7	0,555	0,835	240

FRISO INTERNO					
FRISO	ANCHO	ESPESOR(cm)	CEMENTO(BT 50)	ARENA M3	AGUA LT
FRISO M2	1	1,5	0,123	0,021	3,852

DOSIFICACIONES DE MORTERO POR M3					
TIPO MORTERO*	USO	CEMENTO (BT 50)	ARENA M3	AGUA LT	SIKA 1 KG
1:5	MORTERO	6,34	1,32	240	0

*Dosificaciones tomadas revista Construdata

Anexo D: Resumen Actividades

MAMPOSTERÍA		COLUMNETAS	
Cantidad exacta de ladrillos	13,88406803	Cantidad de varillas de hierro	2
Aproximación	14	Área de referencia	39,52
Costo Ladrillo	\$ 8.232,00	Costo hierro 3/8	\$ 946,60
Cantidad de mortero	0,011 m3	Costo hierro 1/4	\$ 204,74
Costo Cemento	\$ 1.292,71	Costo Cemento	\$ 758,49
Costo Arena	\$ 500,05	Costo Arena	\$ 111,73
		Costo triturado	\$ 232,31
		Costo Formaplac	\$ 467,00
Total Mampostería	10.025 \$/m2	Total Columnetas	\$ 2.720,87

VIGUETAS		FRISO	
Cantidad de varillas de hierro	2	Precio Cemento	\$ 2.243,98
Área de referencia	79,04	Precio Arena	\$ 698,50
Costo hierro 1/2	\$ 695,22		
Costo hierro 1/4	\$ 132,99		
Costo Cemento	\$ 258,66		
Costo Arena	\$ 38,10		
Costo triturado	\$ 79,23		
Costo Formaplac	\$ 189,59		
Total Viguetas	\$ 1.393,80	Total Friso	\$ 2.942,48

Actividades	\$/m² Fase 1	\$/m² Fase 2	\$/m² Total	\$/ml
MAMPOSTERIA	\$ 5.290,00	\$ 6.348,00	\$ 5.819,00	
COLUMNETAS	\$ 7.159,13	\$ 8.612,12	\$ 7.885,63	\$ 3.112,75
VIGUETAS	\$ 6.735,93	\$ 7.963,21	\$ 7.349,57	\$ 3.024,52
FRISO	\$ 4.020,40	\$ 4.443,60	\$ 4.232,00	